

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R P.528-3
(02/2012)

**Curvas de propagación para los servicios
móvil aeronáutico y de radionavegación
aeronáutica que utilizan las bandas
de ondas métricas, decimétricas
y centimétricas**

Serie P
Propagación de las ondas radioeléctricas



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2013

© UIT 2013

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R P.528-3*:**

Curvas de propagación para los servicios móvil aeronáutico y de radionavegación aeronáutica que utilizan las bandas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas

(Cuestión UIT-R 203/3)

(1978-1982-1986-2012)

Cometido

Esta Recomendación contiene un método para predecir las pérdidas de transmisión básicas en la gama de frecuencias 125-15 500 MHz para los servicios aeronáutico y por satélite. El método utiliza una interpolación en los datos de pérdidas de transmisión básicas extraídos de un conjunto de curvas. Estos conjuntos de curvas son válidos para enlaces suelo-aire, suelo-satélite, aire-aire, aire-satélite y satélite-satélite. Los únicos datos necesarios para aplicar este método son la distancia entre antenas, las alturas de las antenas sobre el nivel medio del mar, la frecuencia y el porcentaje de tiempo.

Esta Recomendación también presenta los cálculos de la relación de protección esperada o de la relación señal deseada/señal interferente rebasada en el receptor durante al menos el 95% del tiempo, $R(0,95)$. Este cálculo requiere emplear los siguientes datos adicionales de las señales deseada y no deseada: potencia transmitida, ganancia de la antena transmisora y ganancia de la antena receptora.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario facilitar directrices a los ingenieros para la planificación de los servicios aeronáuticos en las bandas de ondas métricas y centimétricas;
- b) que el modelo de propagación utilizado para trazar las curvas del Anexo 2 se basa en un volumen considerable de datos experimentales (véase el Anexo 1);
- c) que el servicio aeronáutico cumple a menudo una función de protección de la vida humana y necesita, por lo tanto, un grado de disponibilidad mayor que otros muchos servicios;
- d) que para obtener un servicio más fiable, debe utilizarse una disponibilidad en el tiempo de 0,95,

recomienda

1 que se adopten las curvas indicadas en el Anexo 3 para determinar las pérdidas de transmisión básicas durante el 1%, 5%, 10%, 50% y 95% del tiempo con las alturas de antenas (tanto para estaciones en el suelo como para aeronaves en vuelo) que suelen utilizarse en los servicios aeronáuticos.

NOTA 1 – Debe hacerse hincapié en el hecho de que estas curvas están basadas en datos obtenidos principalmente en un clima continental templado.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 5.

** La Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en abril de 2015 de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

NOTA 2 – Las curvas dan las pérdidas de transmisión básicas, es decir, las pérdidas entre antenas isotrópicas ideales en espacio libre. Cuando el efecto de multitrayecto por reflexión en la superficie en la instalación o en la estación terrestre se ha reducido utilizando contraantenas o mediante un diagrama de radiación vertical direccional adecuado, deben incluirse en el análisis los diagramas de radiación de la antena.

Anexo 1

Elaboración y aplicación de las curvas

Los métodos para predecir las pérdidas de transmisión han sido ampliados e incorporados en el modelo de propagación IF-77 que determina pérdidas de transmisión básicas durante el 1, 5, 10, 50 y 95% del tiempo para alturas de antenas aplicables a los servicios aeronáuticos. Esos métodos se basan en una considerable cantidad de datos experimentales que se han comparado ampliamente con las predicciones. Para realizar estos cálculos se tomó como base una tierra llana (parámetro del terreno $\Delta h = 0$) con un coeficiente del radio ficticio de la Tierra k de $4/3$ (coíndice de refracción en la superficie $N_s = 301$); además se compensó la curvatura excesiva de los rayos que acompaña al modelo $4/3$ a grandes altitudes. También se utilizaron constantes para terreno medio, polarización horizontal, antenas isotrópicas y estadísticas a largo plazo de desvanecimiento de potencia en un clima continental templado. Aunque esos parámetros pueden considerarse razonables o representativos del caso más desfavorable para muchas aplicaciones, hay que utilizar con precaución las curvas si las condiciones difieren radicalmente de las previstas en la hipótesis.

A excepción de una zona «próxima» al horizonte radioeléctrico, se han obtenido los valores medianos de la pérdida básica de transmisión para los trayectos «dentro del horizonte» agregando la atenuación debida a la absorción atmosférica (en dB) a la pérdida de transmisión correspondiente a las condiciones en el espacio libre. Para la zona «próxima» al horizonte radioeléctrico, se han calculado los valores de la pérdida de transmisión según las leyes de la óptica geométrica, a fin de tener en cuenta la interferencia entre el rayo directo y un rayo reflejado en la superficie de la Tierra. Uniendo los segmentos de las curvas obtenidas por estos dos métodos, se ha formado una curva que muestra el incremento monótono del valor mediano de la pérdida básica de transmisión con la distancia.

Para calcular los valores medianos «dentro del horizonte», no se ha utilizado exclusivamente el modelo de interferencia de dos rayos, ya que la forma lobular resultante de este modelo para los trayectos cortos depende mucho de las características de la superficie del suelo (tanto de su irregularidad como de sus constantes eléctricas), de las condiciones atmosféricas (el radio ficticio de la Tierra varía en el tiempo), y de las características de la antena (polarización, orientación y diagrama de directividad). Las curvas así obtenidas, en vez de ser útiles, conducirían a errores, ya que los detalles de la forma lobulada están muy sujetos a la influencia de parámetros difíciles de determinar con exactitud suficiente. Sin embargo, la estructura lobulada se tiene en cuenta a efectos estadísticos en el cálculo de la variabilidad.

Para disponibilidades en el tiempo distintas de 0,50, las curvas de la pérdida básica de transmisión L_b , no siempre aumentan monótonicamente con la distancia, pues los cambios de variabilidad en función de la distancia pueden a veces contrarrestar los cambios del valor mediano. Contribuyen a la variabilidad el desvanecimiento de potencia mediano horario o a largo plazo y el desvanecimiento por interferencia de fase dentro de una hora o a corto plazo. En la fórmula utilizada para calcular el desvanecimiento a corto plazo se incluyen la reflexión en el terreno y la propagación troposférica por trayectos múltiples.

Las curvas del Anexo 3 son curvas seleccionadas entre una serie mucho mayor de curvas suavizadas trazadas por computador.

Las curvas de pérdida de transmisión básica, $L_b(0,05)$, pueden utilizarse para calcular los valores de L_b en el caso de una señal interferente no deseada excedida durante el 95% (100% – 5%) del tiempo. Las condiciones de propagación correspondientes al valor mediano (50%) pueden calcularse con las curvas de $L_b(0,50)$. Las curvas de $L_b(0,95)$ pueden utilizarse para calcular el alcance de servicio de una señal deseada que proporcionaría servicio durante el 95% del tiempo de ausencia de interferencia.

La relación de protección prevista o relación «señal deseada/señal no deseada» excedida en el receptor durante el 95% del tiempo por lo menos, $R(0,95)$, puede calcularse con las curvas del Anexo 3 del siguiente modo:

$$R(0,95) = R(0,50) + Y_R(0,95) \quad (1)$$

$$R(0,50) = [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{\text{señal deseada}} - [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{\text{señal no deseada}} \quad (2)$$

y

$$Y_R = - \sqrt{[L_b(0,95) - L_b(0,50)]_{\text{señal deseada}}^2 + [L_b(0,05) - L_b(0,50)]_{\text{señal deseada}}^2} \quad (3)$$

En la ecuación (2), P_t es la potencia transmitida y G_t y G_r son las ganancias isótropas de las antenas de transmisión y de recepción, todos esos valores se expresan en dB.

En la ecuación (3), pueden incluirse fácilmente variabilidades adicionales, siempre que su determinación sea posible, para factores como la ganancia de antena. La utilización continua (100%) o simultánea de canales va implícita en la fórmula de $R(0,95)$ arriba indicada, de modo que es indispensable examinar por separado el efecto del funcionamiento intermitente del transmisor.

Aunque los valores de las pérdidas de transmisión pueden leerse directamente en las curvas de las Figuras del Anexo 3 a la presente Recomendación, se dispone también de valores tabulados de las pérdidas de transmisión. Véase al respecto la parte de la dirección web del UIT'T relativa a la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones.

Los datos tabulados están disponibles en la dirección web de la Comisión de Estudio 3.

Anexo 2

Descripción de los métodos de interpolación

1 Introducción

Este Anexo presenta las distintas etapas del cálculo. En el § 8 del Anexo aparece una descripción paso a paso del método de interpolación global.

El § 2 presenta el cálculo de la intensidad de campo a partir de los valores de las pérdidas de transmisión extraídos de las curvas del Anexo 3. Los § 3 a 8 del Anexo describe la forma de interpolar la distancia h_1 , h_2 , la frecuencia y el porcentaje de tiempo.

2 Intensidad de campo equivalente

La intensidad de campo equivalente para unas pérdidas de transmisión determinadas viene dada por:

$$E = 139,3 - L_t + 20 \log f \quad \text{dB } (\mu\text{V/m}) \quad (4)$$

donde:

- E : intensidad de campo (dB ($\mu\text{V/m}$)) para una p.r.a. de 1 kW
- L_t : pérdidas de transmisión (dB)
- f : frecuencia (MHz).

3 Alturas de antena, h_1 y h_2

Si el valor de h_1 o h_2 coincide con una de las alturas para las que se proporcionan las curvas, las pérdidas de transmisión requeridas pueden obtenerse directamente a partir de las curvas trazadas o de las tabulaciones correspondientes. De no ser así, las pérdidas de transmisión requeridas deben interpolarse a partir de las pérdidas de transmisión obtenidas a partir de dos curvas, mediante la ecuación:

$$L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(h_{1 \text{ o } 2} / h_{inf}) / \log(h_{sup} / h_{inf}) \quad \text{dB} \quad (5)$$

donde:

- h_1, h_2 : alturas de antenas sobre el nivel medio del mar para las que se requiere la predicción (m)
- h_{inf} : altura efectiva nominal más próxima por debajo de h_1 ó h_2
- h_{sup} : altura efectiva nominal más próxima por encima de h_1 ó h_2
- L_{inf} : valor de las pérdidas de transmisión para h_{inf} a la distancia requerida
- L_{sup} : valor de las pérdidas de transmisión para h_{sup} a la distancia requerida.

4 Interpolación de las pérdidas de transmisión en función de la distancia

A menos que d coincida con una de las distancias indicadas en los valores tabulados, las pérdidas de transmisión deben interpolarse linealmente para el logaritmo de la distancia, mediante la ecuación:

$$L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(d / d_{inf}) / \log(d_{sup} / d_{inf}) \quad \text{dB} \quad (6)$$

donde:

- d : distancia para la que se requiere la predicción (km)
- d_{inf} : distancia de tabulación más próxima inferior a d
- d_{sup} : distancia de tabulación más próxima mayor que d
- L_{inf} : valor de las pérdidas de transmisión para d_{inf}
- L_{sup} : valor de las pérdidas de transmisión para d_{sup} .

5 Interpolación de las pérdidas de transmisión en función de la frecuencia

Si la frecuencia para la predicción no es una de las frecuencias representadas en las Figuras de esta Recomendación o en los datos tabulados, las pérdidas de transmisión requeridas deben calcularse mediante la ecuación:

$$L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(f / f_{inf}) / \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB} \quad (7)$$

donde:

- f : frecuencia para la que se requiere la predicción (MHz)
- f_{inf} : frecuencia nominal más baja
- f_{sup} : frecuencia nominal más alta
- L_{inf} : valor de las pérdidas de transmisión para f_{inf}
- L_{sup} : valor de las pérdidas de transmisión para f_{sup} .

6 Interpolación de las pérdidas de transmisión en función del porcentaje de tiempo

Los valores de las pérdidas de transmisión para un determinado porcentaje de tiempo deben calcularse mediante interpolación, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$L = L_{sup}(Q_{inf} - Q_t) / (Q_{inf} - Q_{sup}) + L_{inf}(Q_t - Q_{sup}) / (Q_{inf} - Q_{sup}) \quad \text{dB} \quad (8)$$

donde:

- t : porcentaje de tiempo para el cual se requiere la predicción
- t_{inf} : porcentaje de tiempo nominal inferior
- t_{sup} : porcentaje de tiempo nominal superior
- $Q_t = Q_i(t/100)$
- $Q_{inf} = Q_i(t_{inf}/100)$
- $Q_{sup} = Q_i(t_{sup}/100)$
- L_{inf} : valor de las pérdidas de transmisión para el porcentaje de tiempo t_{inf}
- L_{sup} : valor de las pérdidas de transmisión para el porcentaje de tiempo t_{sup} .

Siendo $Q_i(x)$ la función de distribución normal acumulativa complementaria inversa descrita en el § 7.

7 Aproximación a la función de distribución normal acumulativa complementaria inversa

La siguiente aproximación a la función de distribución normal acumulativa complementaria inversa $Q_i(x)$ es válida para $0,01 \leq x \leq 0,99$:

$$Q_i(x) = T(x) - \xi(x) \quad \text{si } x \leq 0,5 \quad (9a)$$

$$Q_i(x) = -\{T(1-x) - \xi(1-x)\} \quad \text{si } x > 0,5 \quad (9b)$$

donde:

$$T(x) = \sqrt{[-2 \ln(x)]} \quad (9c)$$

$$\xi(x) = \frac{[(C_2 \cdot T(x) + C_1) \cdot T(x)] + C_0}{[(D_3 \cdot T(x) + D_2) \cdot T(x) + D_1] \cdot T(x) + 1} \quad (9d)$$

$$C_0 = 2,515517$$

$$C_1 = 0,802853$$

$$C_2 = 0,010328$$

$$D_1 = 1,432788$$

$$D_2 = 0,189269$$

$$D_3 = 0,001308$$

Los valores obtenidos mediante los anteriores ecuaciones figuran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

**Valores aproximados de la función de distribución normal acumulativa
complementaria inversa**

$q\%$	$Q_i(q/100)$	$q\%$	$Q_i(q/100)$	$q\%$	$Q_i(q/100)$	$q\%$	$Q_i(q/100)$
1	2,327	26	0,643	51	-0,025	76	-0,706
2	2,054	27	0,612	52	-0,050	77	-0,739
3	1,881	28	0,582	53	-0,075	78	-0,772
4	1,751	29	0,553	54	-0,100	79	-0,806
5	1,645	30	0,524	55	-0,125	80	-0,841
6	1,555	31	0,495	56	-0,151	81	-0,878
7	1,476	32	0,467	57	-0,176	82	-0,915
8	1,405	33	0,439	58	-0,202	83	-0,954
9	1,341	34	0,412	59	-0,227	84	-0,994
10	1,282	35	0,385	60	-0,253	85	-1,036
11	1,227	36	0,358	61	-0,279	86	-1,080
12	1,175	37	0,331	62	-0,305	87	-1,126
13	1,126	38	0,305	63	-0,331	88	-1,175
14	1,080	39	0,279	64	-0,358	89	-1,227
15	1,036	40	0,253	65	-0,385	90	-1,282
16	0,994	41	0,227	66	-0,412	91	-1,341
17	0,954	42	0,202	67	-0,439	92	-1,405
18	0,915	43	0,176	68	-0,467	93	-1,476
19	0,878	44	0,151	69	-0,495	94	-1,555
20	0,841	45	0,125	70	-0,524	95	-1,645
21	0,806	46	0,100	71	-0,553	96	-1,751
22	0,772	47	0,075	72	-0,582	97	-1,881
23	0,739	48	0,050	73	-0,612	98	-2,054
24	0,706	49	0,025	74	-0,643	99	-2,327
25	0,674	50	0,000	75	-0,674		

8 Procedimiento para interpolar los valores en esta Recomendación

El procedimiento paso a paso indicado a continuación debe aplicarse a los valores obtenidos en los cuadros de intensidad de campo en función de la distancia disponibles en la Oficina de Radiocomunicaciones.

Paso 1: Para un determinado porcentaje de tiempo se determinan dos porcentajes de tiempo nominales como sigue:

- se registra el porcentaje de tiempo nominal más próximo por debajo del porcentaje de tiempo deseado (se trata del valor nominal más bajo, t_{inf});
- se registra el porcentaje de tiempo nominal más próximo por encima del porcentaje de tiempo deseado (se trata del valor nominal más alto, t_{sup}).

Si el porcentaje de tiempo requerido es igual al 1%, 5%, 10%, 50%, o 95%, este valor debe considerarse como el porcentaje de tiempo nominal más bajo y no es necesario realizar el proceso de interpolación del Paso 8.

Paso 2: Para cualquier frecuencia deseada, se determinan dos frecuencias nominales; como sigue:

- se registra la frecuencia nominal más próxima por debajo de la frecuencia deseada (se trata del valor nominal más bajo, f_{inf});
- se registra la frecuencia nominal más próxima por encima de la frecuencia deseada (se trata del valor nominal más alto, f_{sup}).

Si la frecuencia deseada es igual a una de las frecuencias de los gráficos y los datos tabulados, este valor debe considerarse como la frecuencia nominal más baja y no es necesario realizar el proceso de interpolación del Paso 7.

Paso 3: Para cualquier distancia deseada se determinan dos distancias nominales; como sigue:

- se registra la distancia nominal más próxima por debajo de la distancia deseada (se trata del valor nominal más bajo, d_{inf});
- se registra la distancia nominal más próxima por encima de la distancia deseada (se trata del valor nominal más alto, d_{sup});

Si la distancia deseada es igual a una de las distancias de los gráficos y los datos tabulados, este valor debe considerarse como la distancia nominal más baja y no es necesario realizar el proceso de interpolación del Paso 7.

Paso 4: Para el porcentaje de tiempo nominal más bajo se siguen los Pasos 5 a 8.

Paso 5: Para la frecuencia nominal más baja se siguen los Pasos 6 y 7.

Paso 6: Se obtienen las pérdidas de transmisión para la distancia requerida y la altura de antena transmisora de baje, como sigue:

Paso 6.1: Se determinan los valores nominales h_2 más bajo y más alto utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 3. Si h_2 coincide con uno de los valores nominales de los gráficos y los datos tabulados, debe considerarse como el valor nominal más bajo de h_2 y no es necesario realizar el proceso de interpolación de Paso 6.9.

Paso 6.2: Se determinan los valores nominales h_1 más bajo y más alto utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 3. Si h_1 coincide con uno de los valores nominales de los gráficos y los datos tabulados, debe considerarse como el valor nominal más bajo de h_1 y no es necesario realizar el proceso de interpolación del Paso 6.8.

Paso 6.3: Para el valor nominal más bajo de h_2 se siguen los Pasos 6.4 a 6.6.

Paso 6.4: Para el valor nominal más bajo de h_1 se siguen los Pasos 6.5 a 6.6.

Paso 6.5: Para el valor nominal más bajo de la distancia se sigue el Paso 6.6.

Paso 6.6: Se obtiene el valor de las pérdidas de transmisión para los valores requeridos de la distancia, d , y la altura de la antena transmisora/de base, h_1 .

Paso 6.7: Si la distancia requerida no coincide con la distancia nominal inferior, se repite el Paso 6.6 para la distancia nominal más alta y se interpolan los dos valores de las pérdidas de transmisión para la distancia utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 4.

Paso 6.8: Si la altura de antena requerida, h_1 , no coincide con uno de los valores nominales, se repiten los Pasos 6.5 a 6.7 y se interpolan los dos valores de las pérdidas de transmisión para h_1 utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 3.

Paso 6.9: Si la altura de antena requerida, h_2 , no coincide con uno de los valores nominales, se repiten los Pasos 6.5 a 6.8 y se interpolan los dos valores de las pérdidas de transmisión para h_2 utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 3.

Paso 7: Si la frecuencia requerida no coincide con la frecuencia nominal más baja, se repite el Paso 6 para la frecuencia nominal más alta y se interpolan los dos valores de las pérdidas de transmisión utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 5.

Paso 8: Si el porcentaje de tiempo requerido no coincide con el porcentaje de tiempo nominal más bajo, se repiten los Pasos 5 a 7 para el porcentaje de tiempo nominal más alto y se interpolan los dos valores de las pérdidas de transmisión utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 6.

Paso 9: Si es preciso, se convierten las pérdidas de transmisión en intensidad de campo equivalente para el trayecto, utilizando el método indicado en el Anexo 2, § 2.

Anexo 3

Descripción de las curvas

Las curvas aeronáuticas se indican en las Figs. 1-1 a 8-5. Conviene señalar:

1 Las Figs. 1-1 a 8-5 indican los valores medianos de las pérdidas de transmisión básicas, L_b , para cada $L_b(0,01)$, $L_b(0,05)$, $L_b(0,10)$, $L_b(0,50)$ y $L_b(0,95)$ a las frecuencias 125, 300, 600, 1 200, 2 400, 5 100, 9 400 y 15 500 MHz que corresponden a disponibilidades en el tiempo de 1, 5, 10, 50 y 95%. Por ejemplo, $L_b(0,95) = 200$ dB significa que la pérdida básica de transmisión será de 200 dB o menos durante el 95% del tiempo.

2 Cada figura consiste en tres conjuntos de curvas, proporcionando los conjuntos superior, medio e inferior las pérdidas de transmisión básicas para unos valores de h_2 de 1 000, 10 000 y 20 000 m, respectivamente.

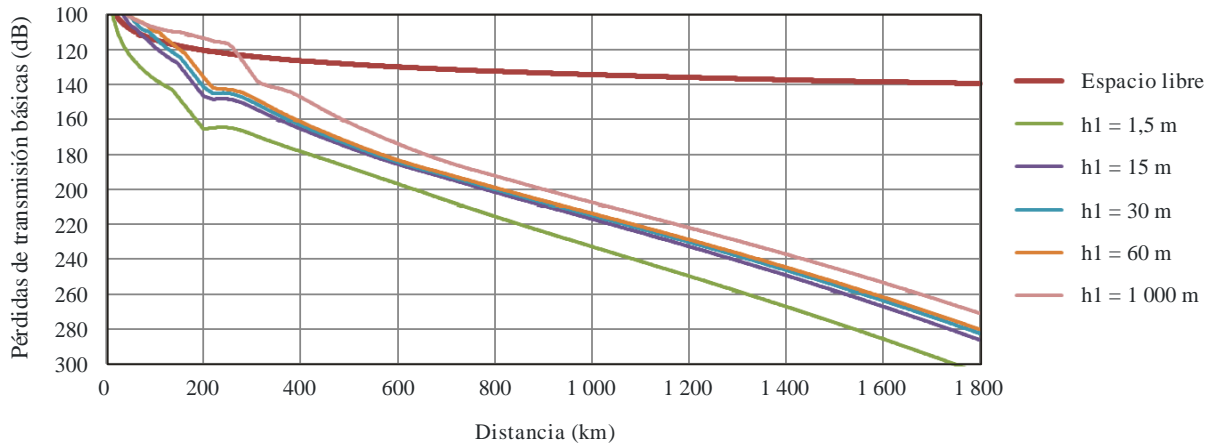
3 Las alturas de antena, h_1 , van de 1,5 m a 20 000 m, por lo que abarcan tanto las estaciones terrenas como las aeronaves en vuelo.

4 En el Anexo 1 se examinan la elaboración y la aplicación de esas curvas.

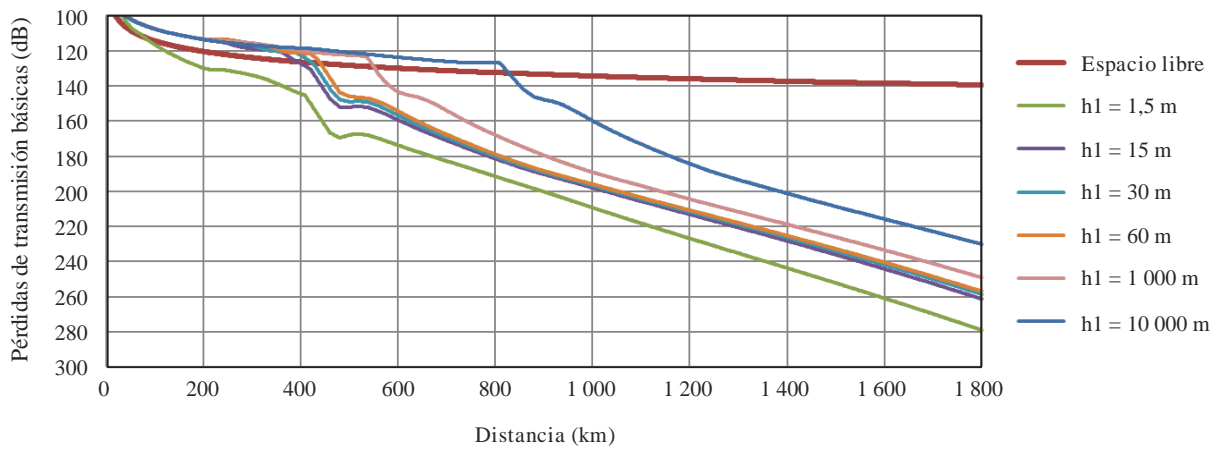
5 La distancia cero, $L_b(0,50)$ es simplemente el valor en el espacio libre correspondiente a una longitud de trayecto igual a la diferencia de altura de las antenas. Las curvas en espacio libre se han calculado para una diferencia de altura de 19 985 m.

FIGURA 1-1

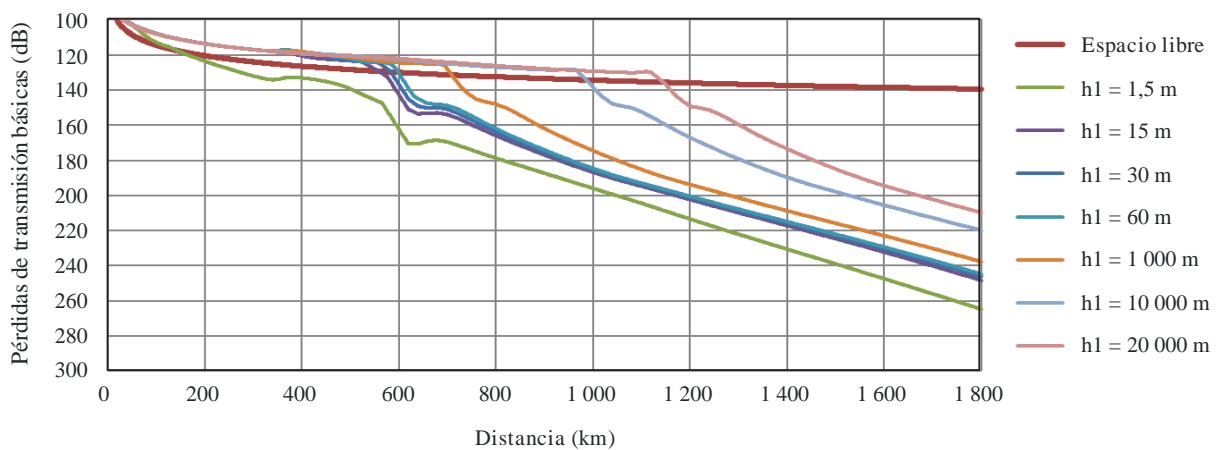
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 125 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



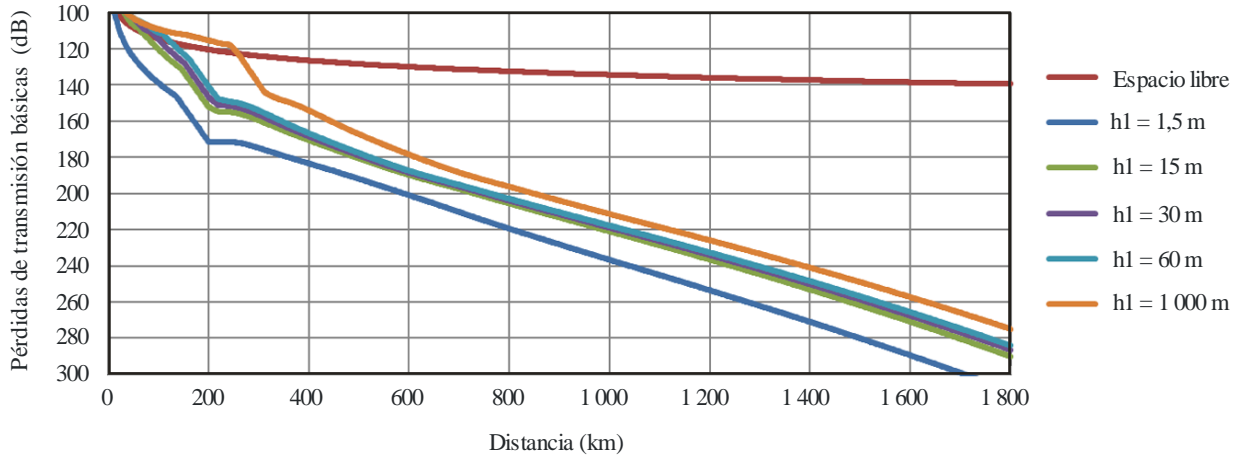
b) $h_2 = 10000$ m



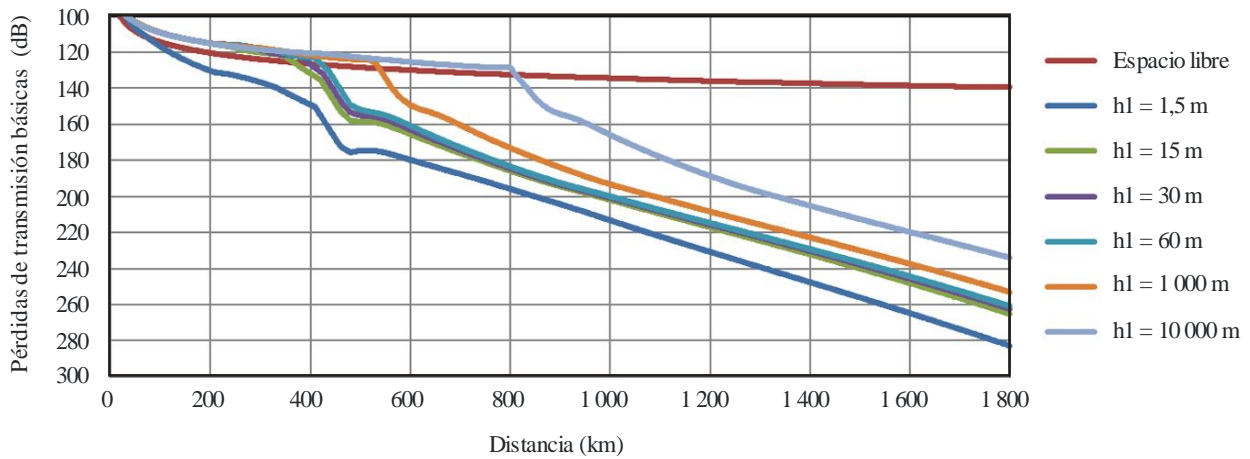
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 1-2

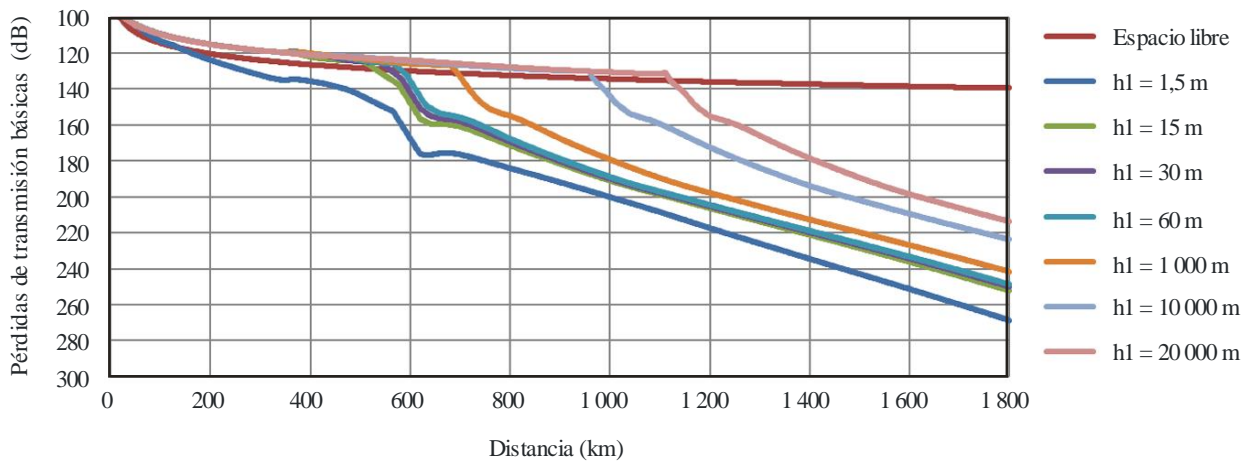
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 125 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m

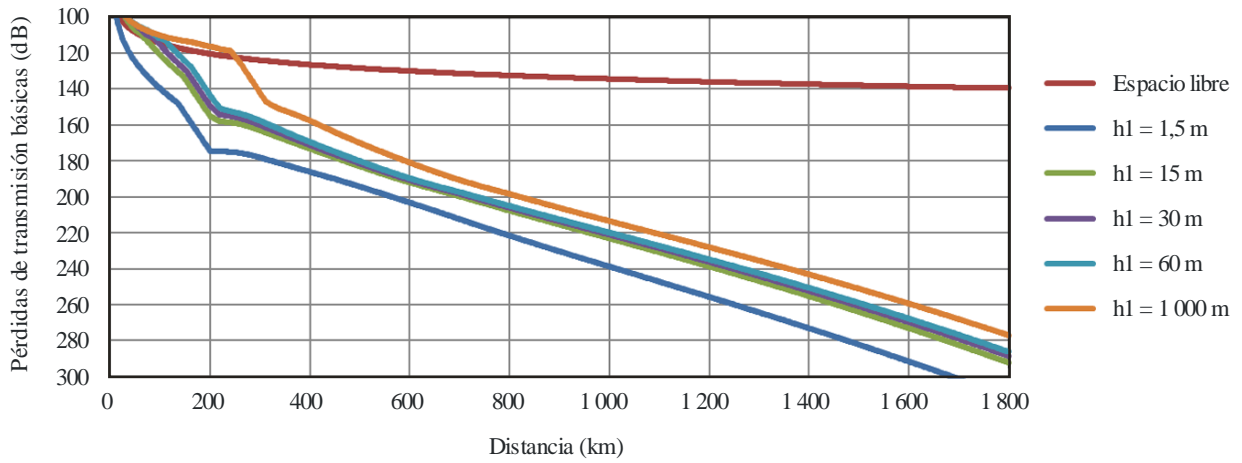


b) $h_2 = 10000$ m

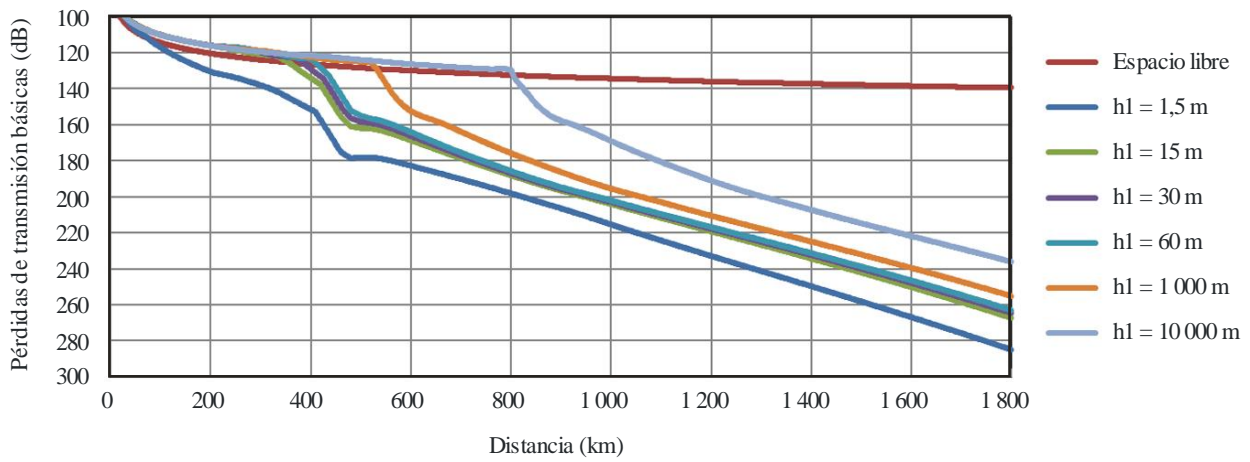


c) $h_2 = 20000$ m

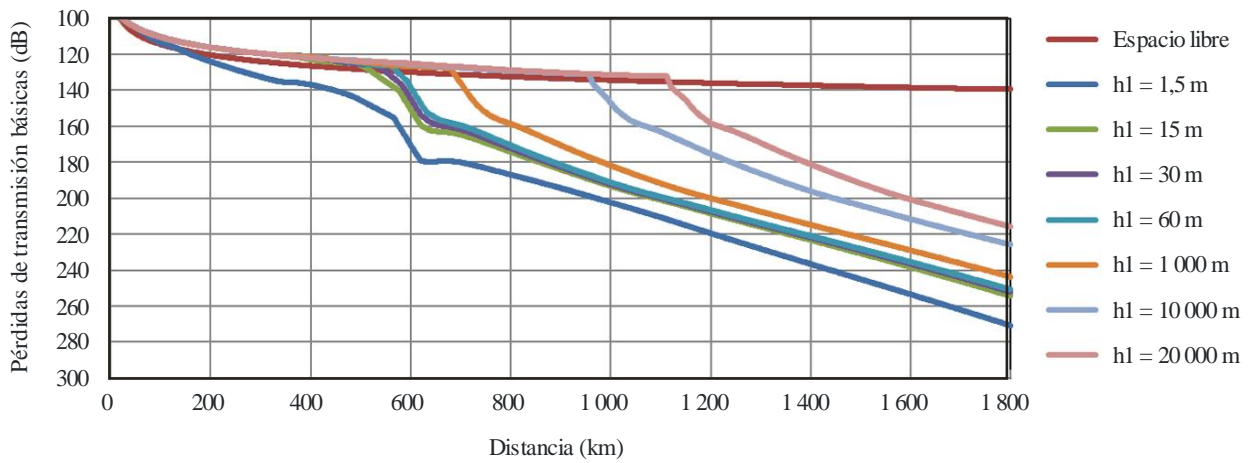
FIGURA 1-3
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 125 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h1



a) h2 = 1 000 m



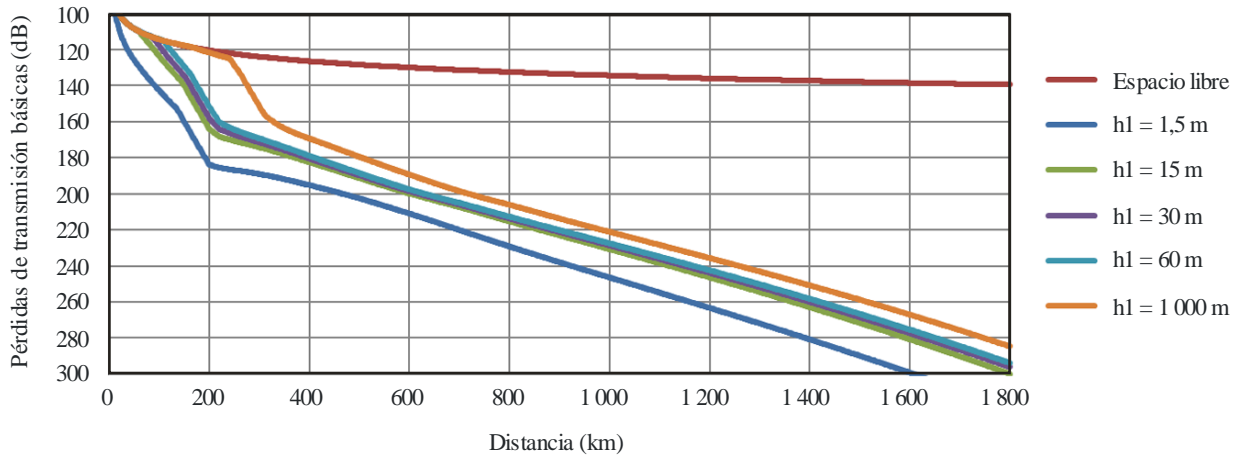
b) h2 = 10 000 m



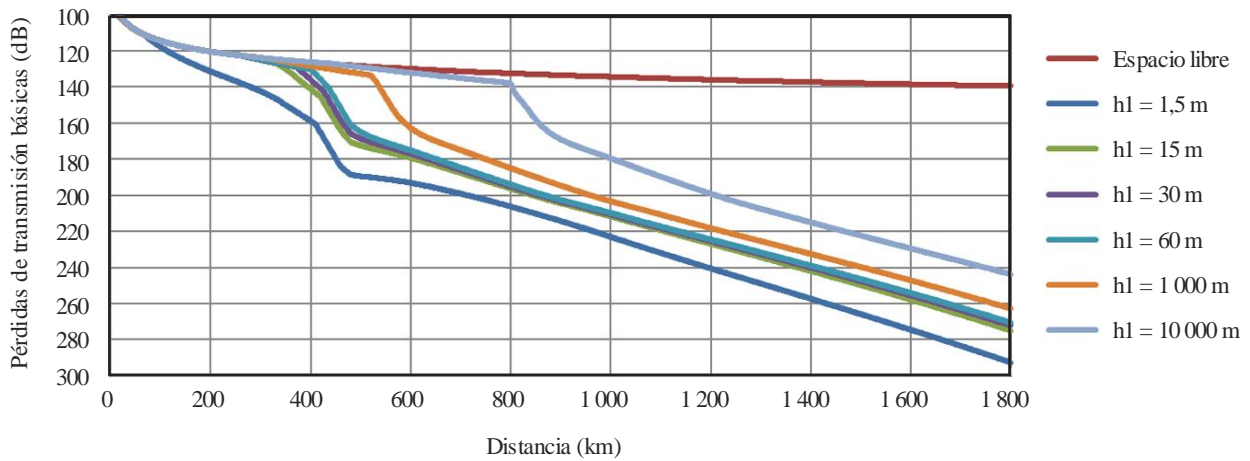
c) h2 = 20 000 m

FIGURA 1-4

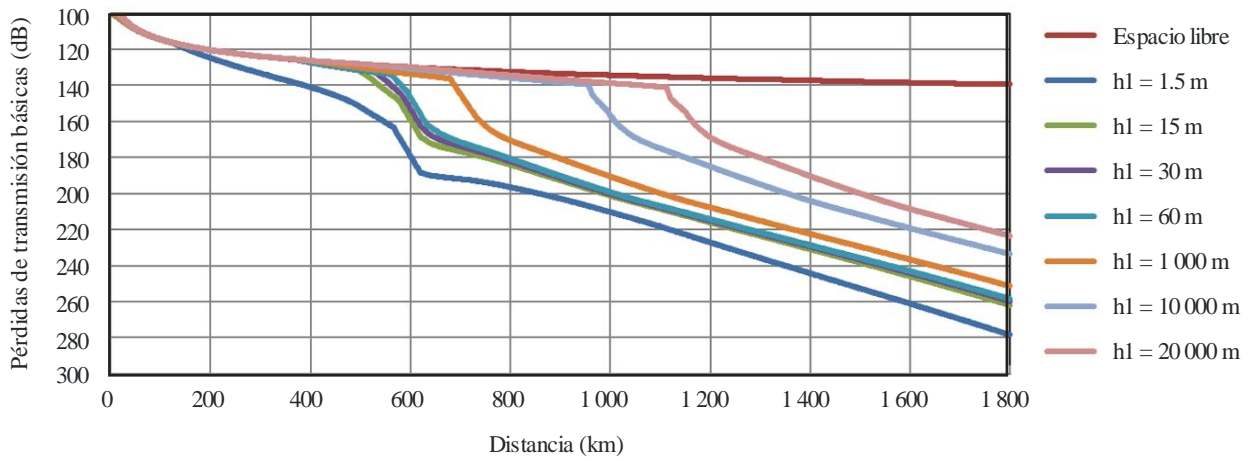
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 125 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m

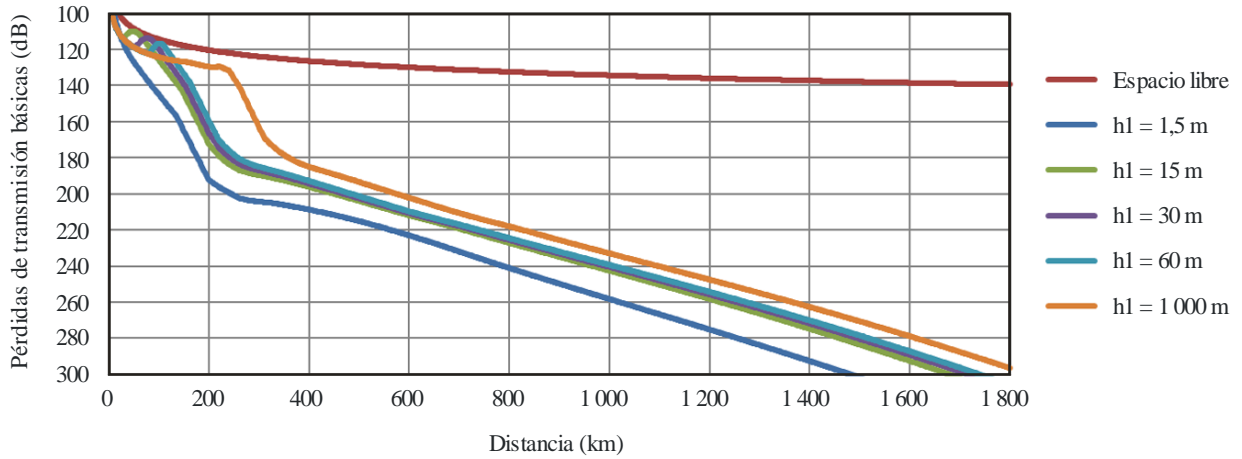


b) $h_2 = 10000$ m

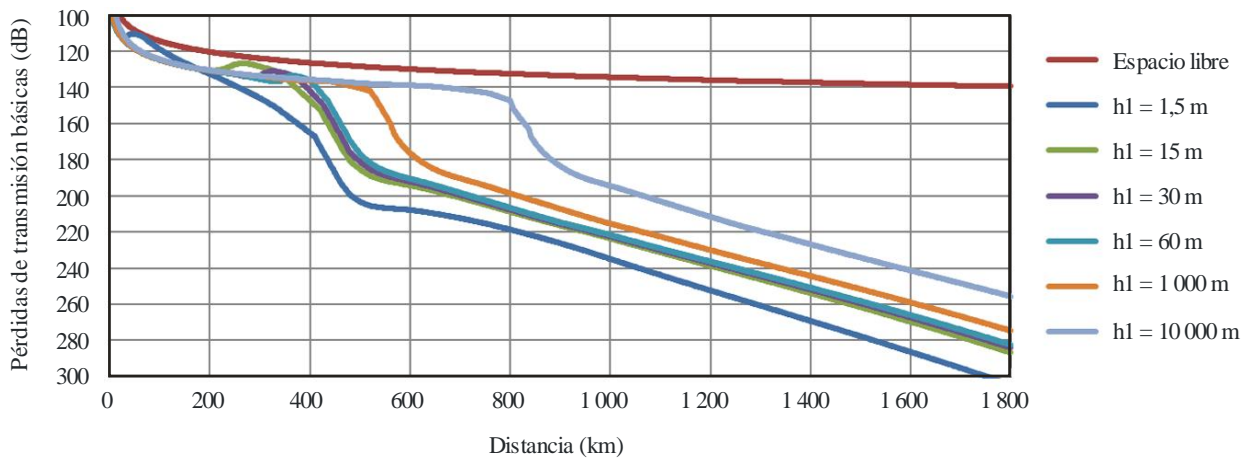


c) $h_2 = 20000$ m

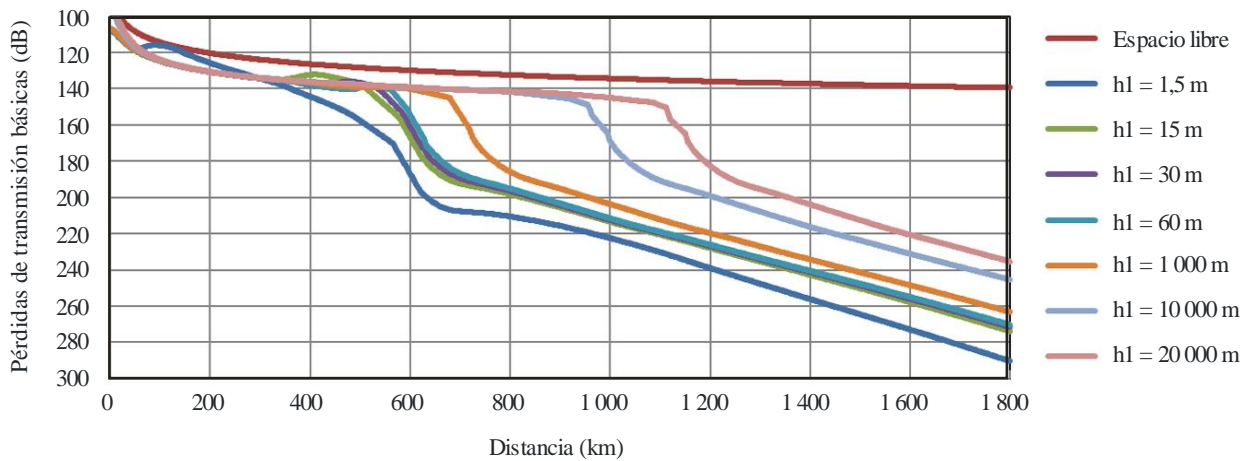
FIGURA 1-5
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 125 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



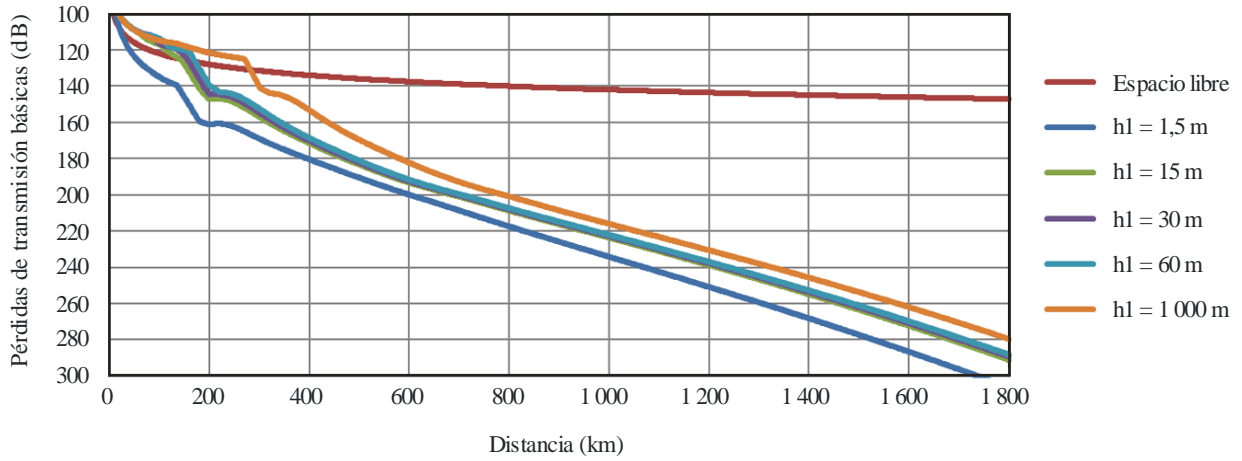
b) $h_2 = 10000$ m



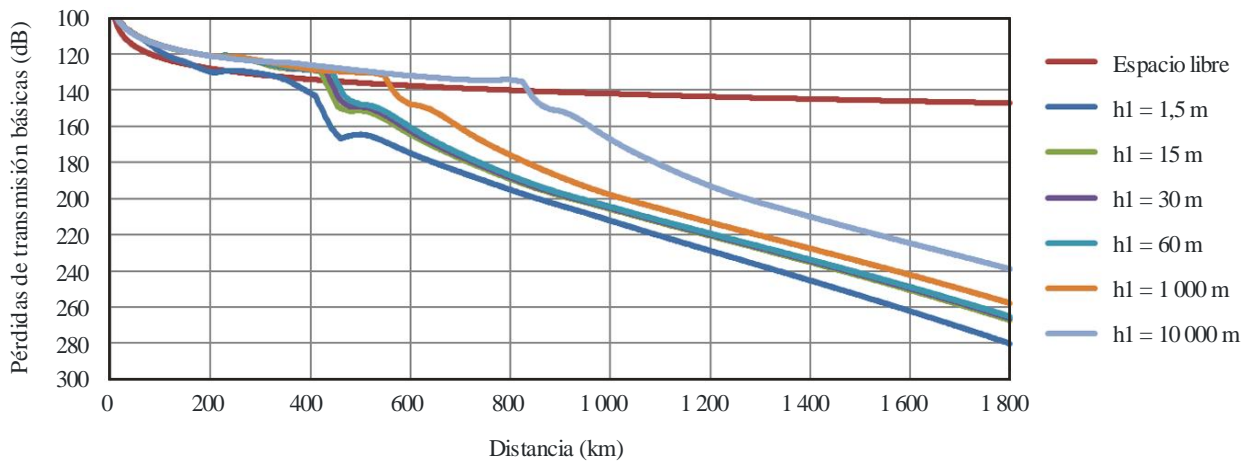
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 2-1

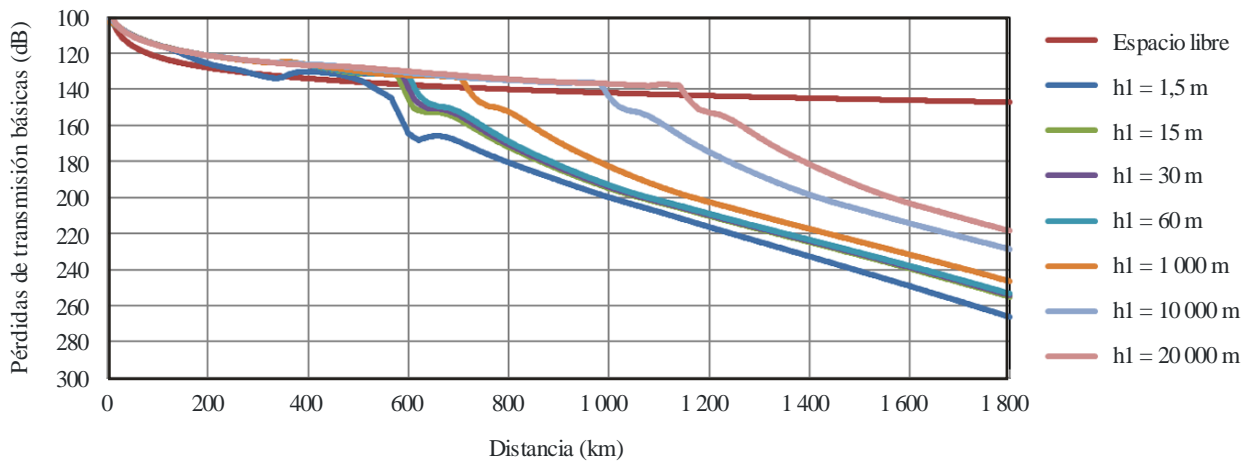
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 300 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



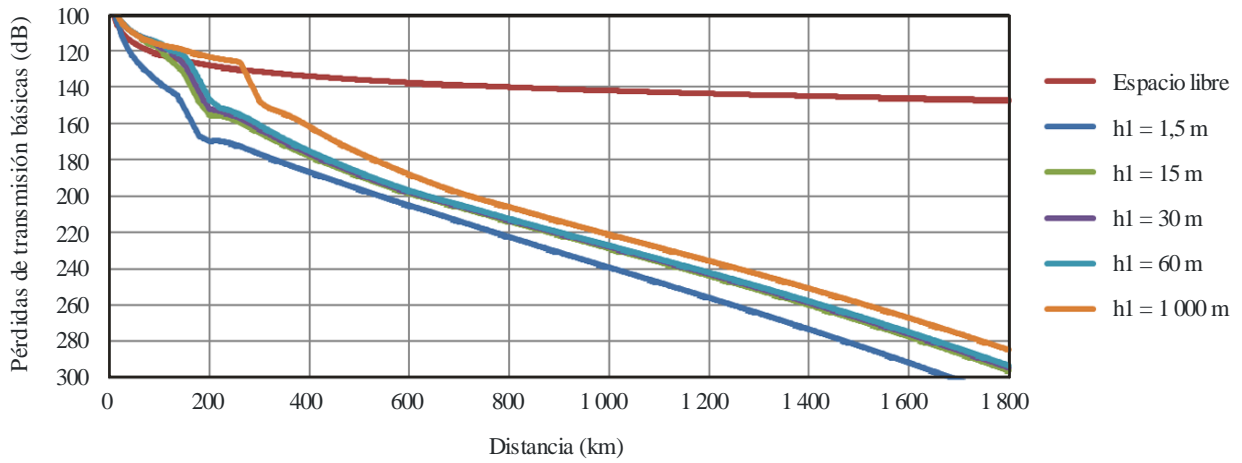
b) $h_2 = 10000$ m



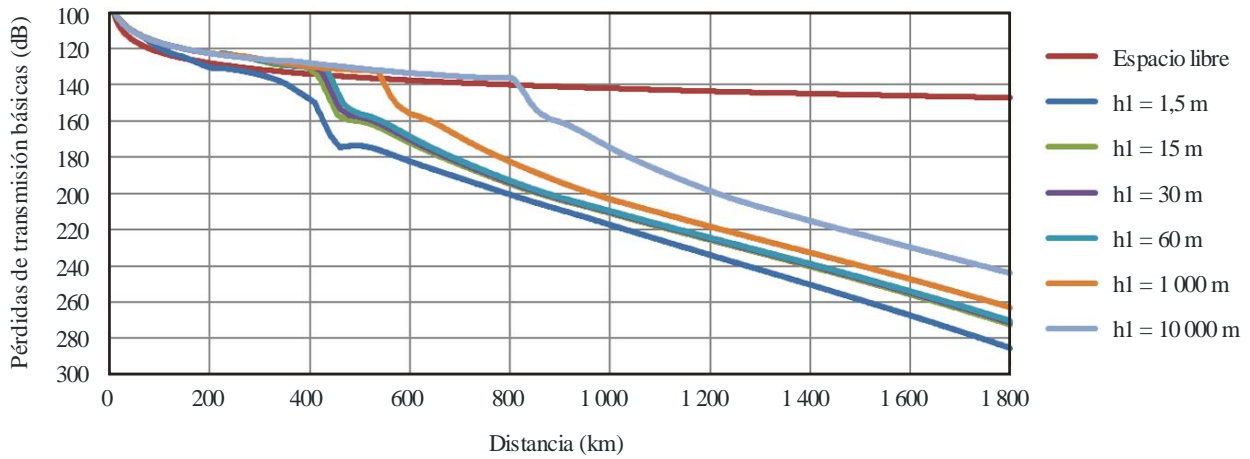
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 2-2

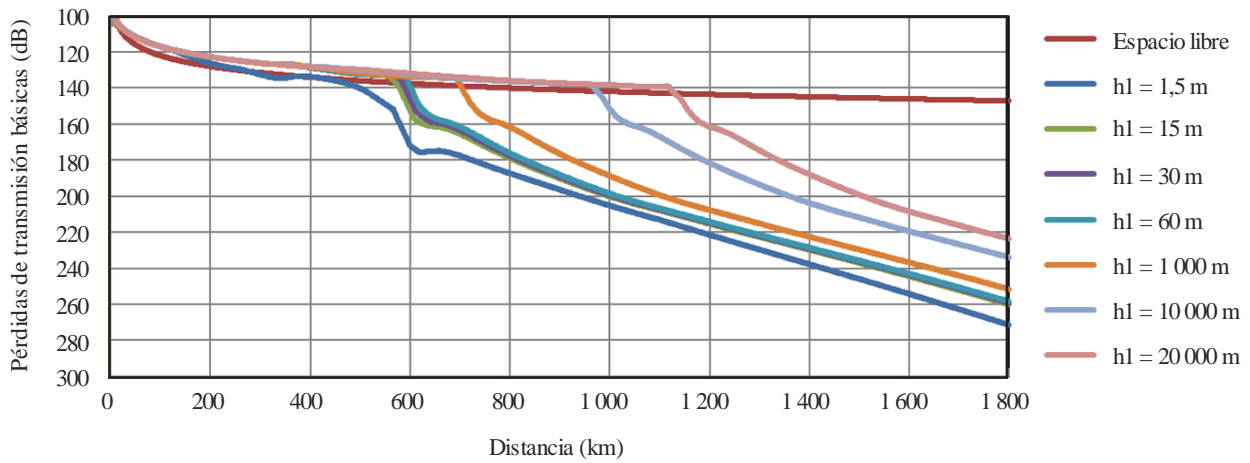
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 300 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



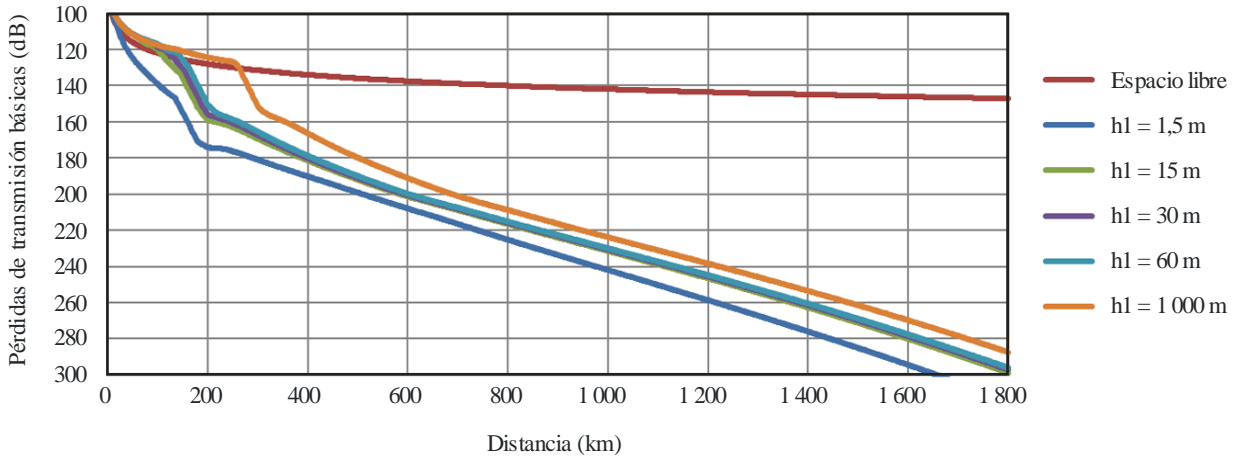
b) $h_2 = 10000$ m



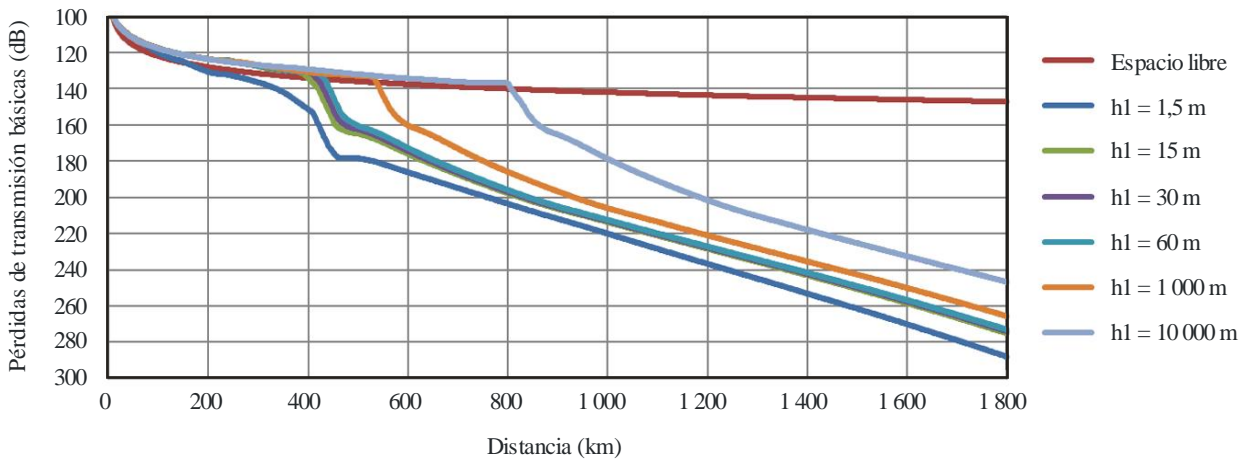
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 2-3

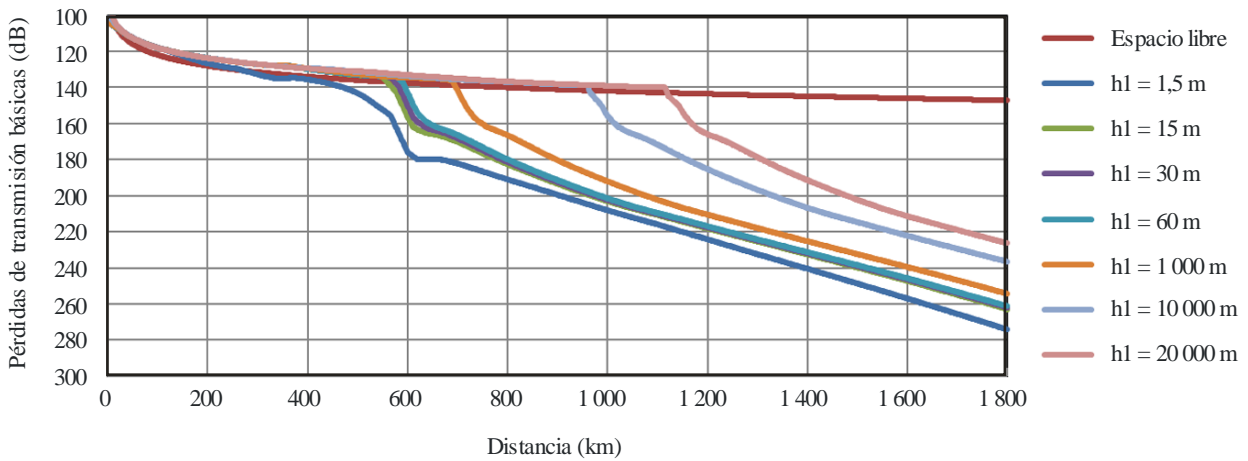
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 125 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



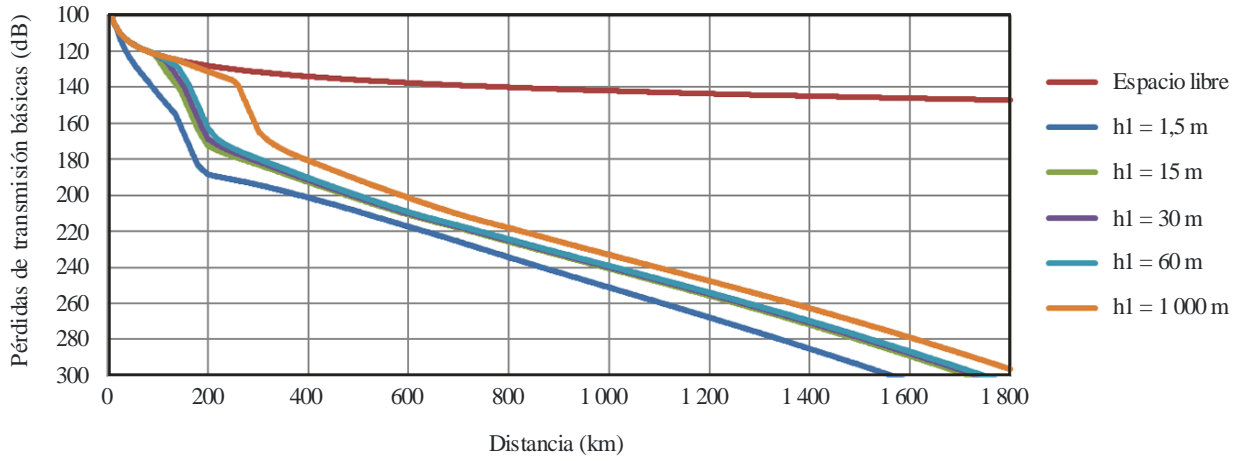
b) $h_2 = 10000$ m



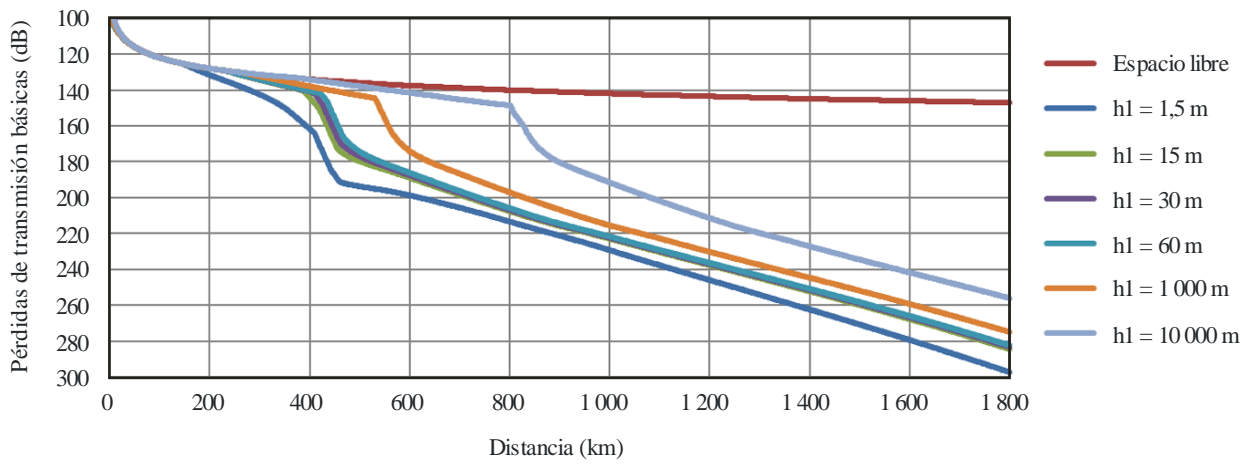
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 2-4

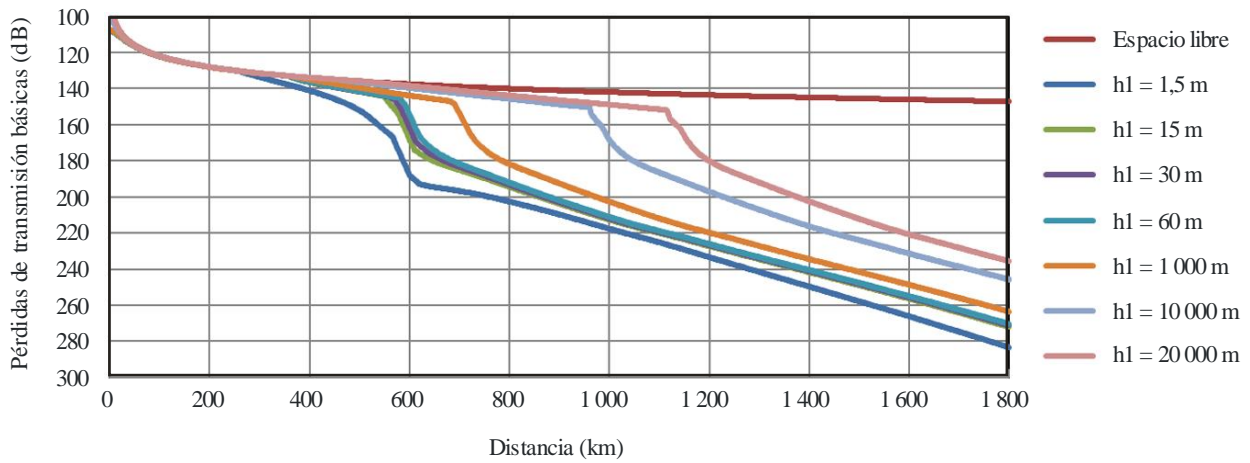
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 300 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



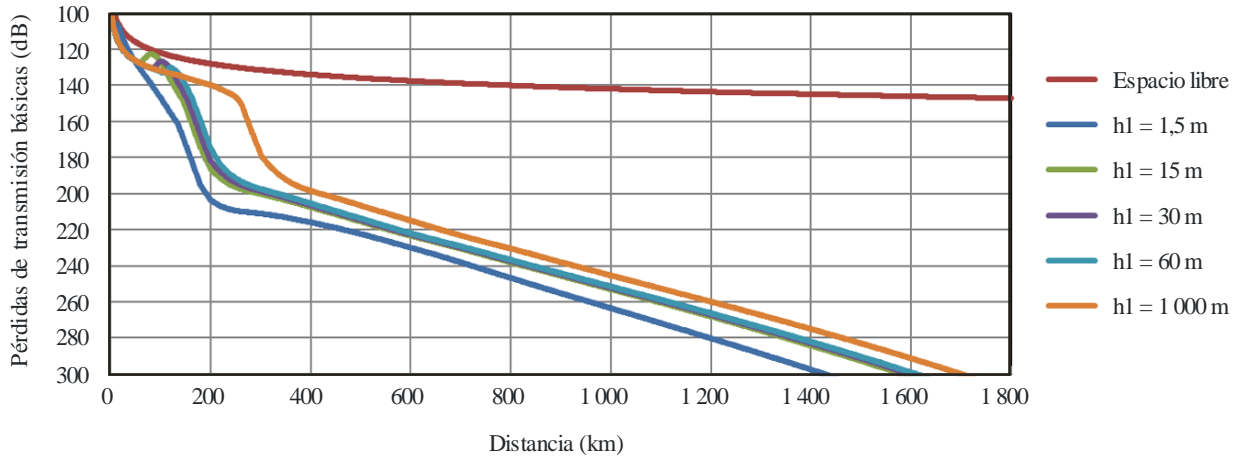
b) $h_2 = 10000$ m



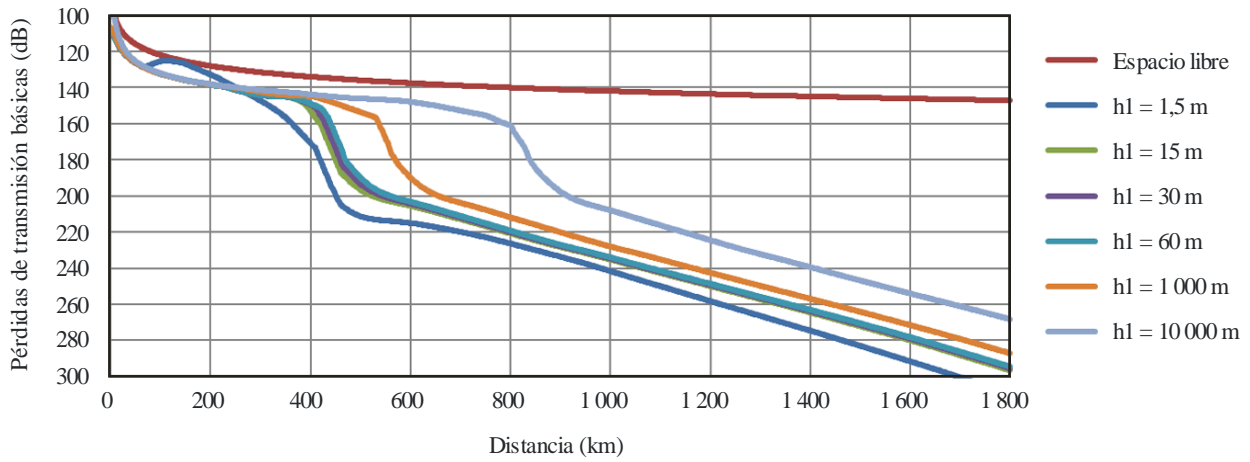
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 2-5

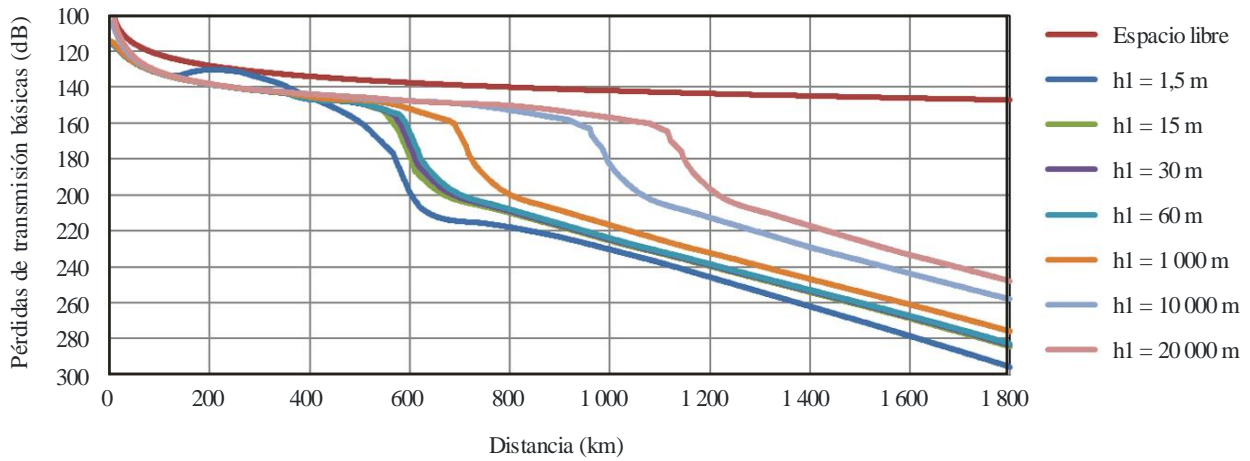
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 300 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



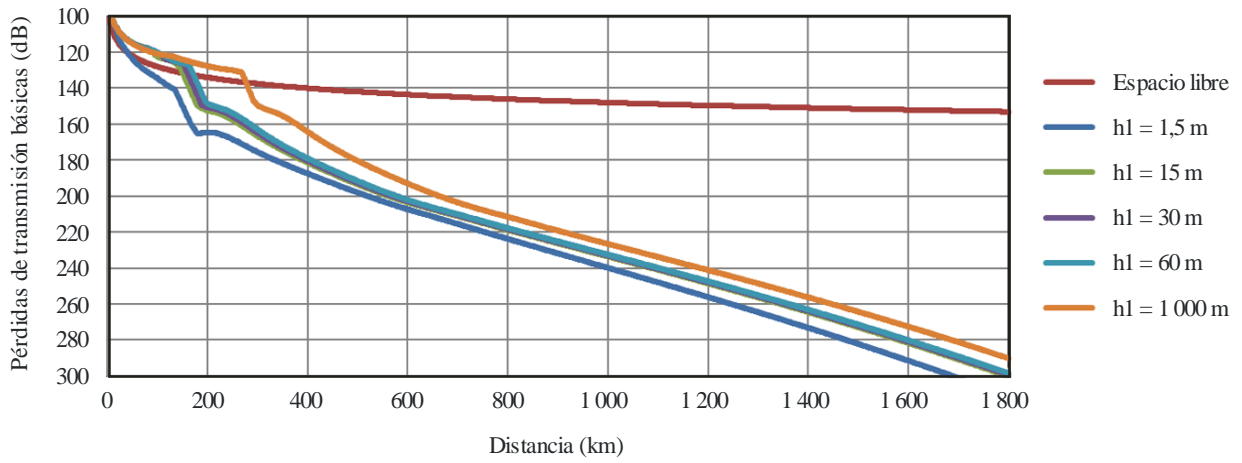
b) $h_2 = 10000$ m



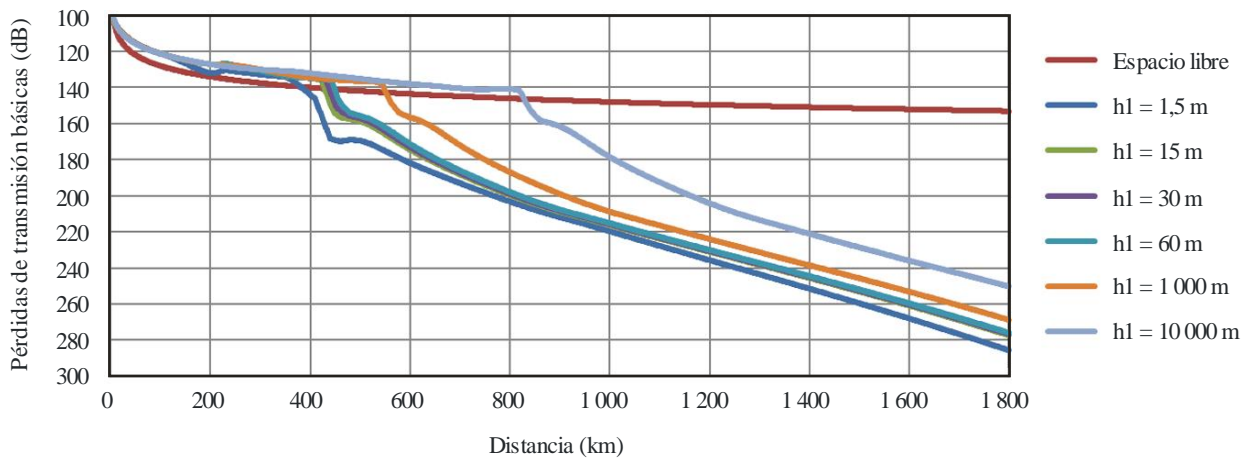
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 3-1

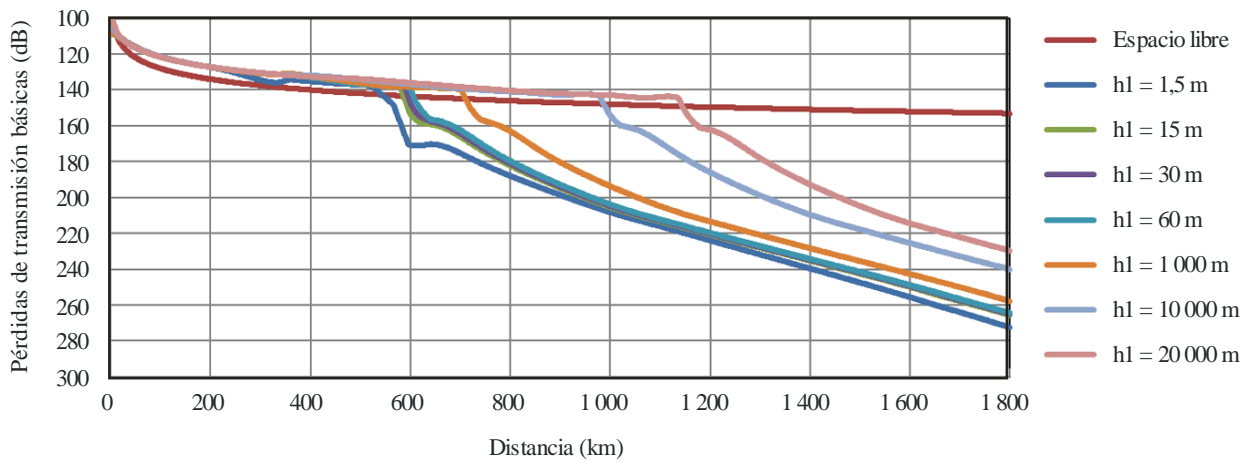
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 600 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



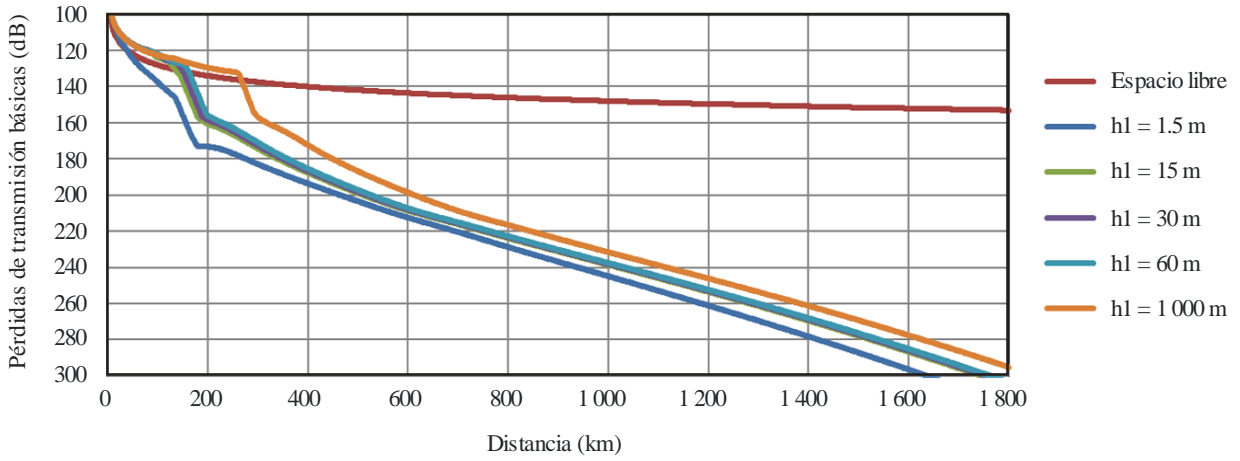
b) $h_2 = 10000$ m



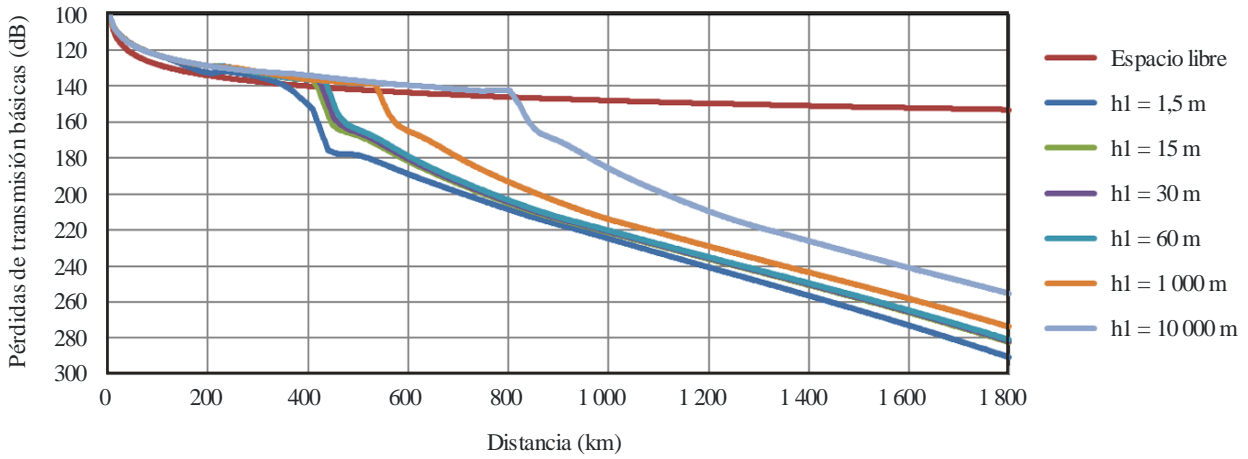
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 3-2

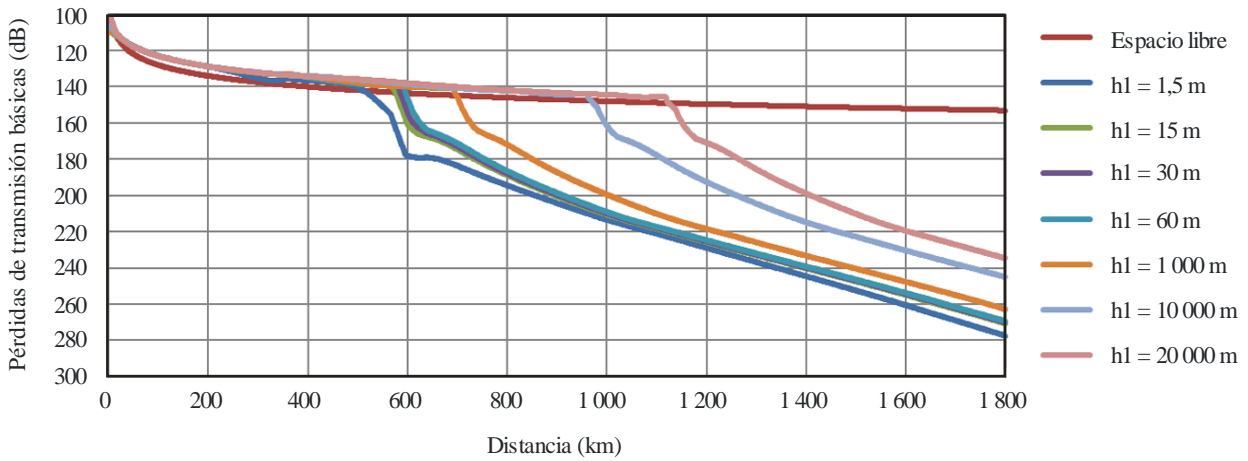
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 600 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



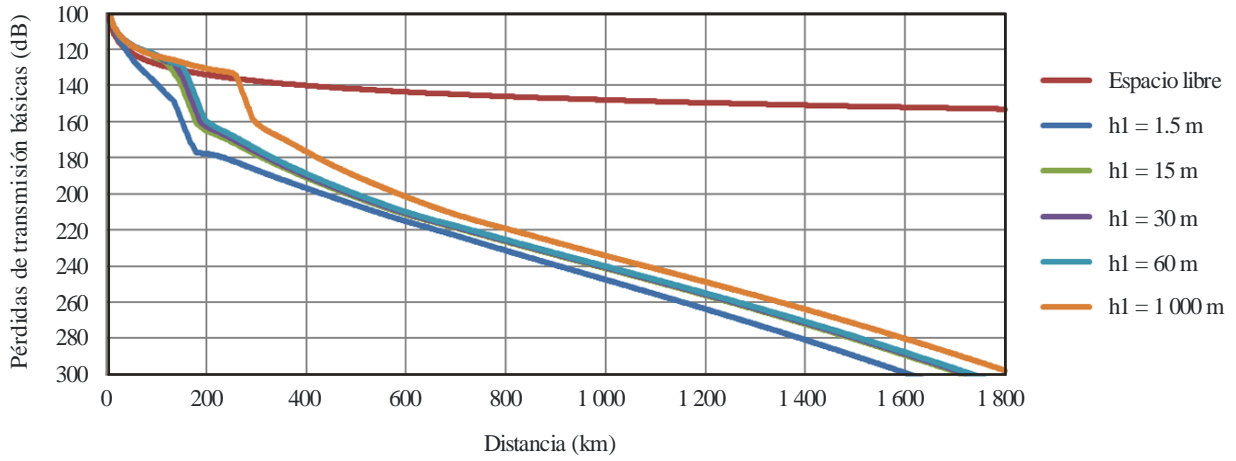
b) $h_2 = 10000$ m



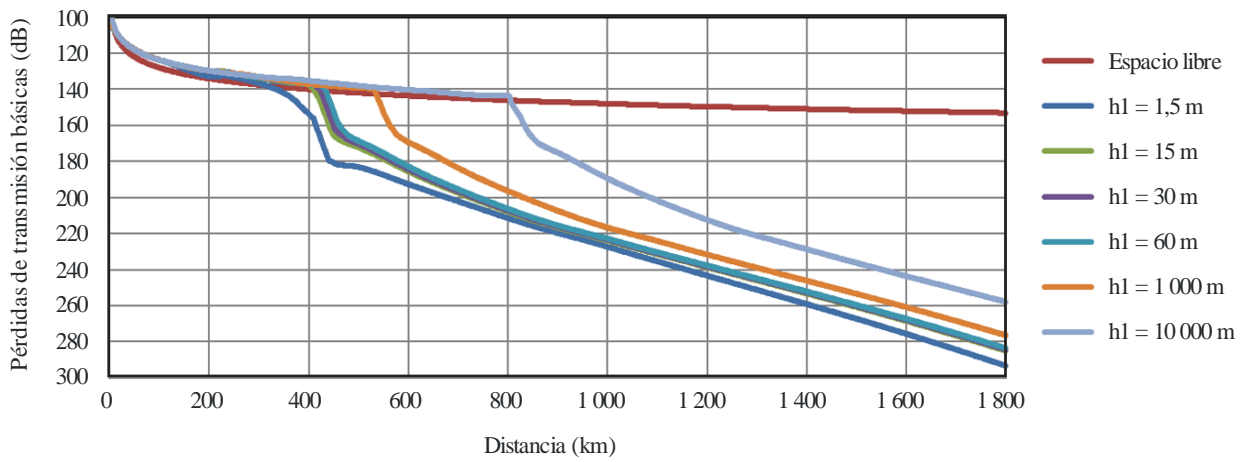
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 3-3

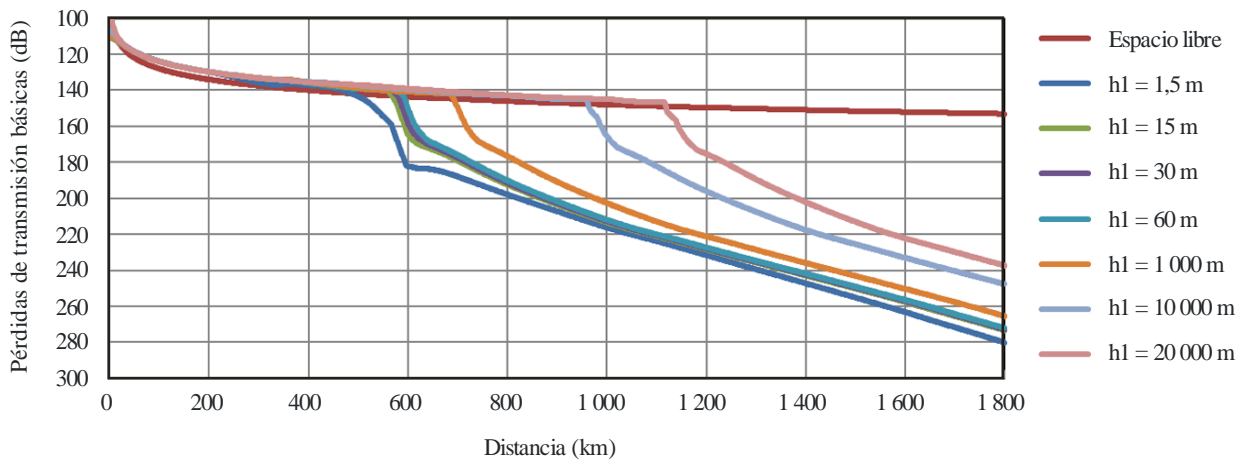
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 600 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



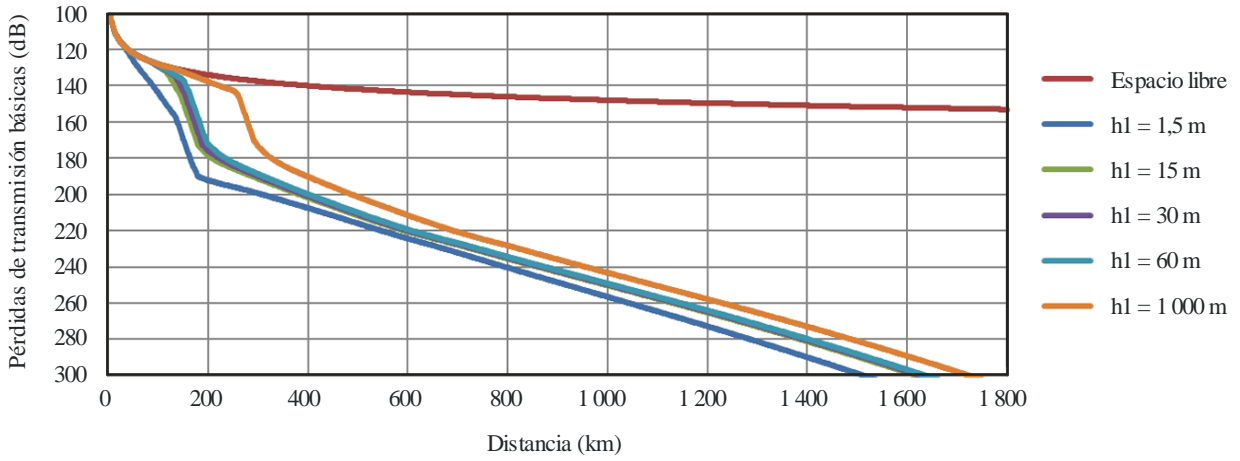
b) $h_2 = 10000$ m



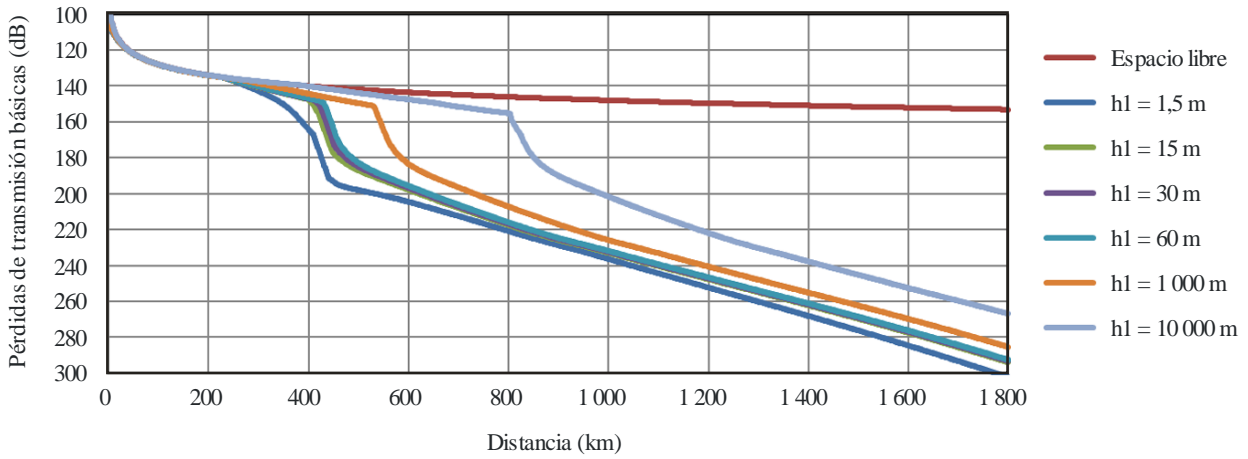
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 3-4

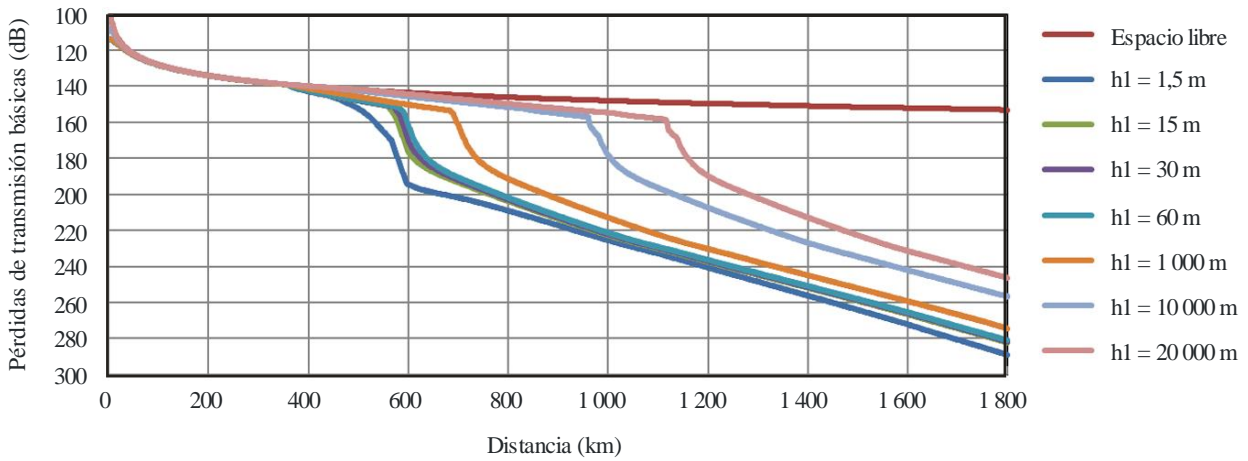
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 600 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



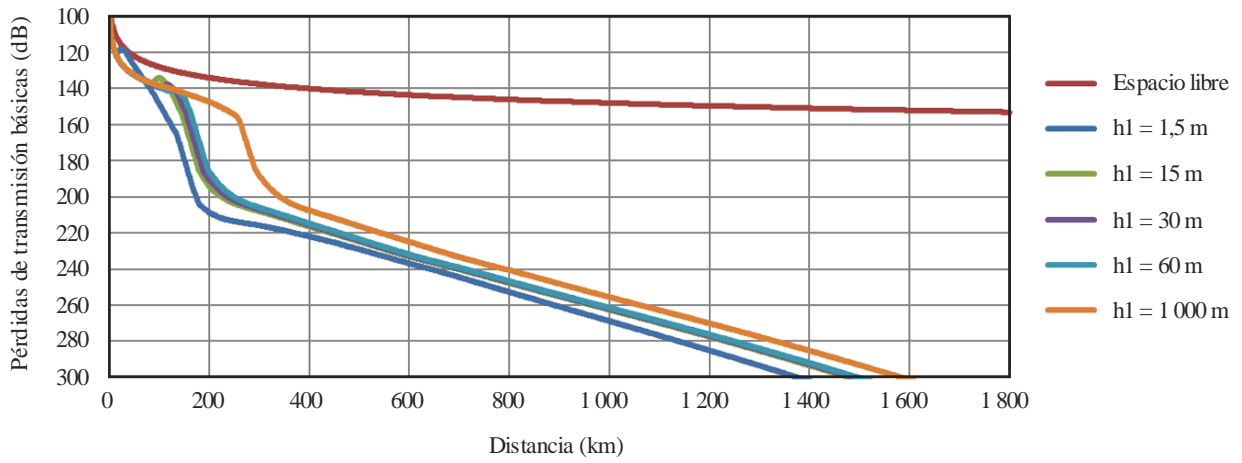
b) $h_2 = 10000$ m



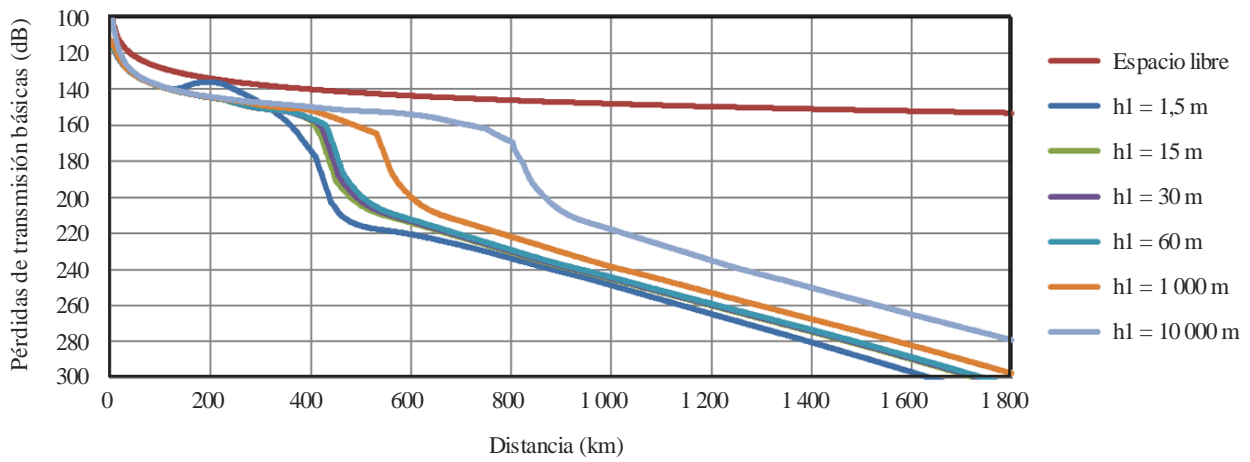
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 3-5

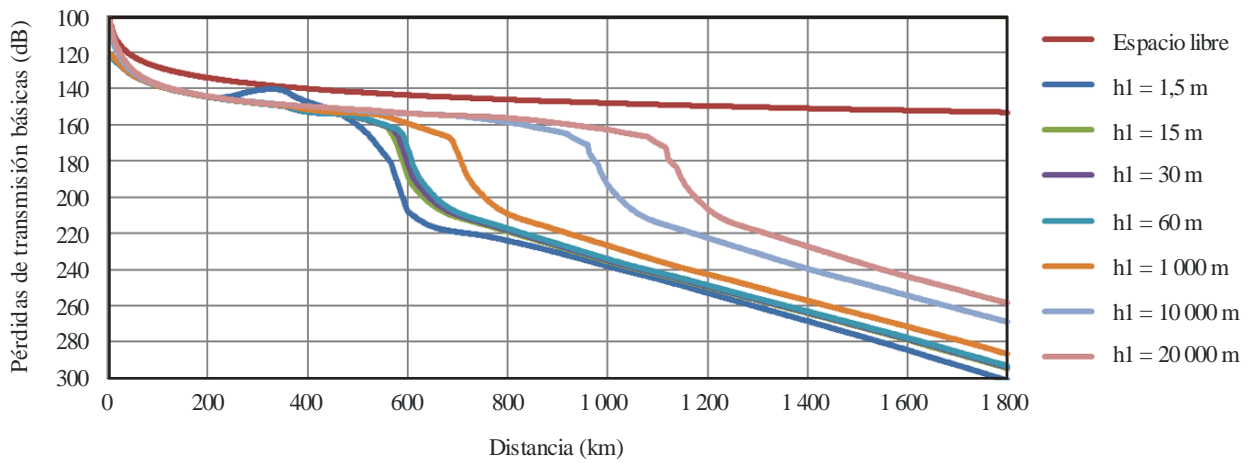
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 600 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



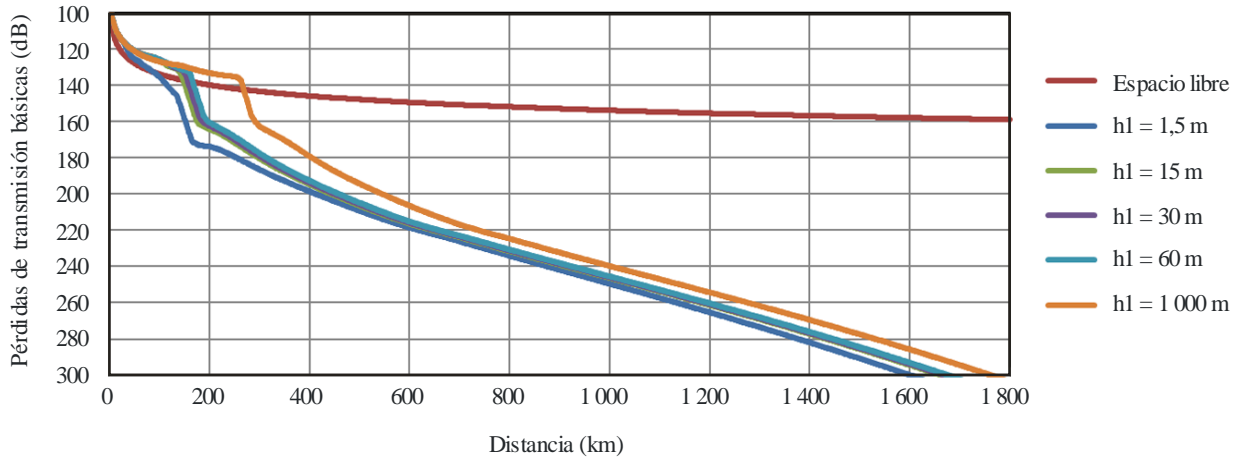
b) $h_2 = 10000$ m



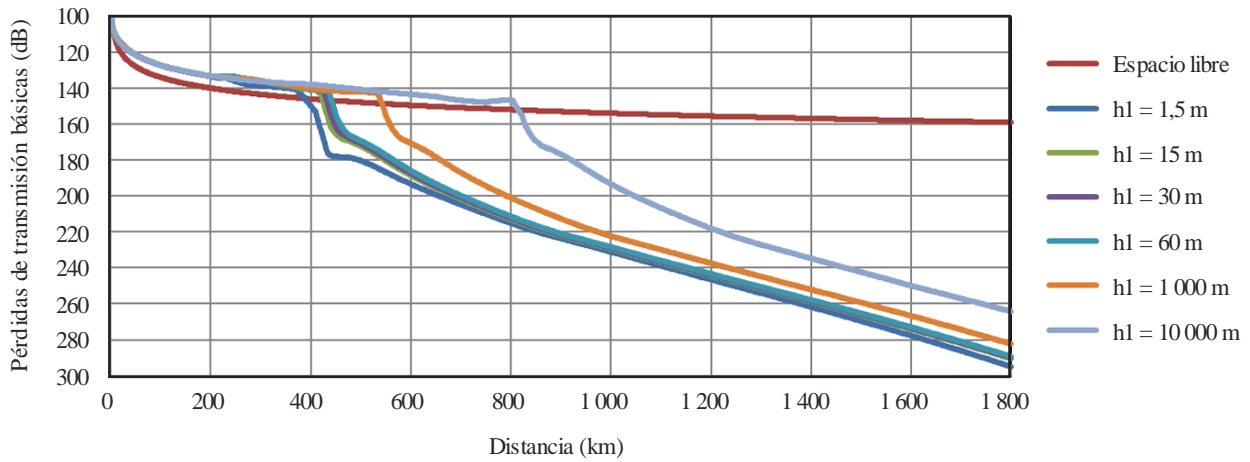
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 4-1

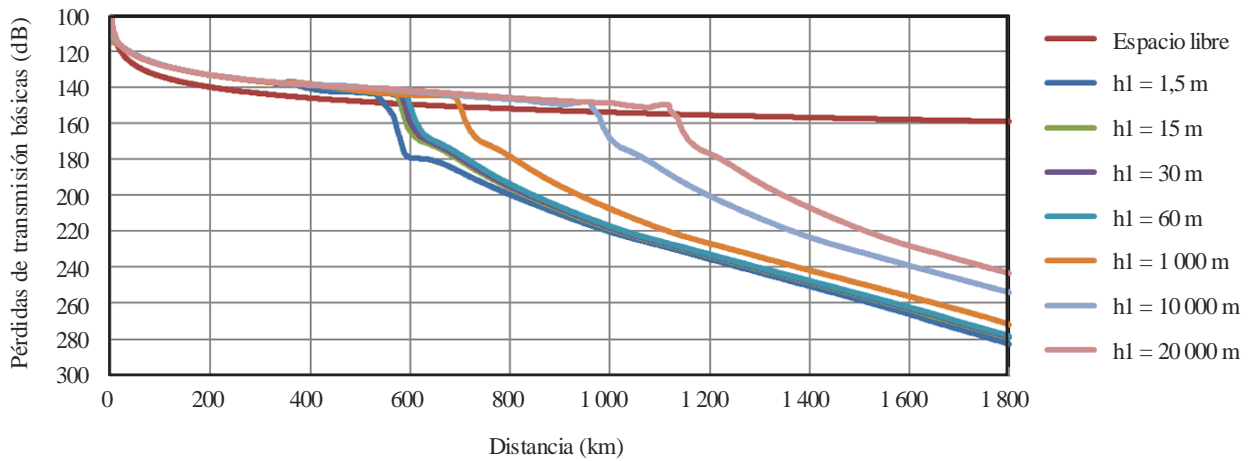
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 1 200 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



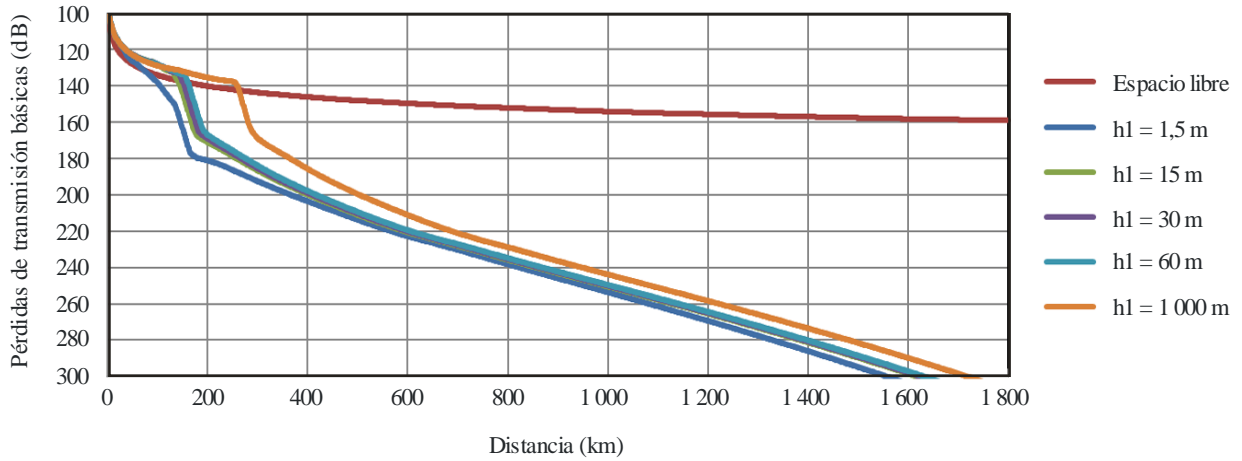
b) $h_2 = 10000$ m



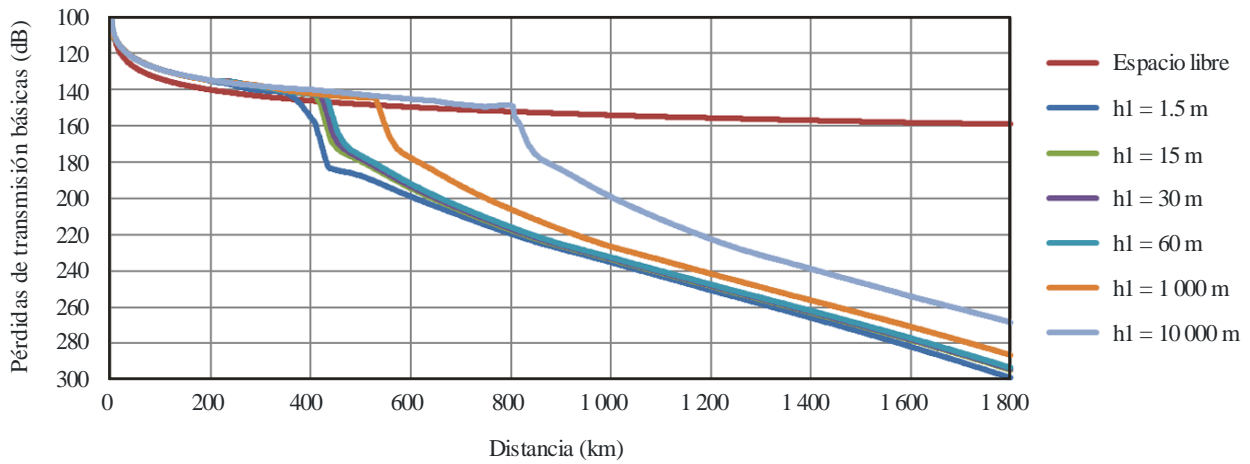
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 4-2

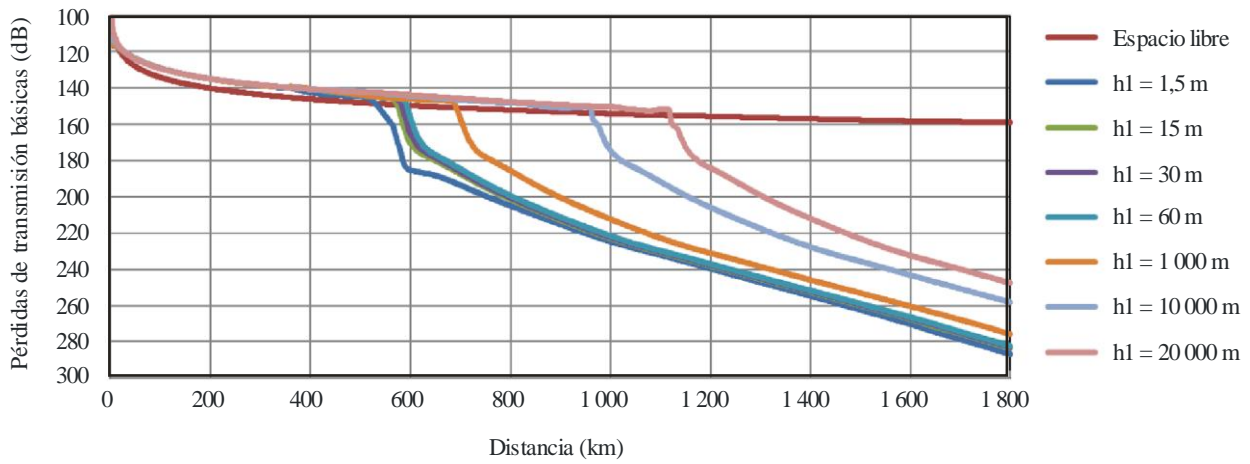
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 1 200 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



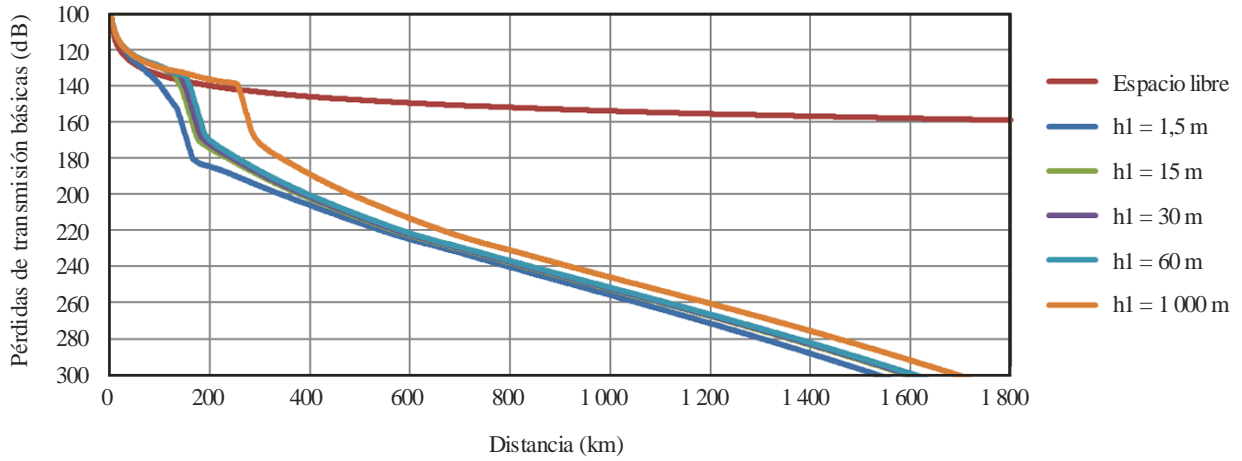
b) $h_2 = 10000$ m



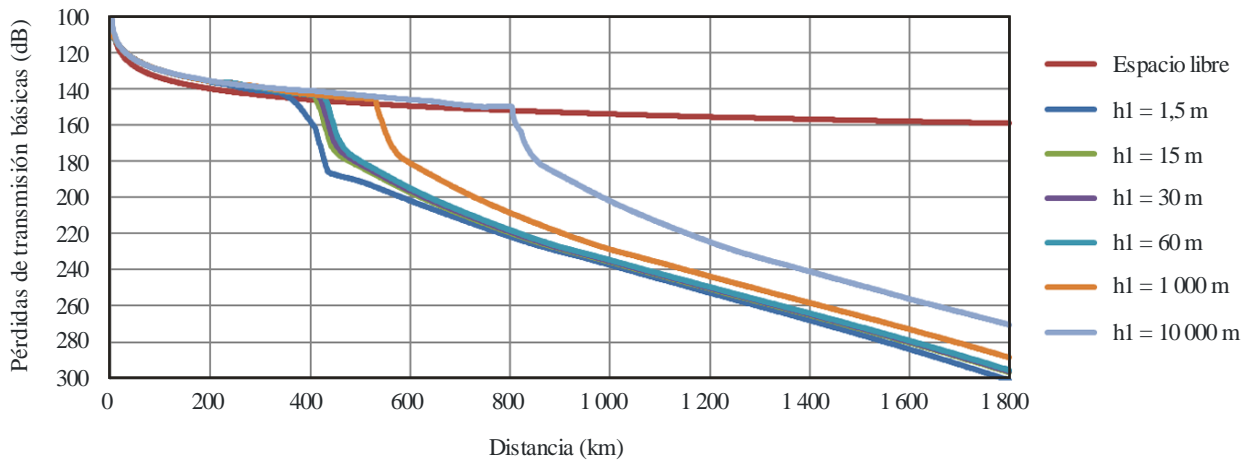
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 4-3

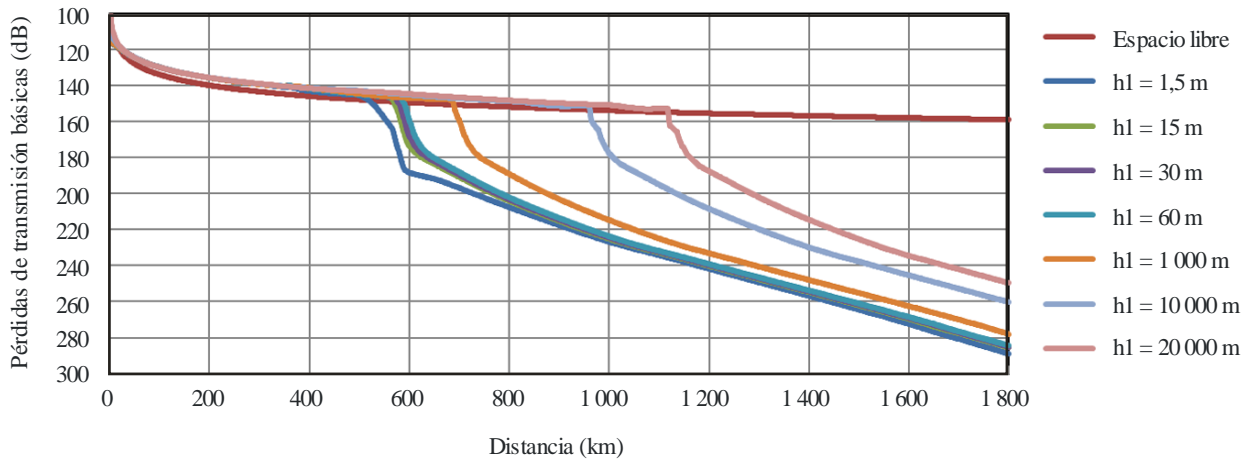
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 1 200 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



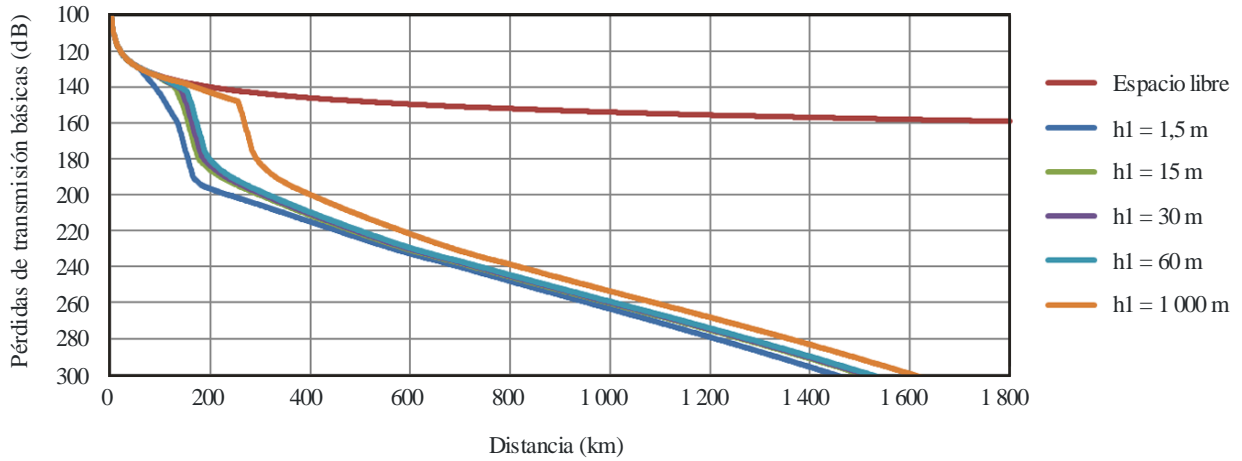
b) $h_2 = 10000$ m



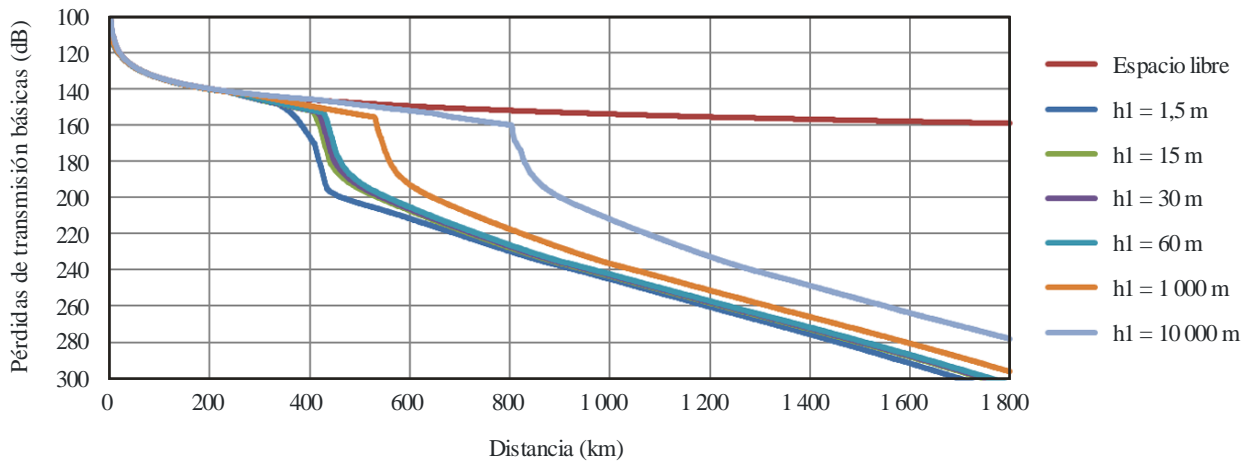
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 4-4

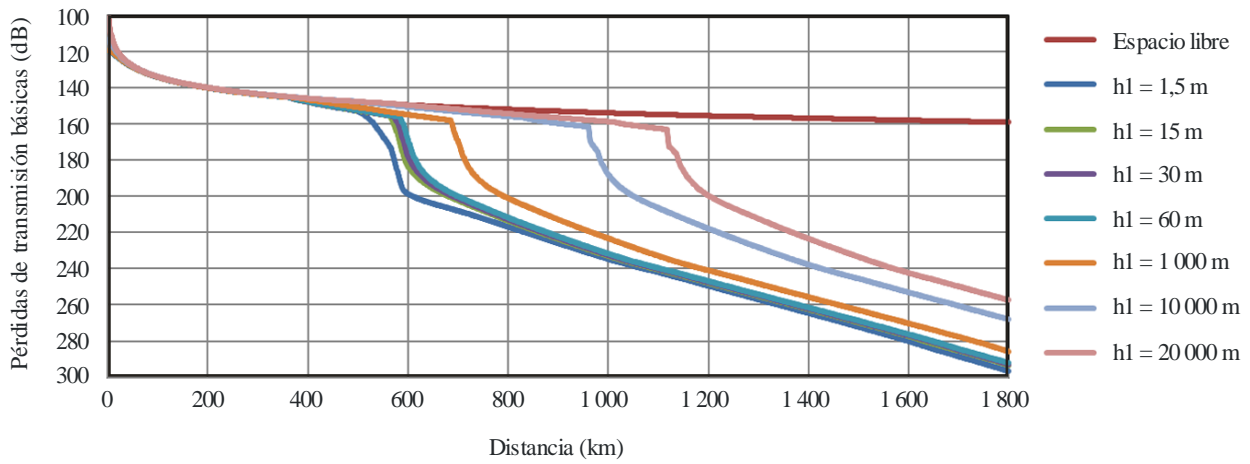
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 1 200 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



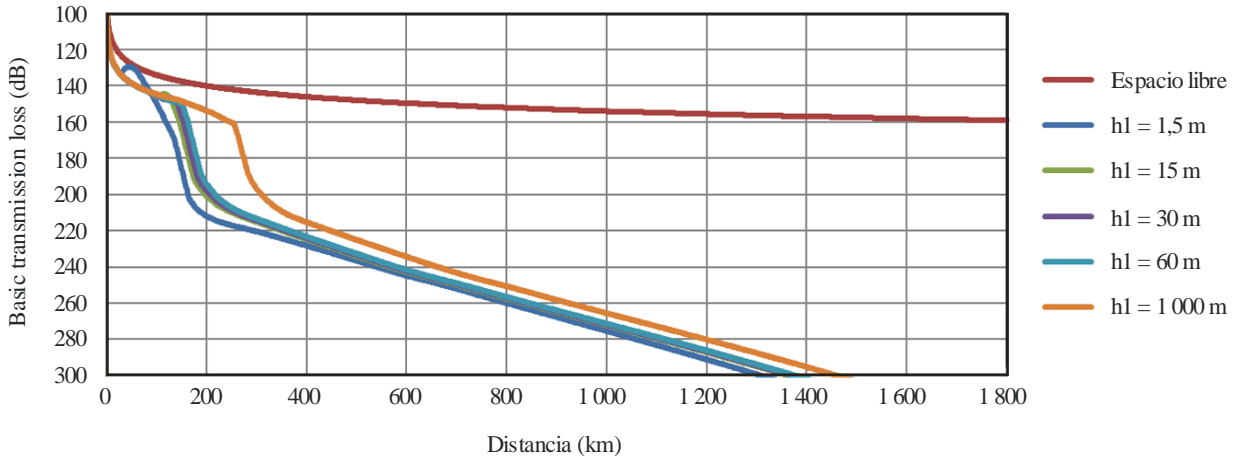
b) $h_2 = 10000$ m



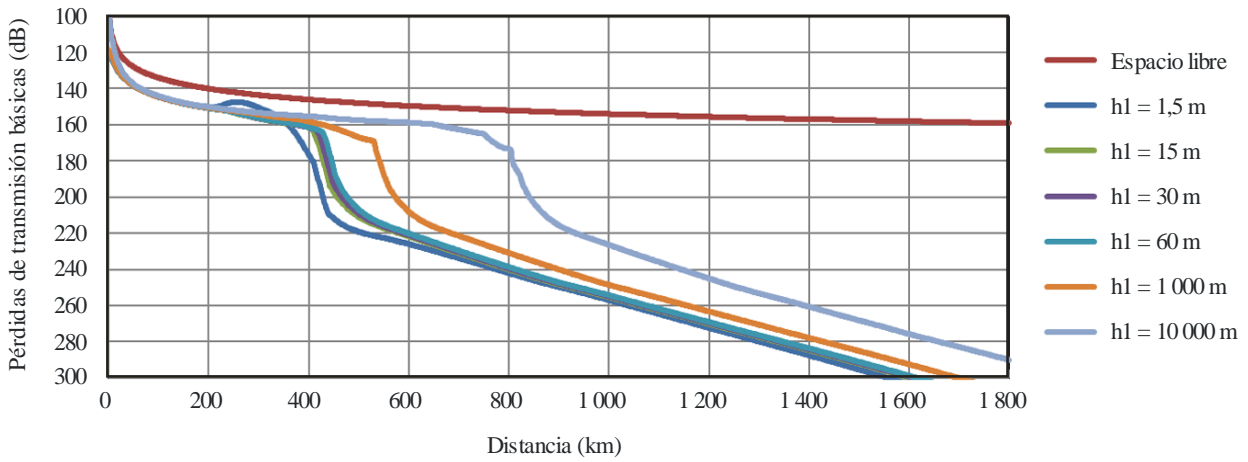
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 4-5

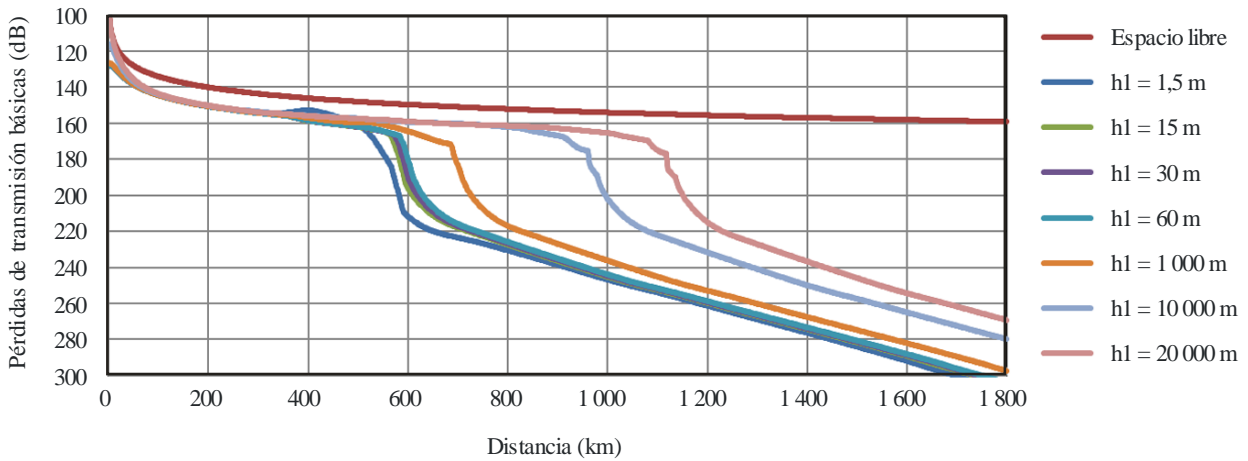
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 1 200 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



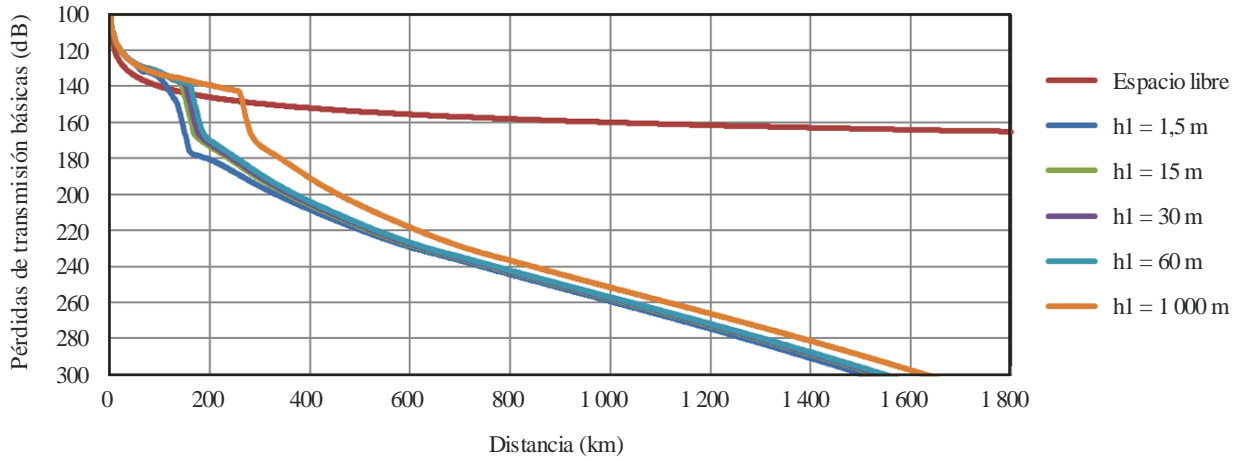
b) $h_2 = 10000$ m



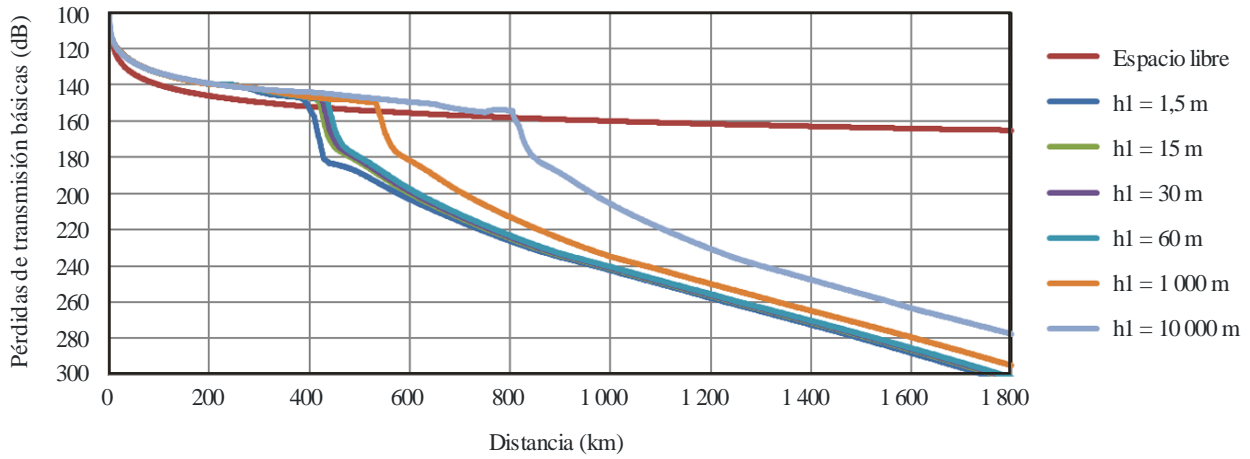
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 5-1

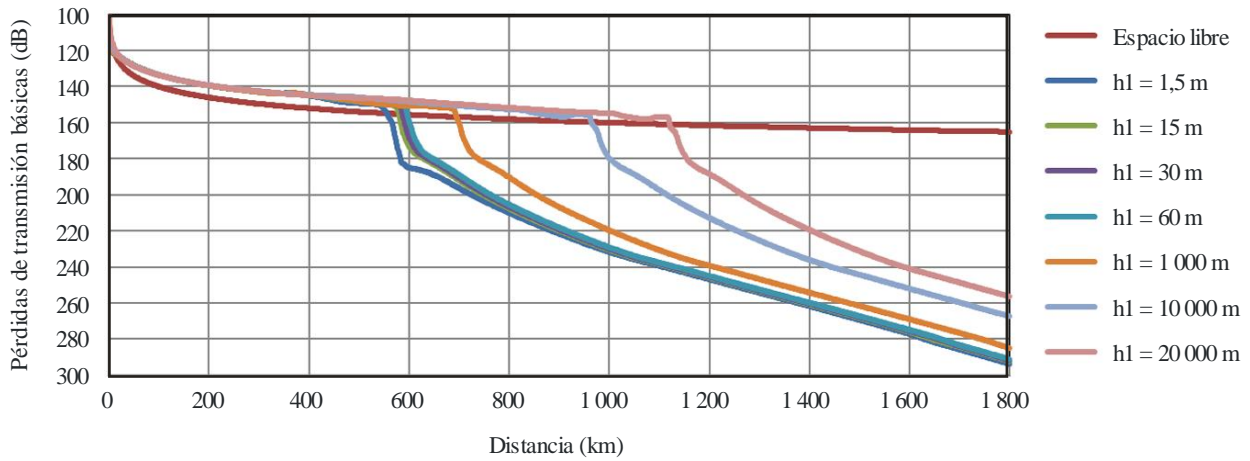
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 2 400 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



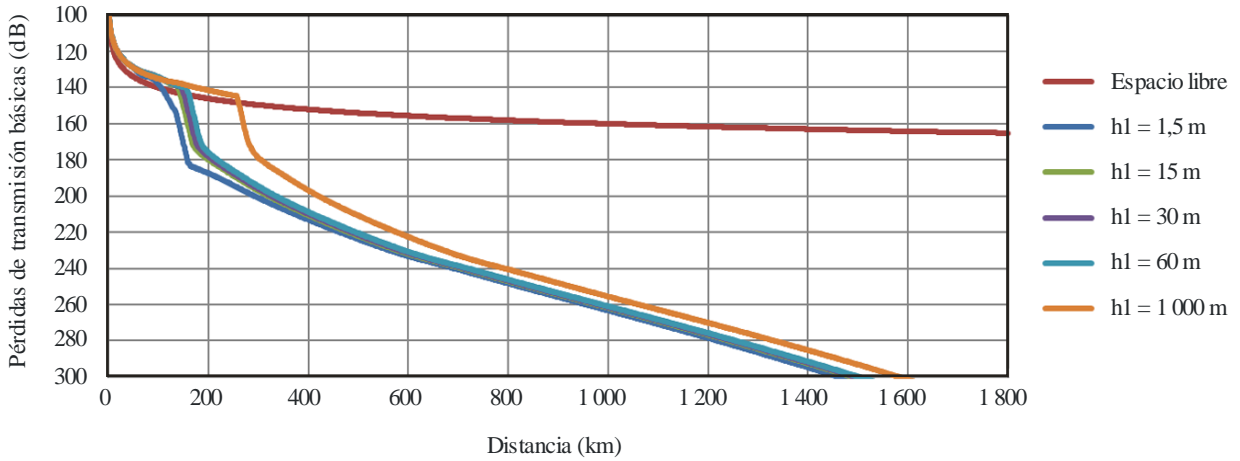
b) $h_2 = 10000$ m



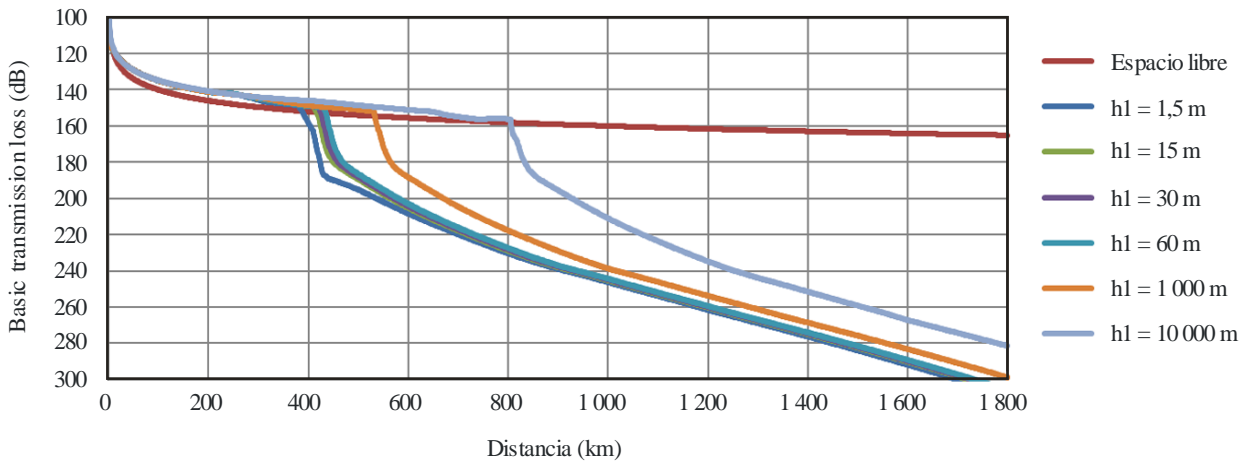
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 5-2

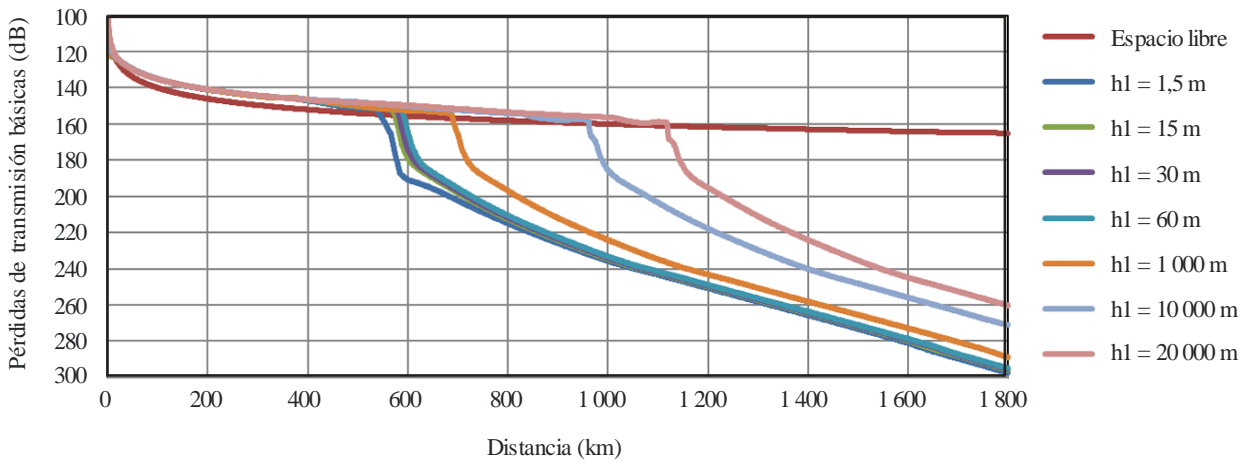
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 2 400 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



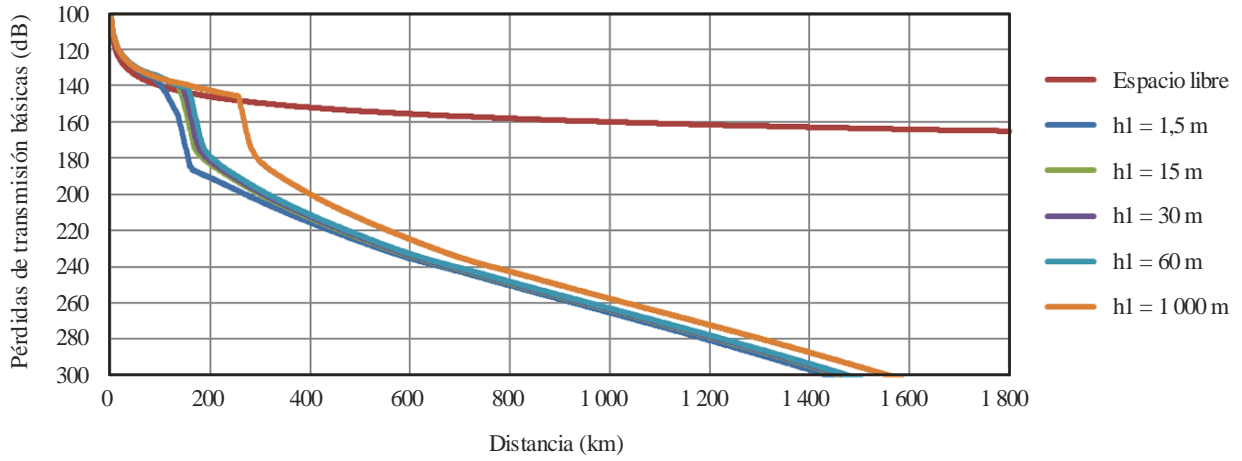
b) $h_2 = 10000$ m



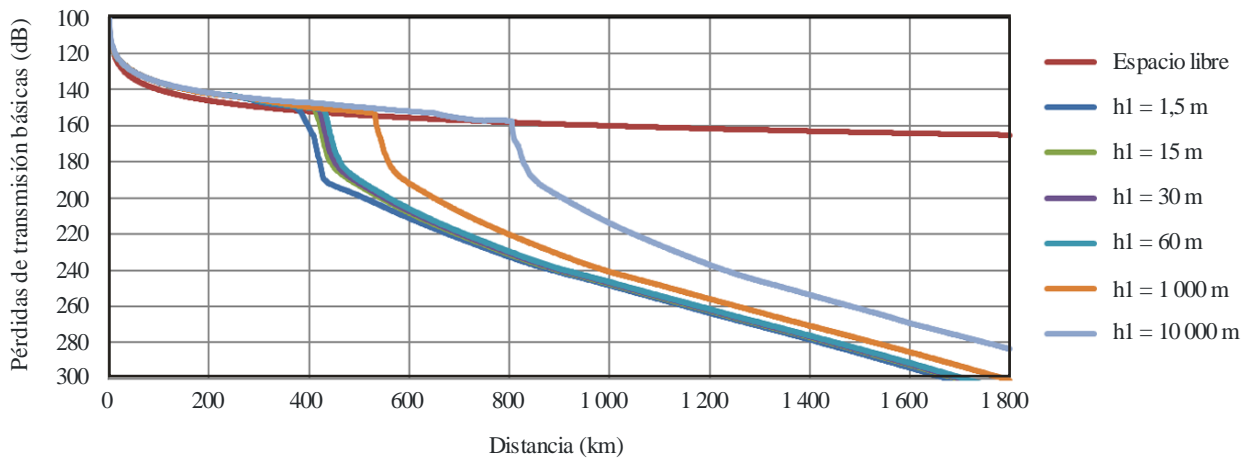
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 5-3

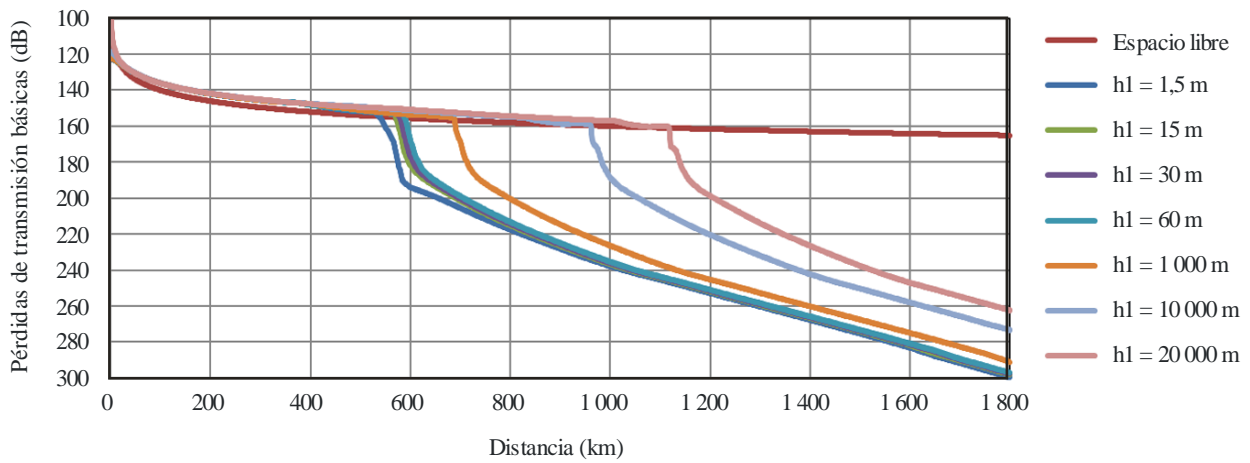
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 2 400 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



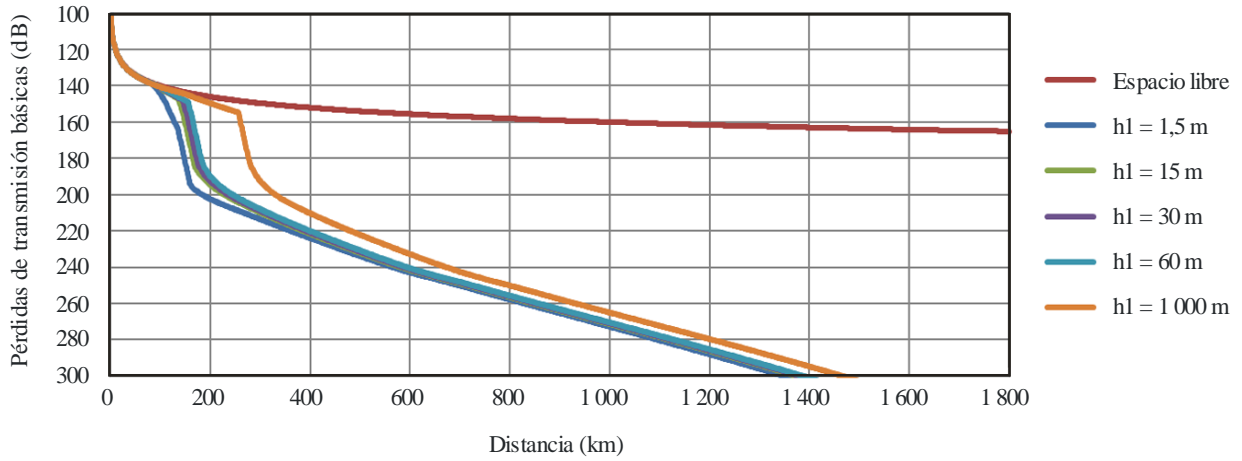
b) $h_2 = 10000$ m



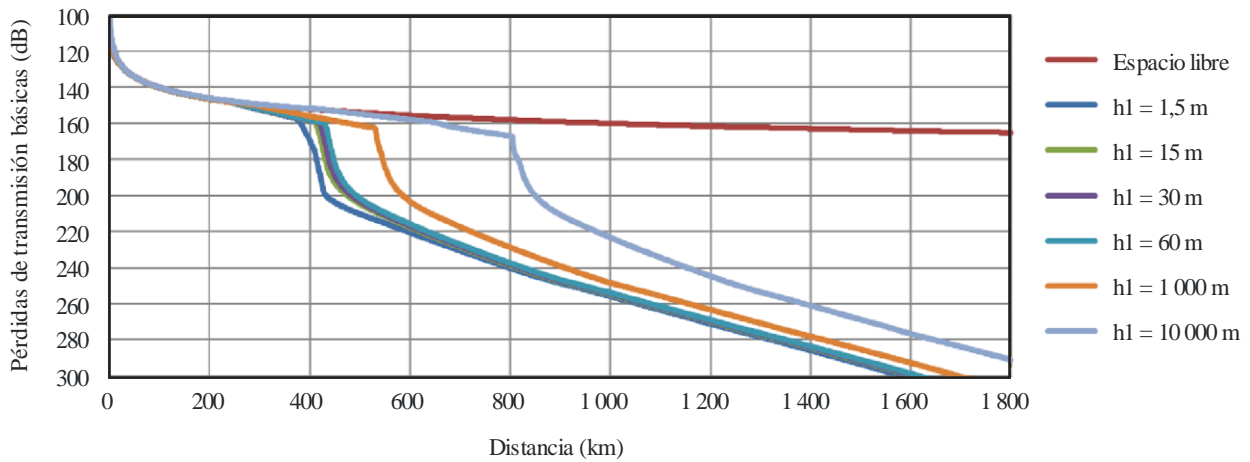
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 5-4

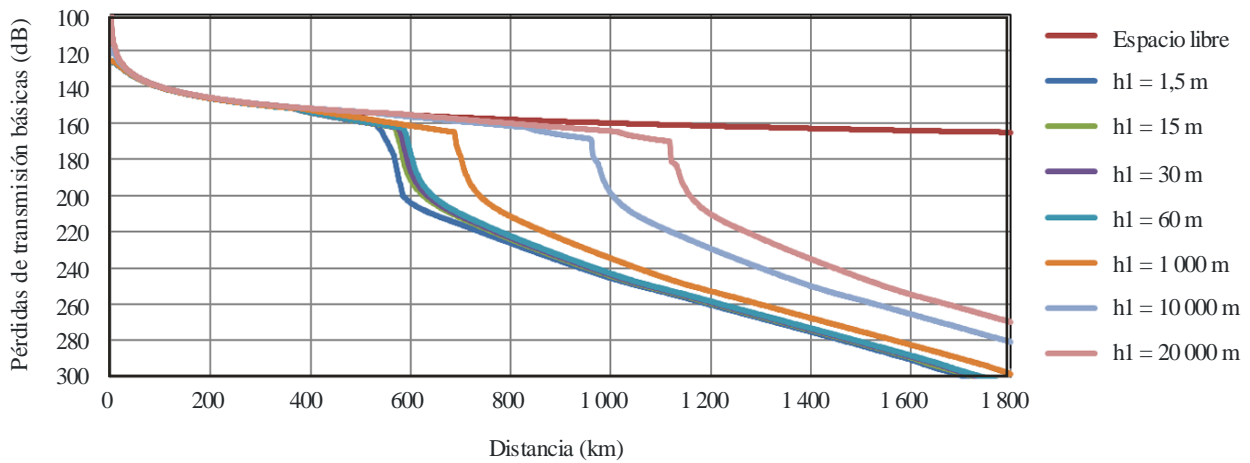
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 2 400 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



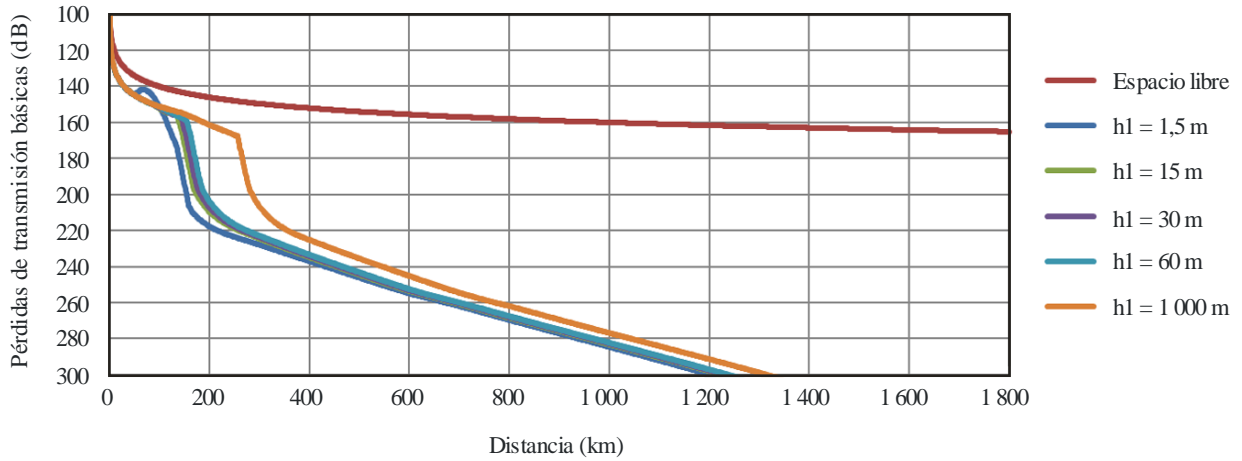
b) $h_2 = 10000$ m



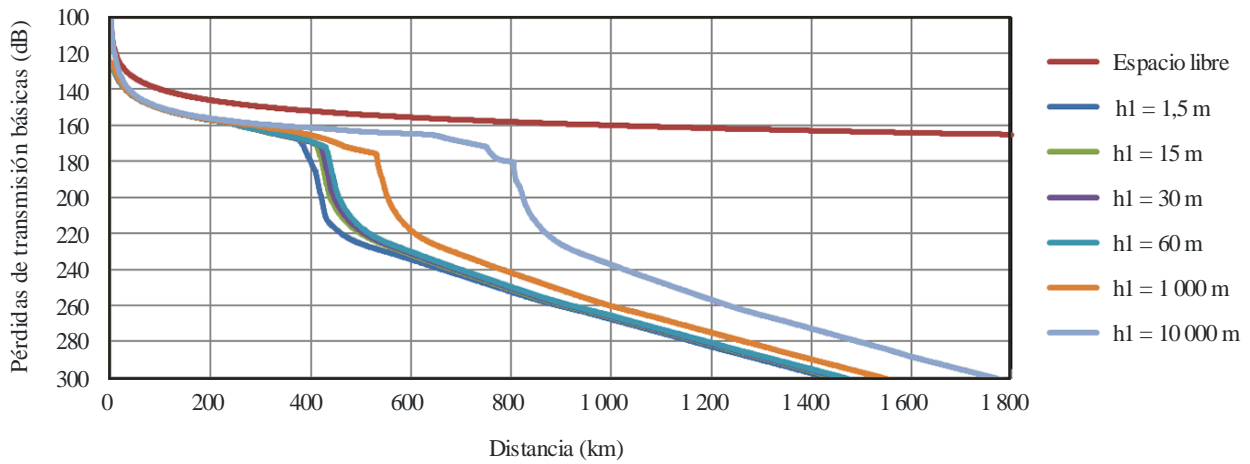
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 5-5

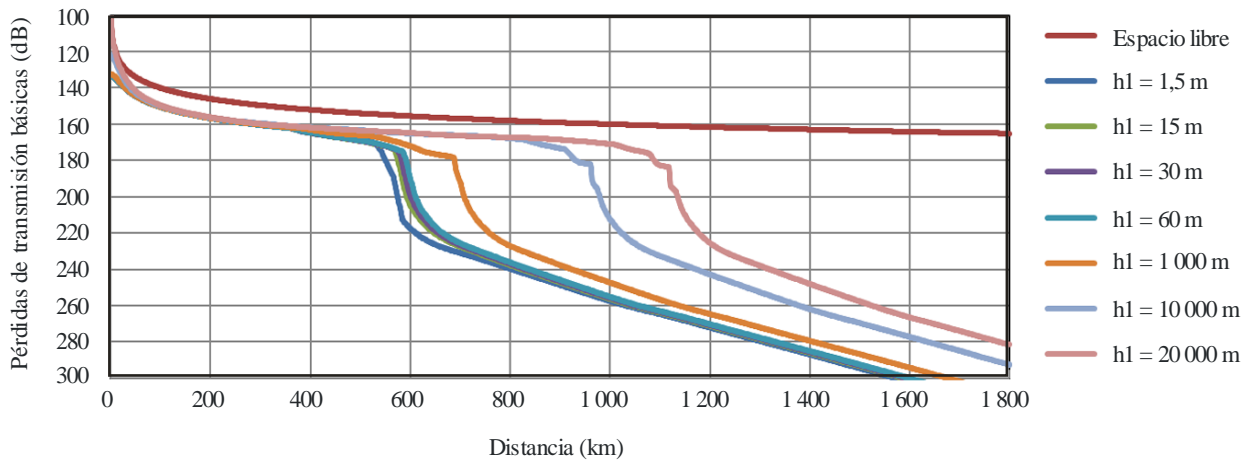
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 2 400 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



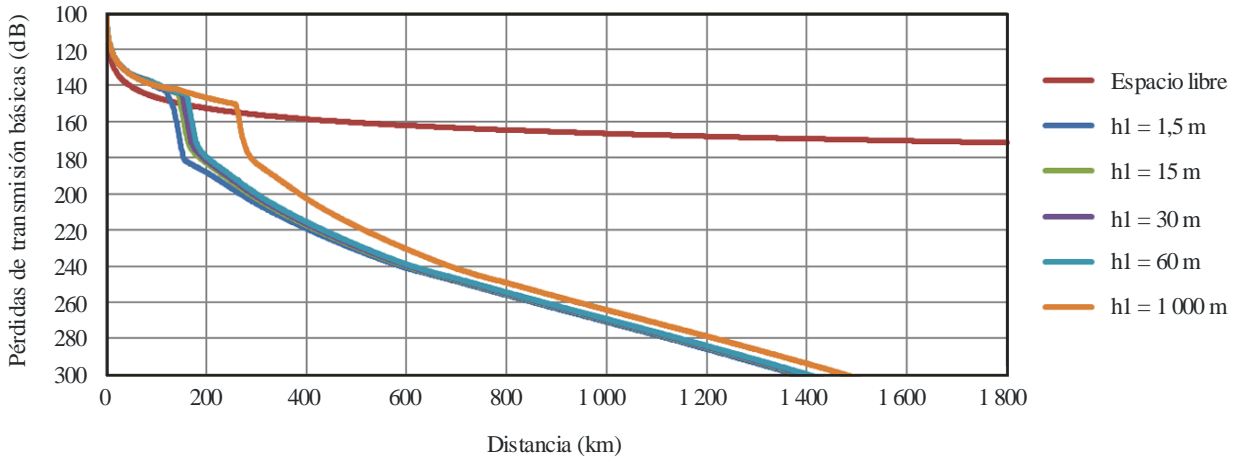
b) $h_2 = 10000$ m



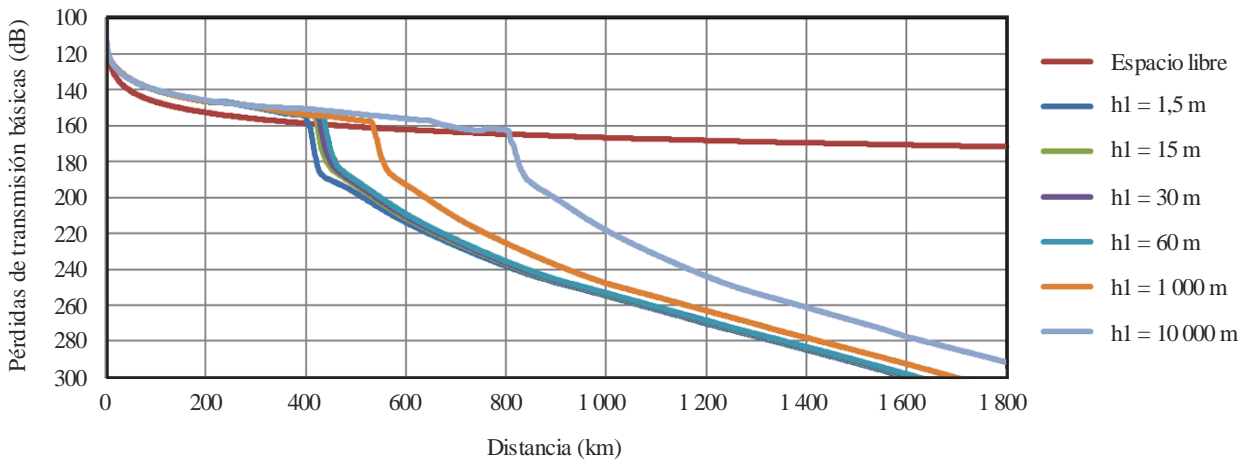
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 6-1

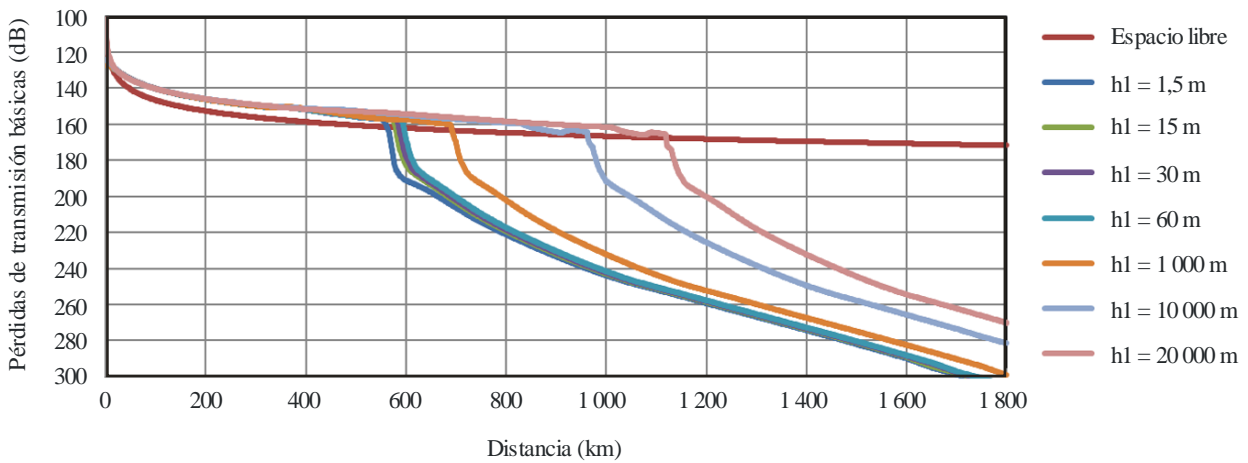
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 5 100 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



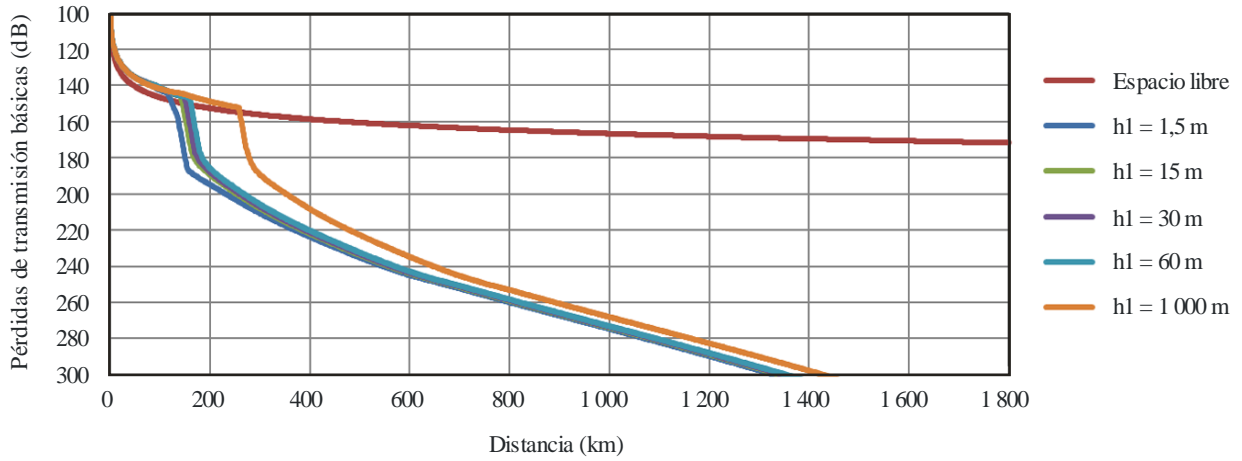
b) $h_2 = 10000$ m



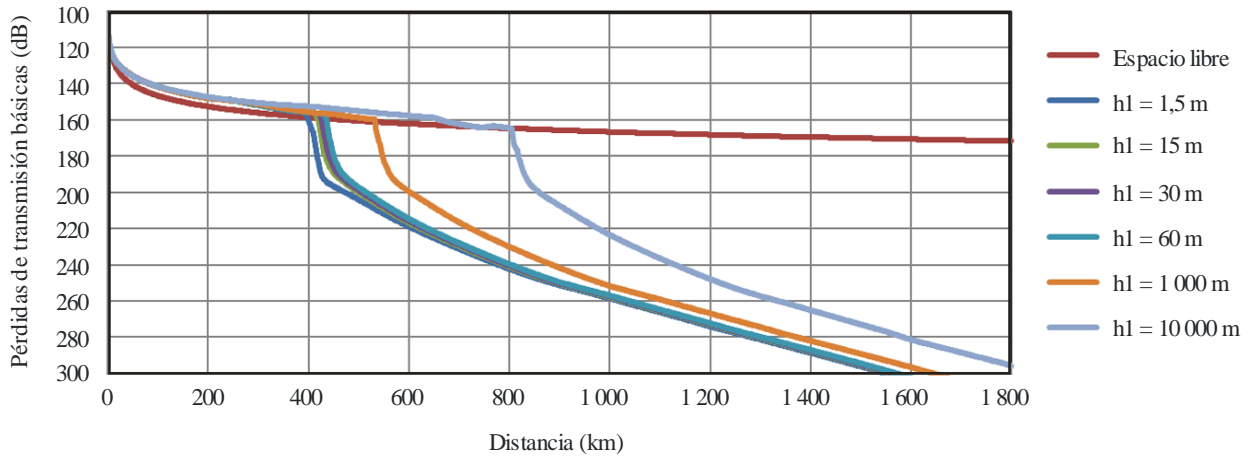
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 6-2

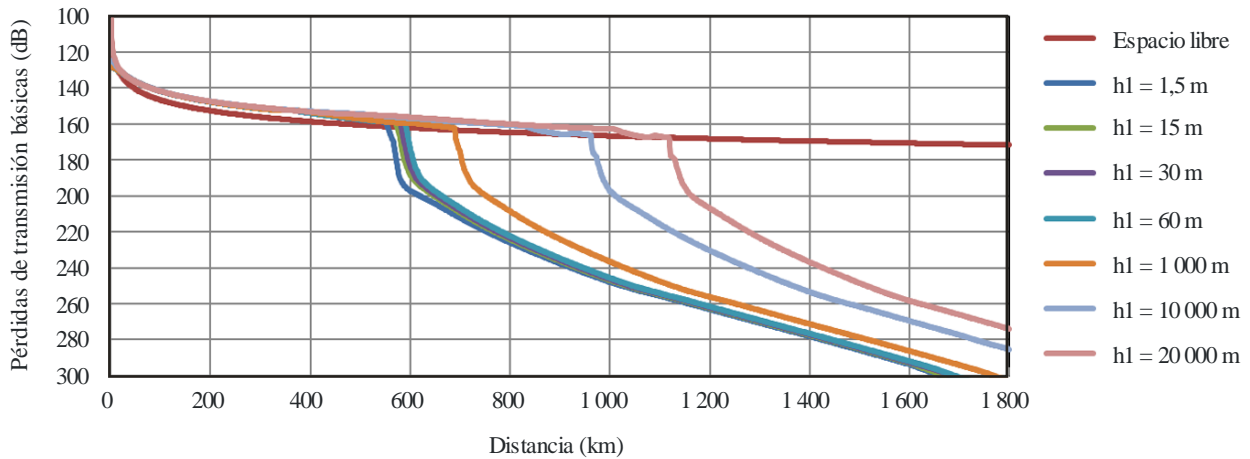
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 5 100 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



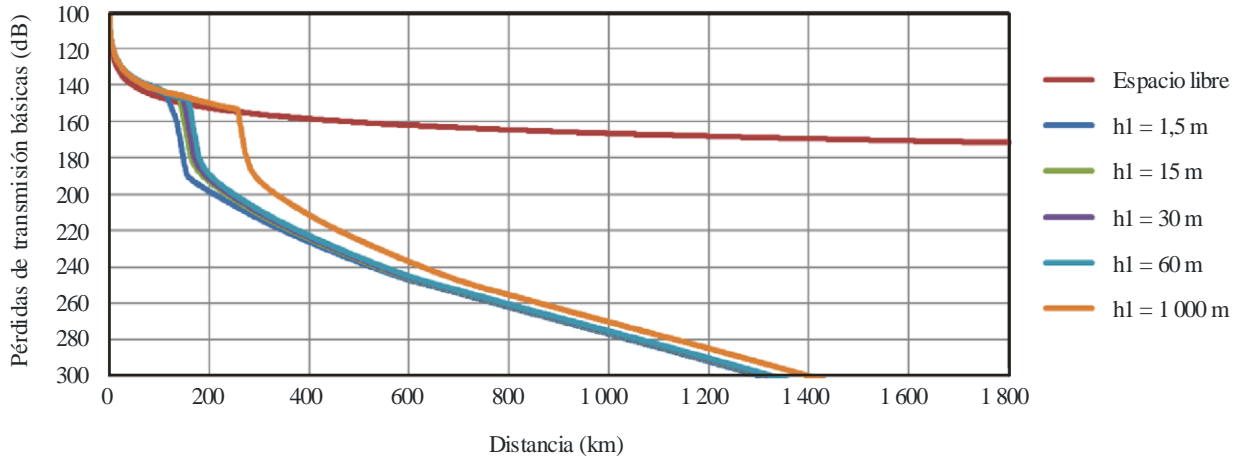
b) $h_2 = 10000$ m



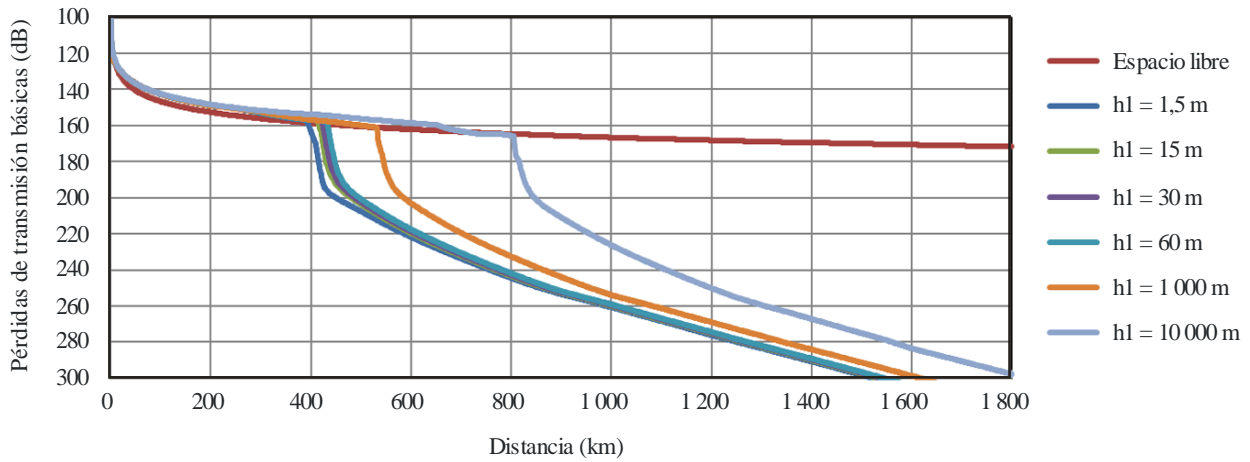
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 6-3

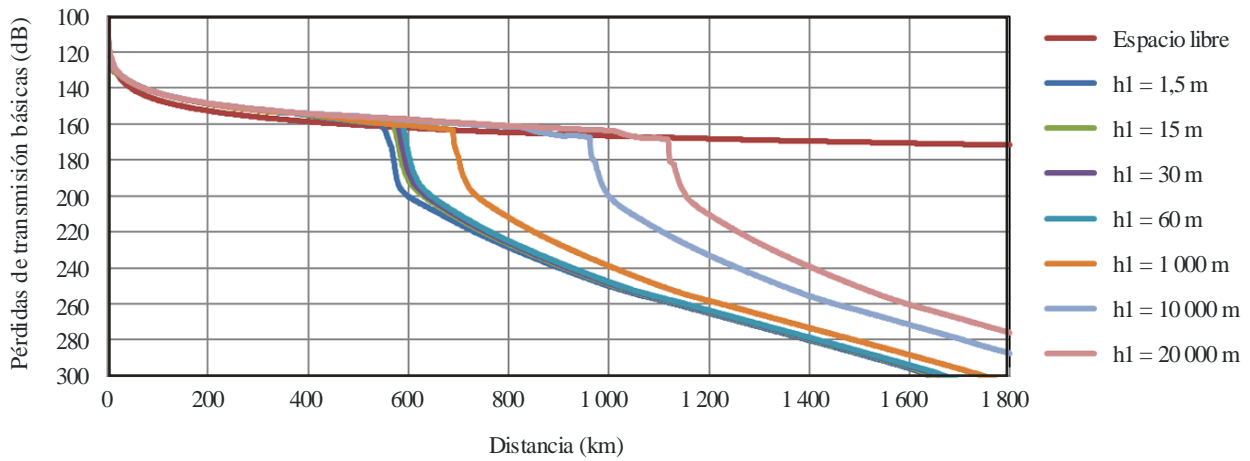
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 5 100 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



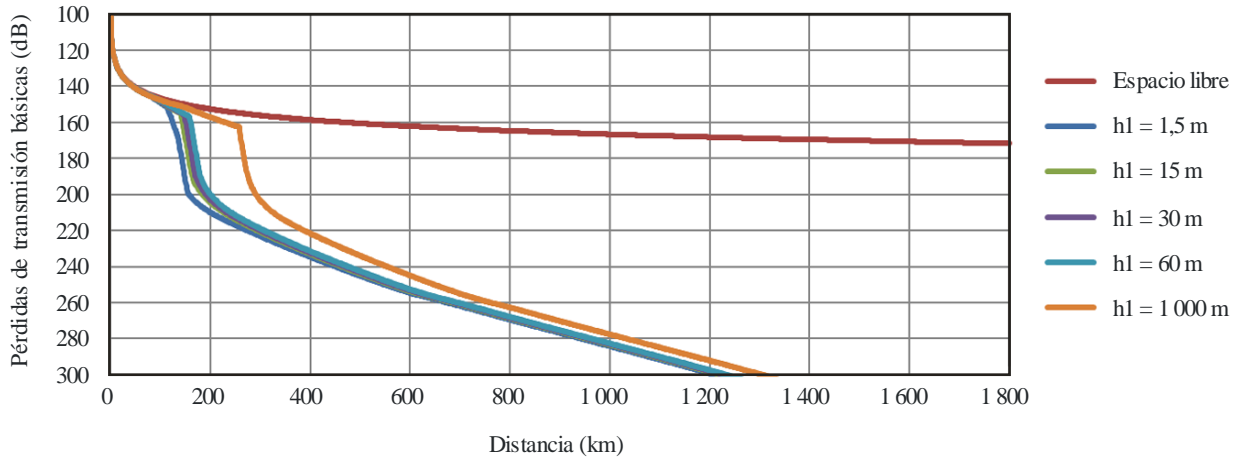
b) $h_2 = 10000$ m



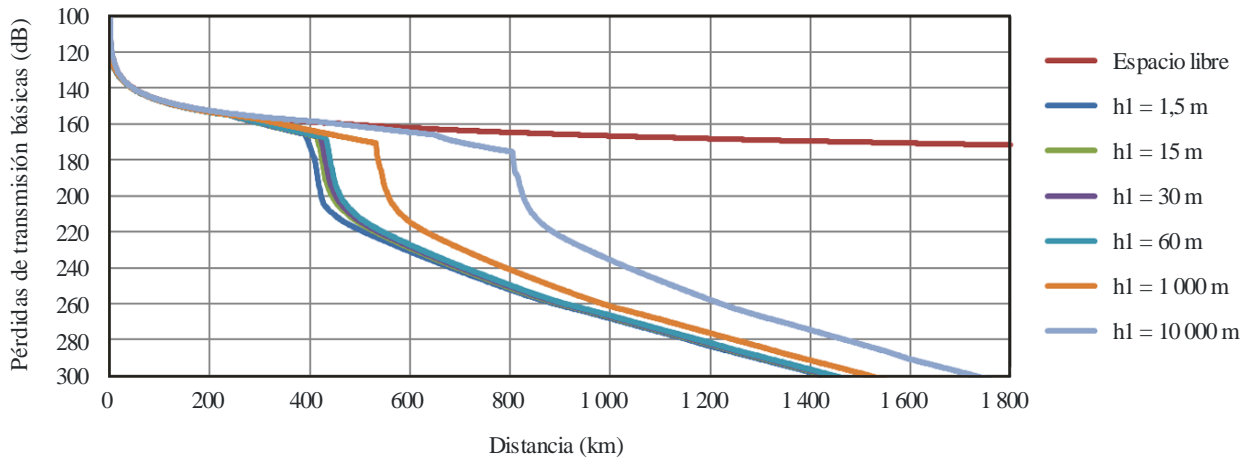
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 6-4

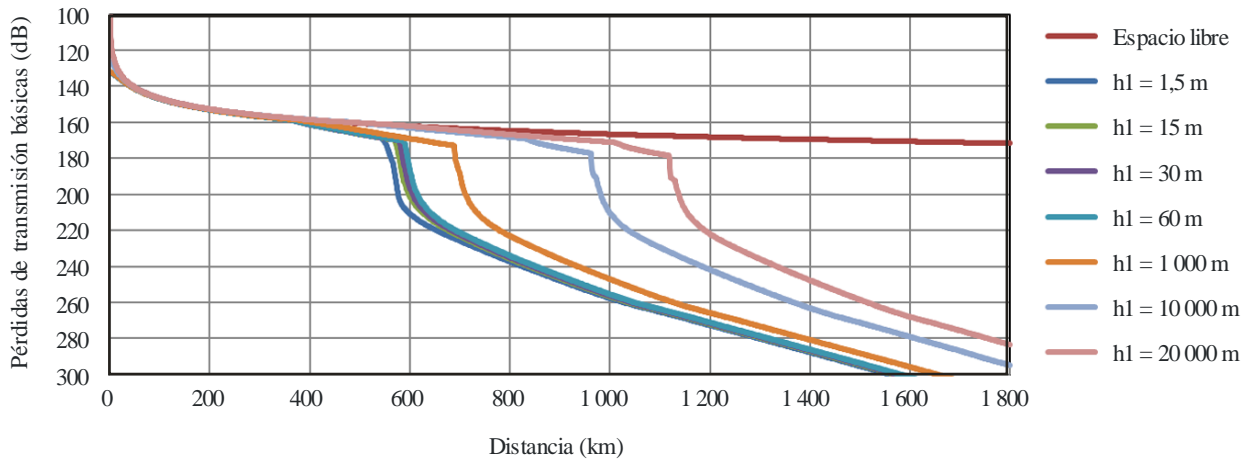
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 5 100 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



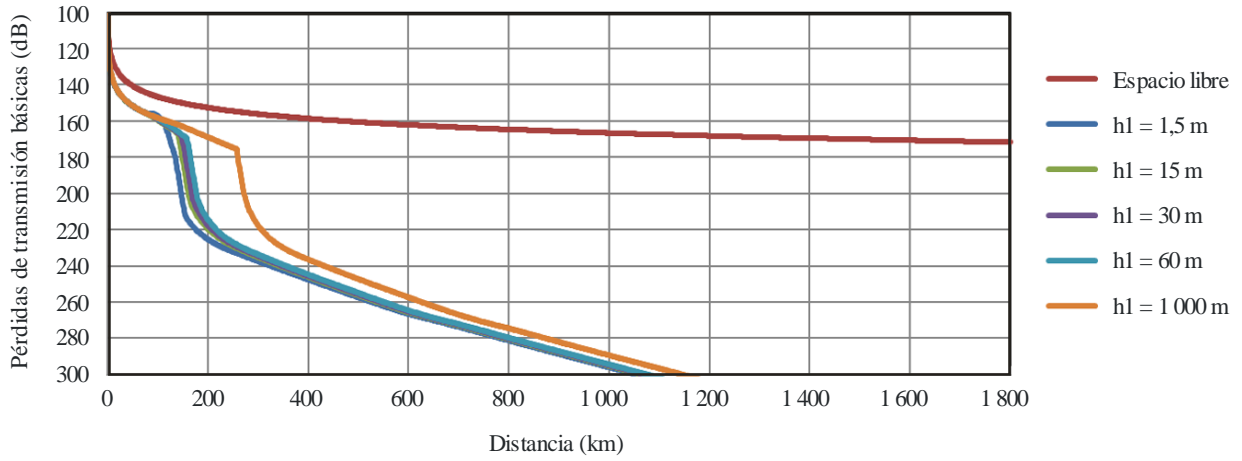
b) $h_2 = 10000$ m



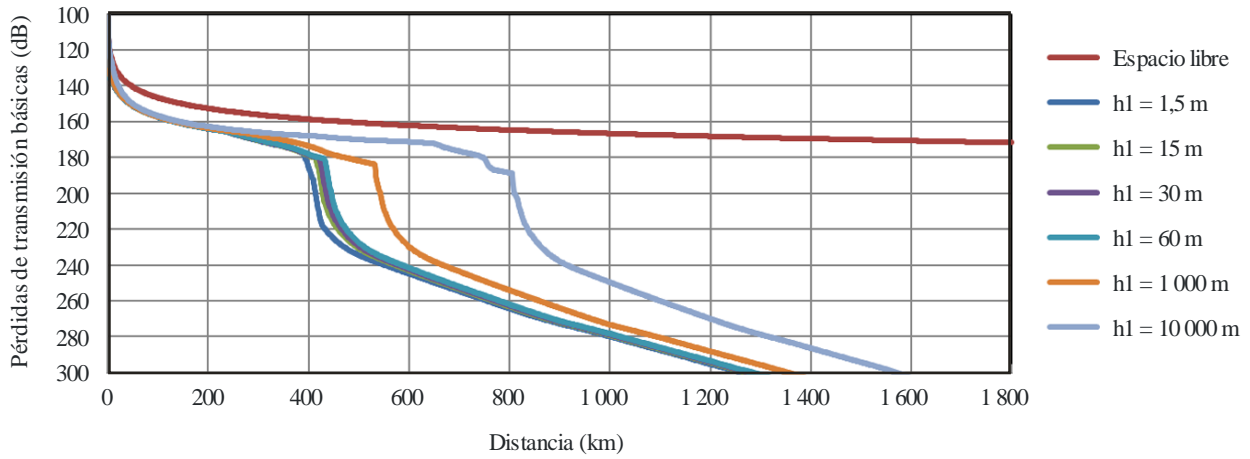
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 6-5

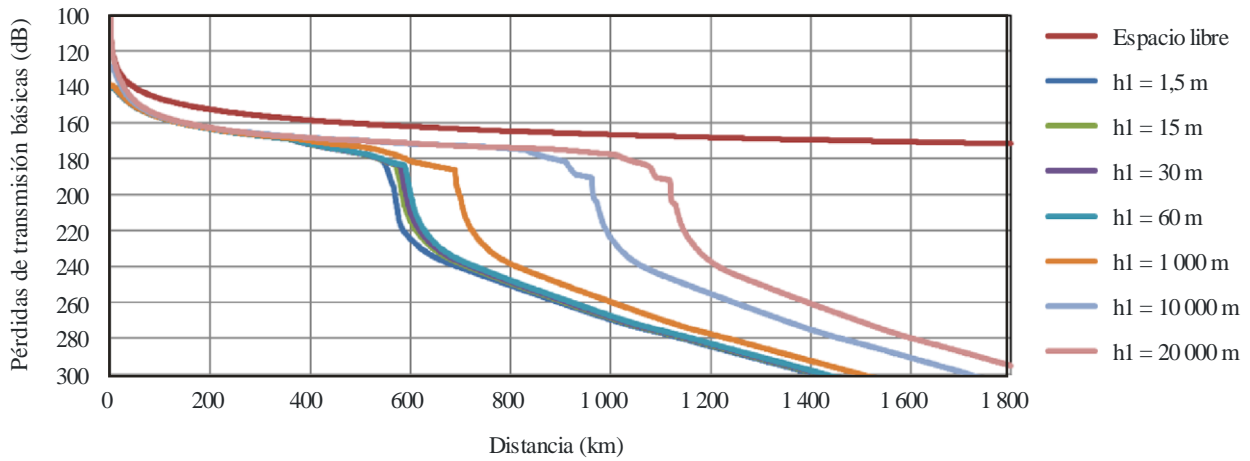
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 5 100 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



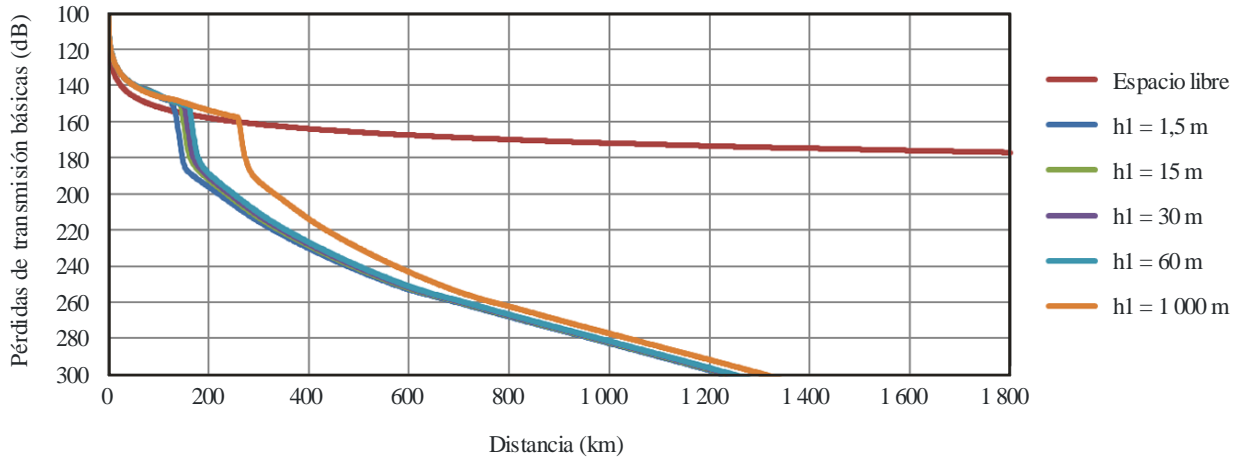
b) $h_2 = 10000$ m



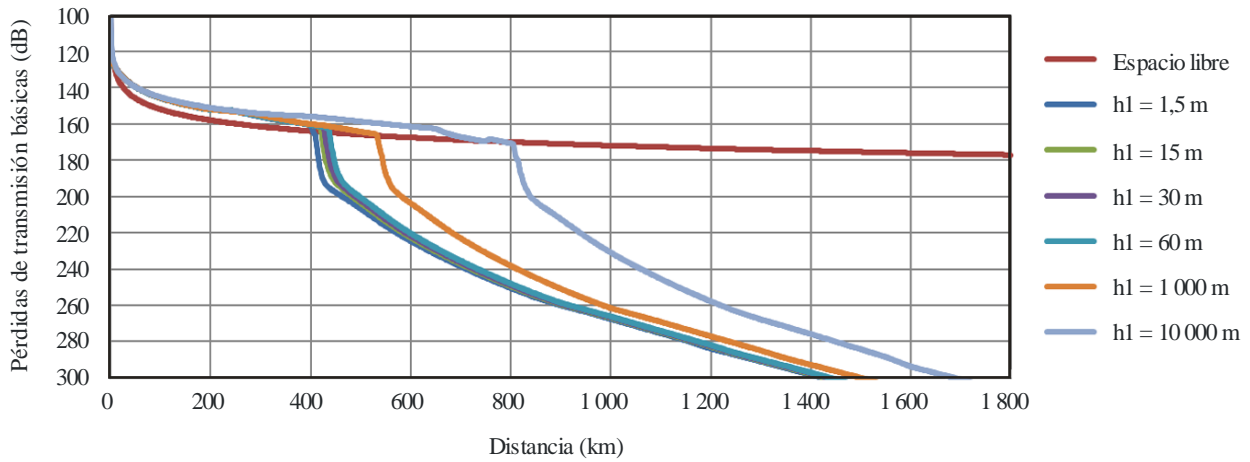
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 7-1

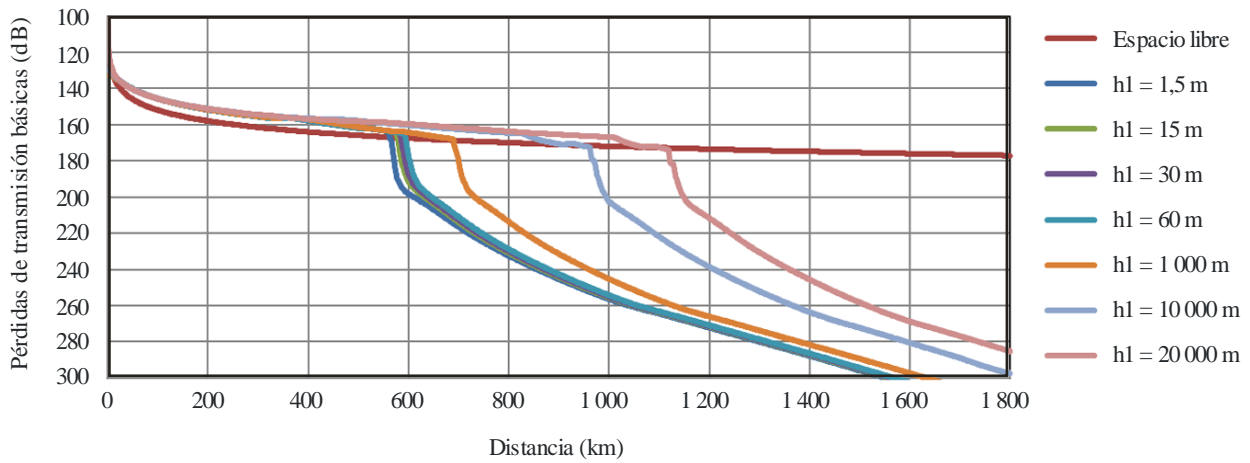
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 9 400 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



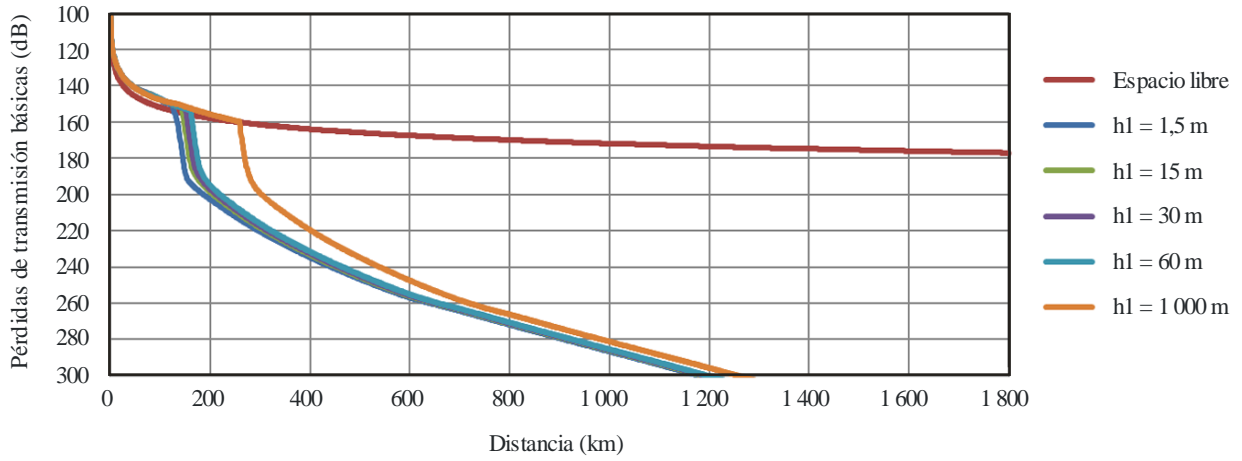
b) $h_2 = 10000$ m



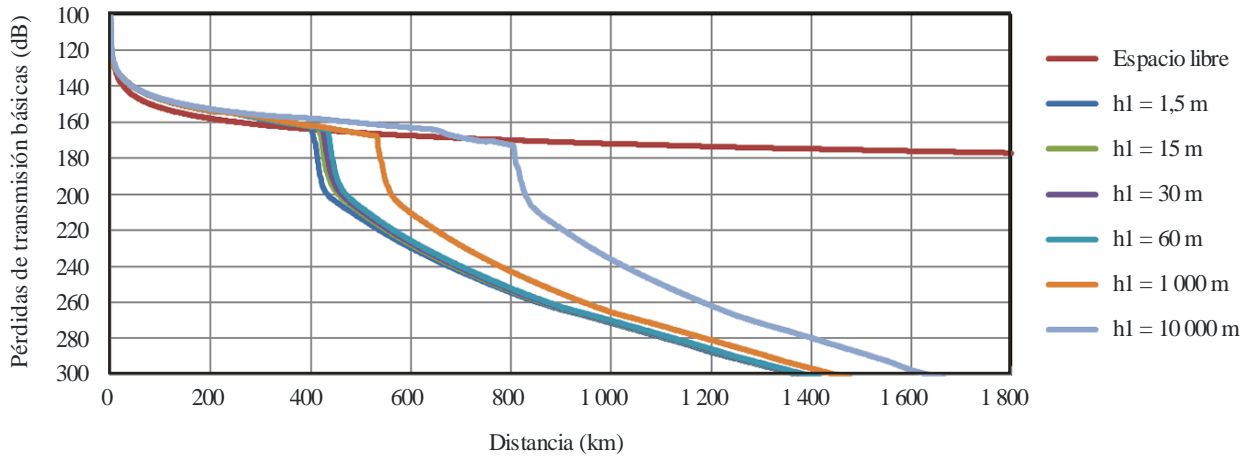
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 7-2

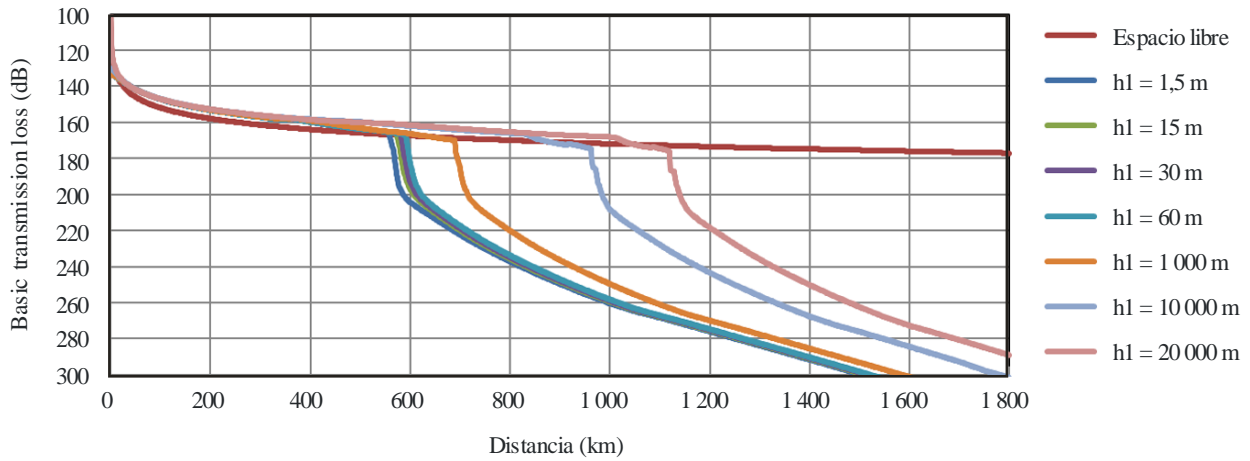
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 9 400 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



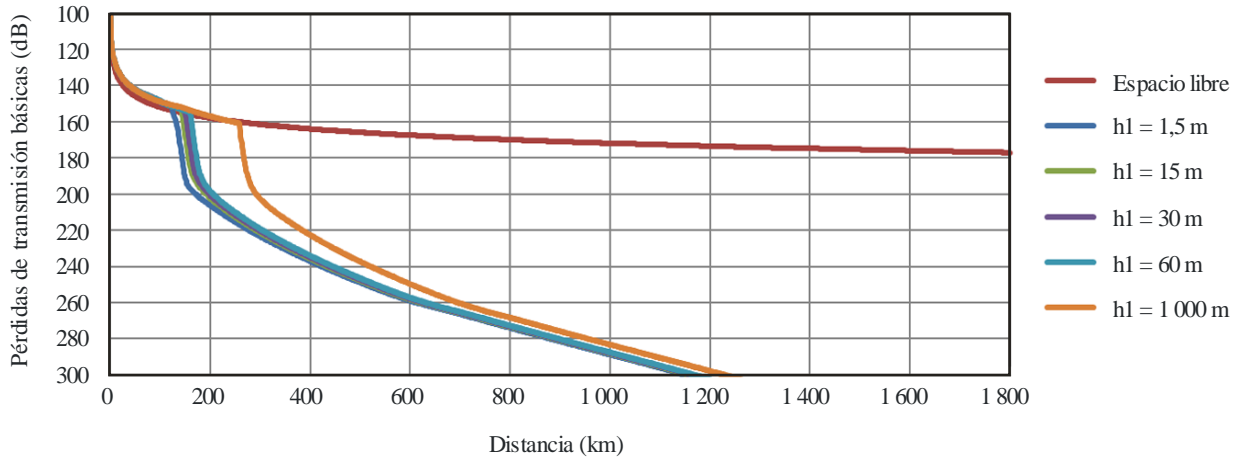
b) $h_2 = 10000$ m



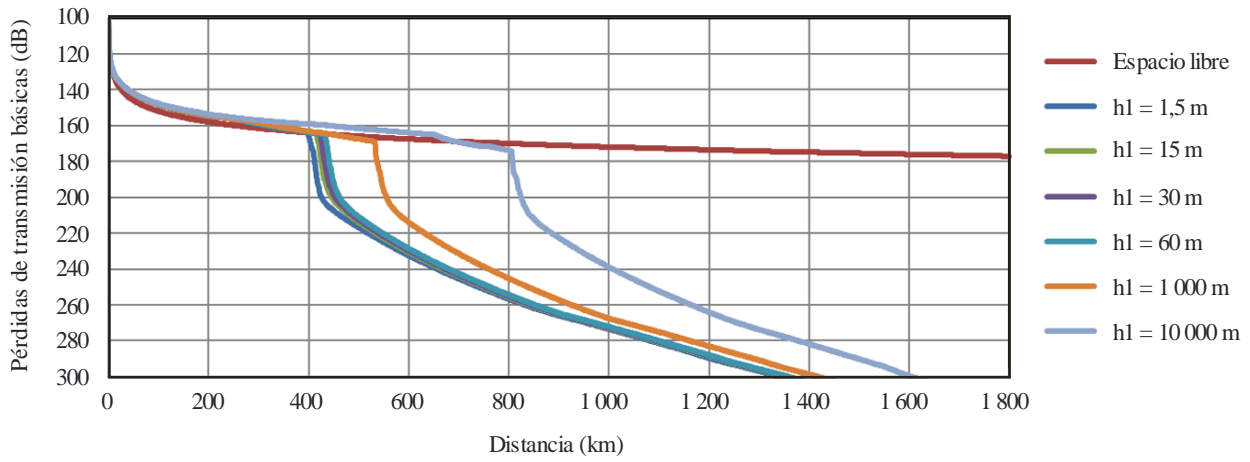
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 7-3

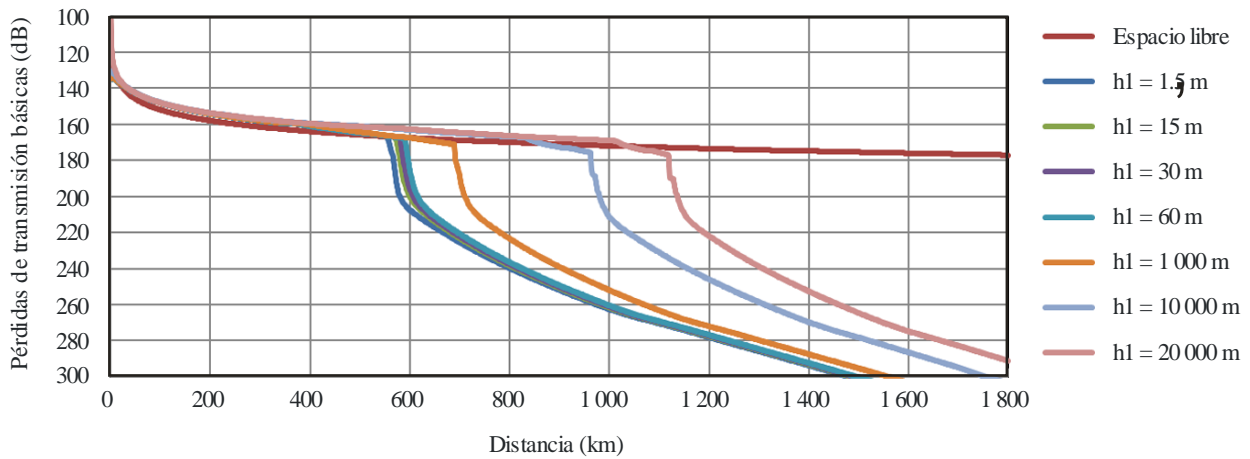
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 9 400 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



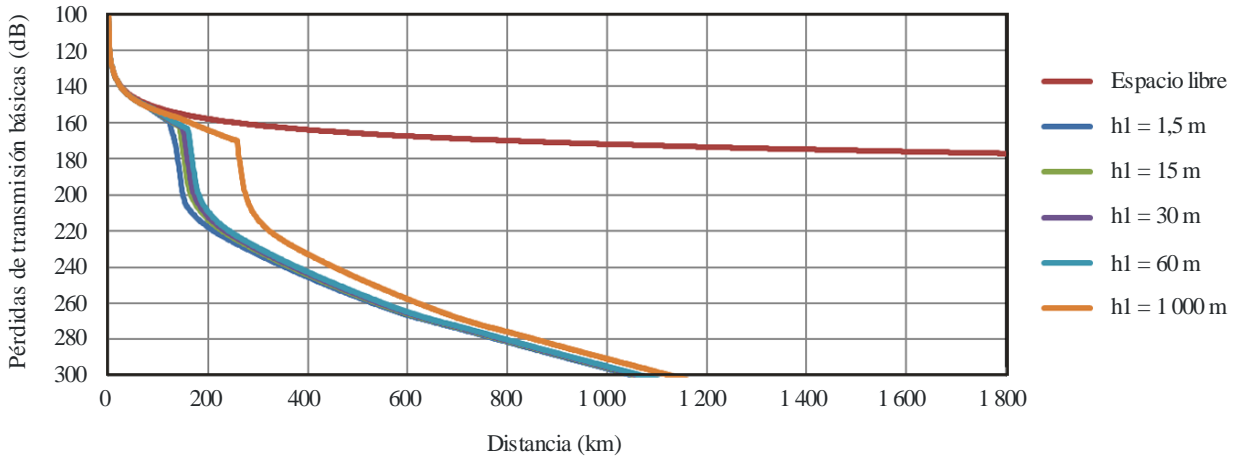
b) $h_2 = 10000$ m



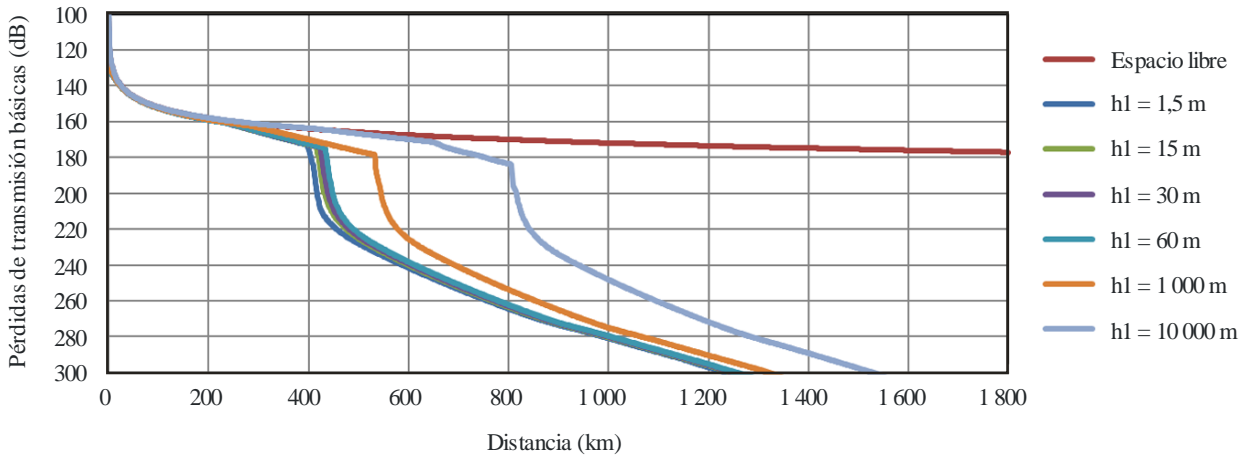
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 7-4

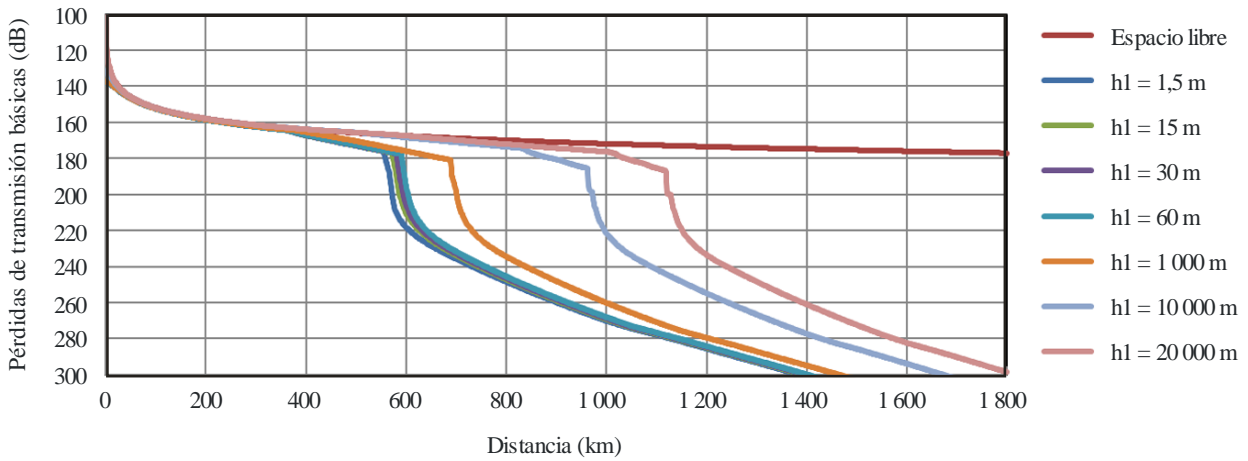
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 9 400 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



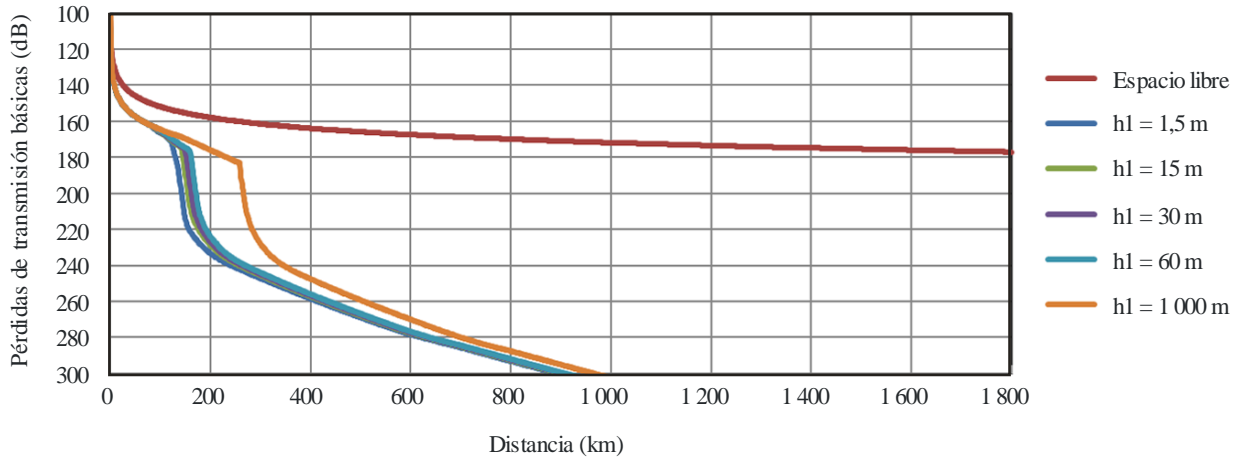
b) $h_2 = 10000$ m



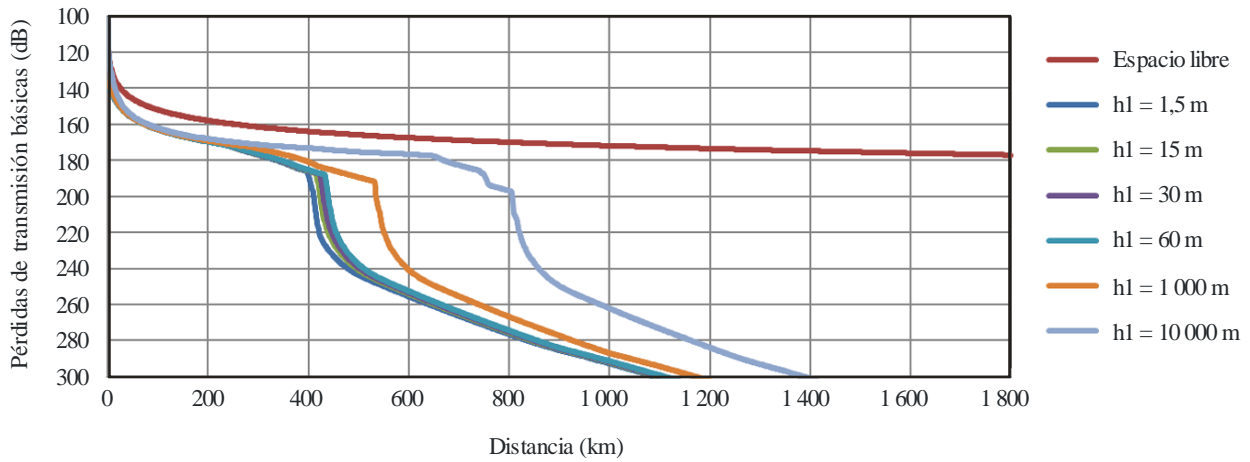
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 7-5

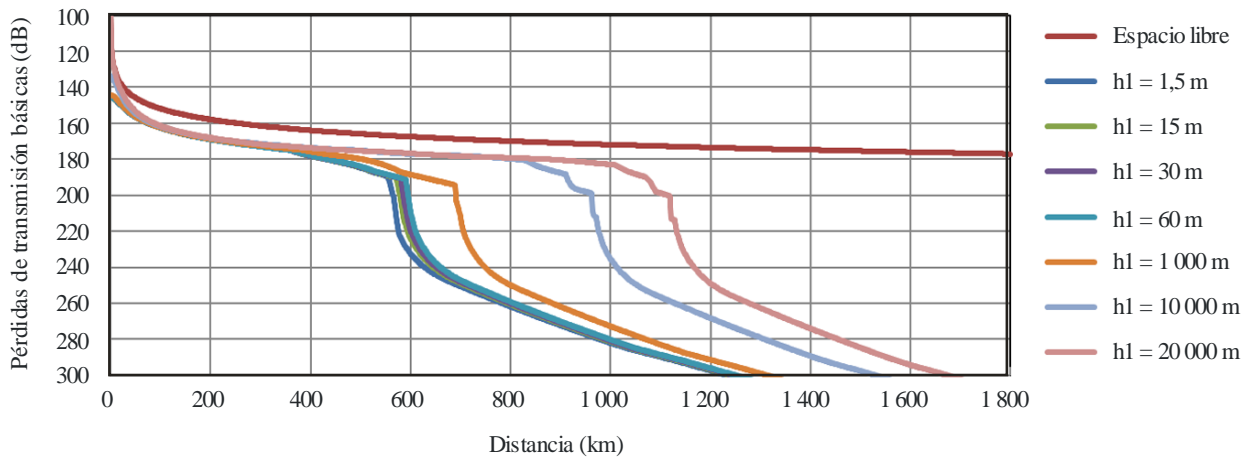
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 9 400 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1\ 000\ m$



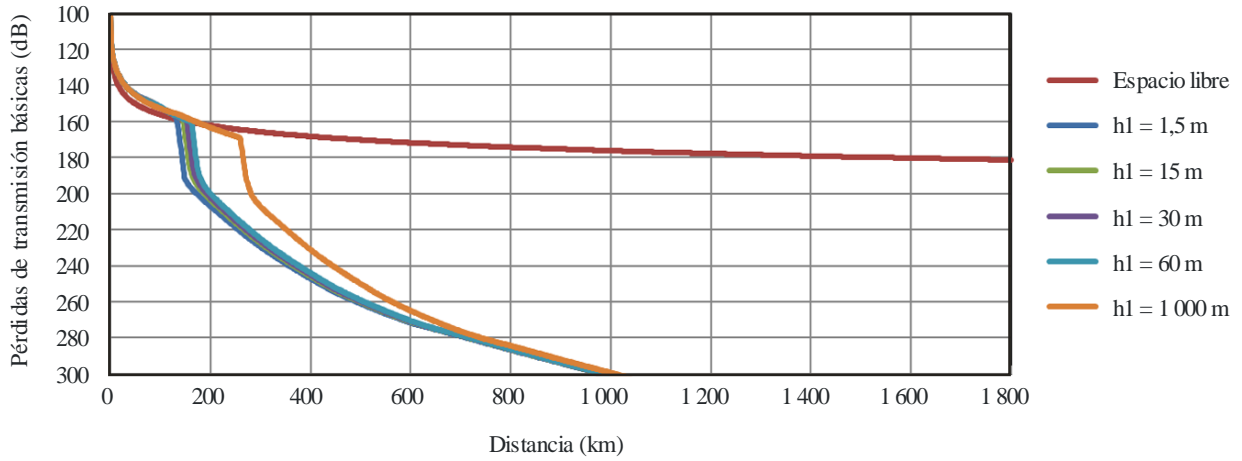
b) $h_2 = 10\ 000\ m$



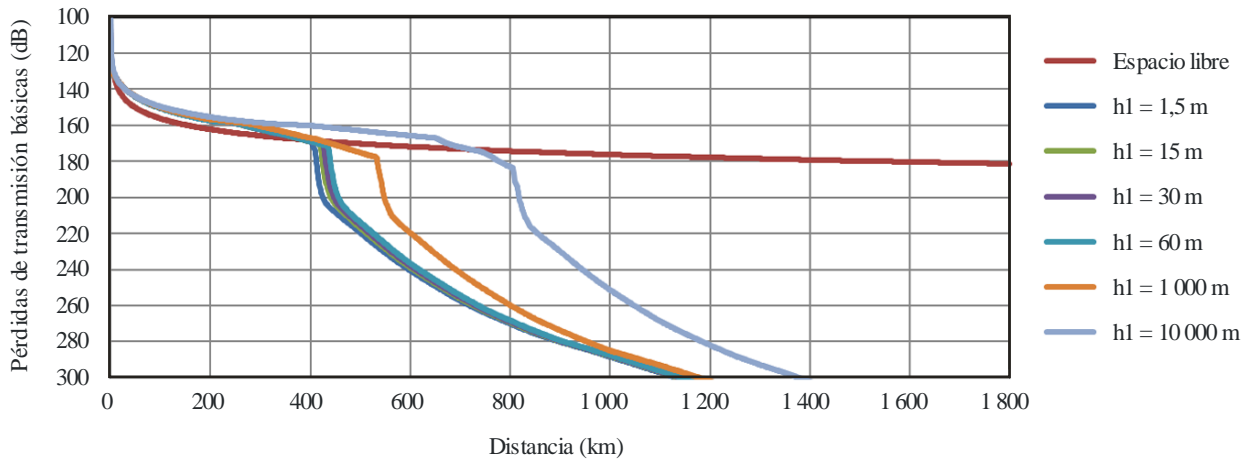
c) $h_2 = 20\ 000\ m$

FIGURA 8-1

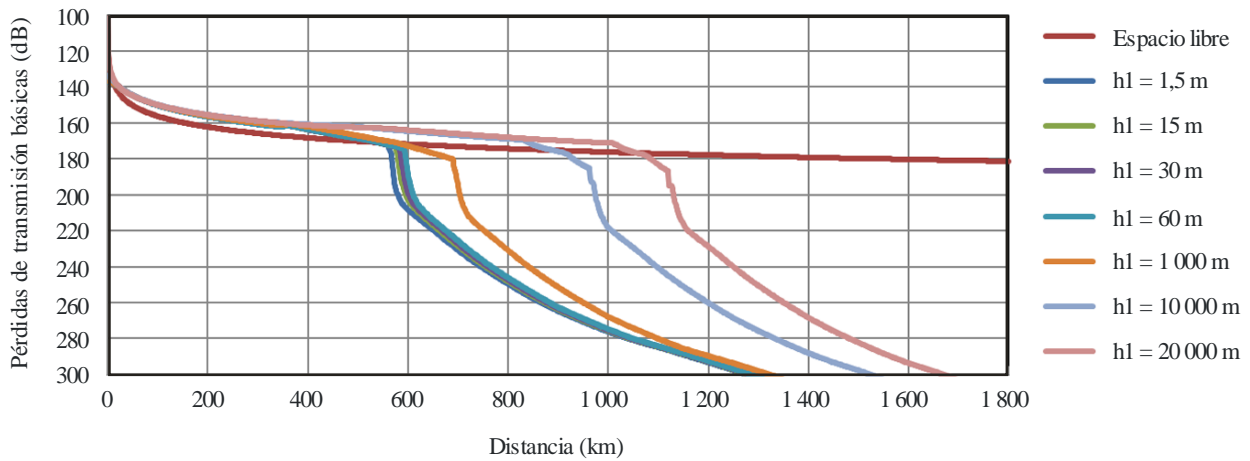
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 15 500 MHz durante el 1% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



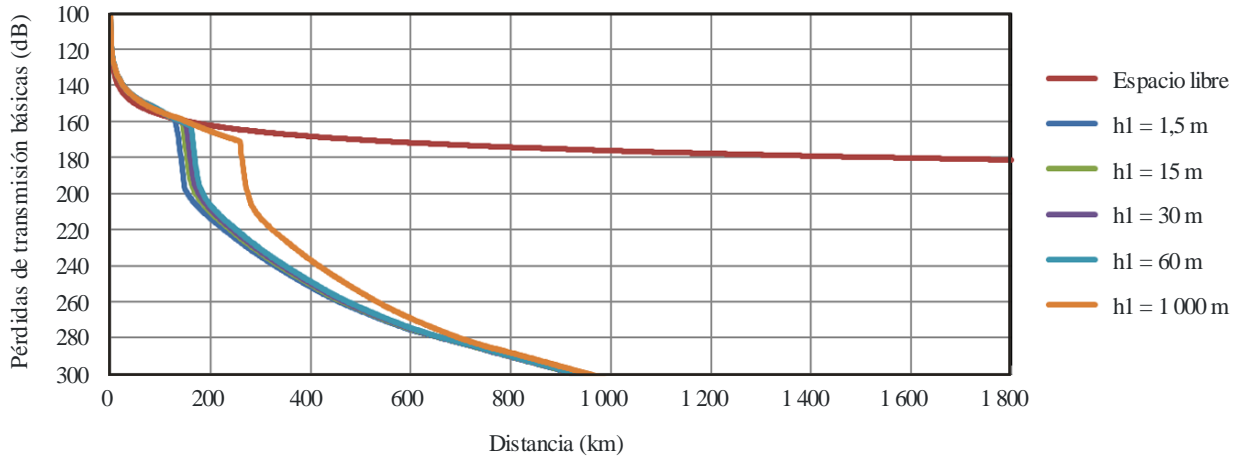
b) $h_2 = 10000$ m



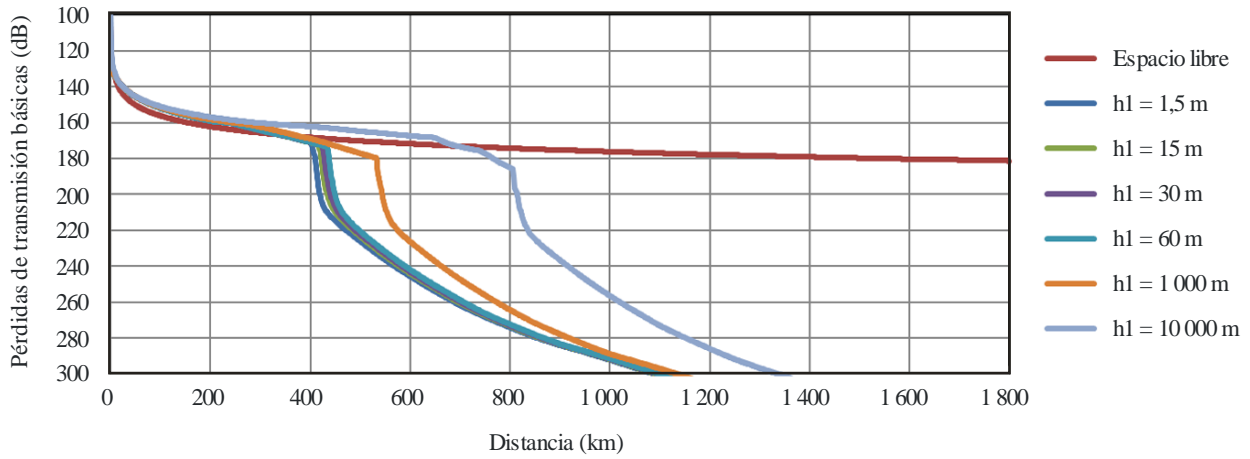
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 8-2

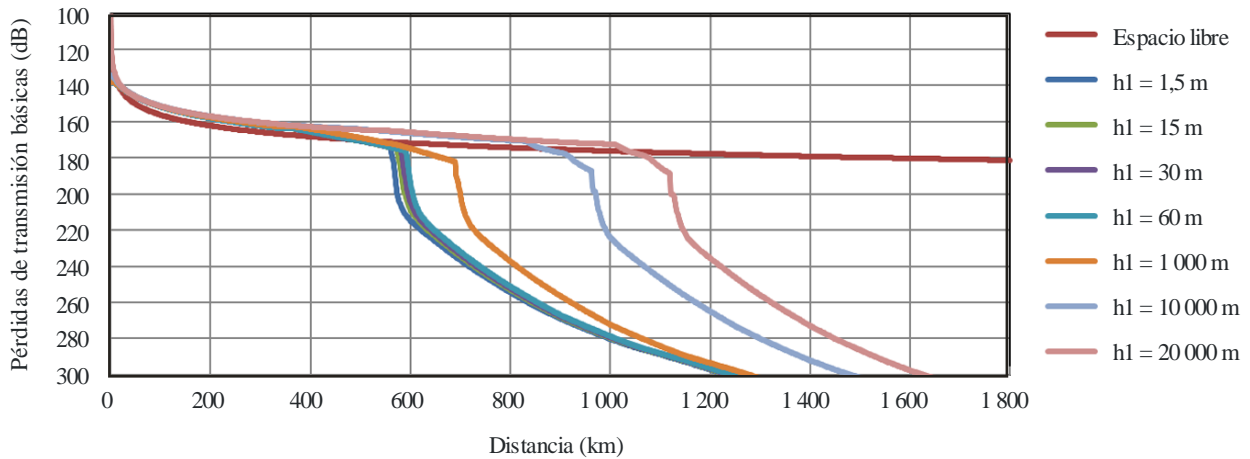
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 15 500 MHz durante el 5% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1\ 000$ m



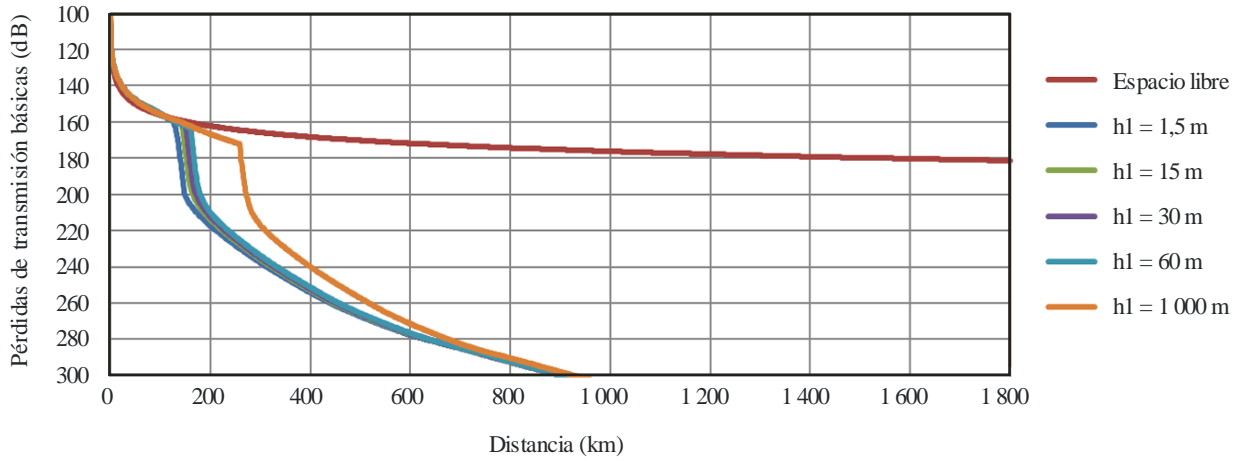
b) $h_2 = 10\ 000$ m



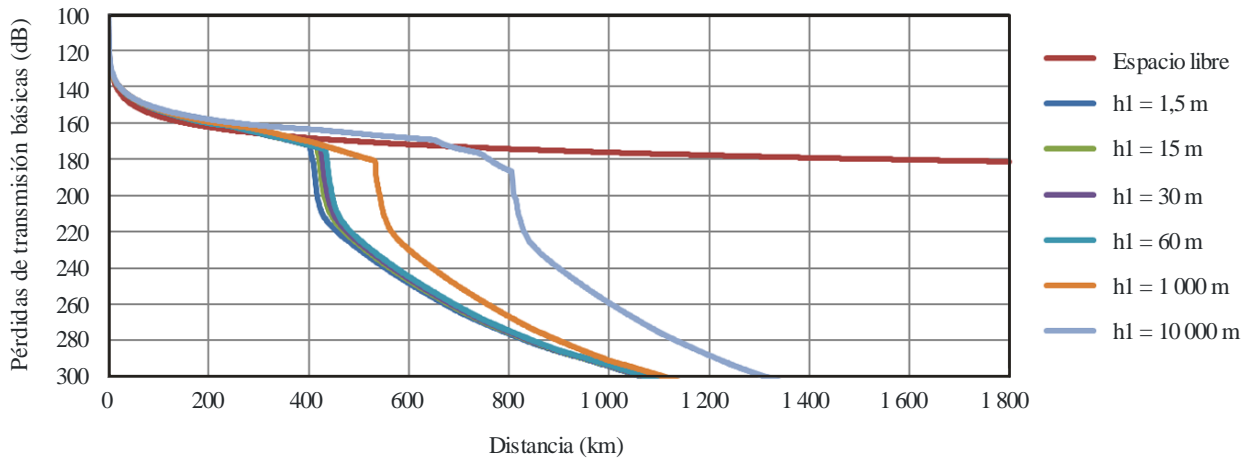
c) $h_2 = 20\ 000$ m

FIGURA 8-3

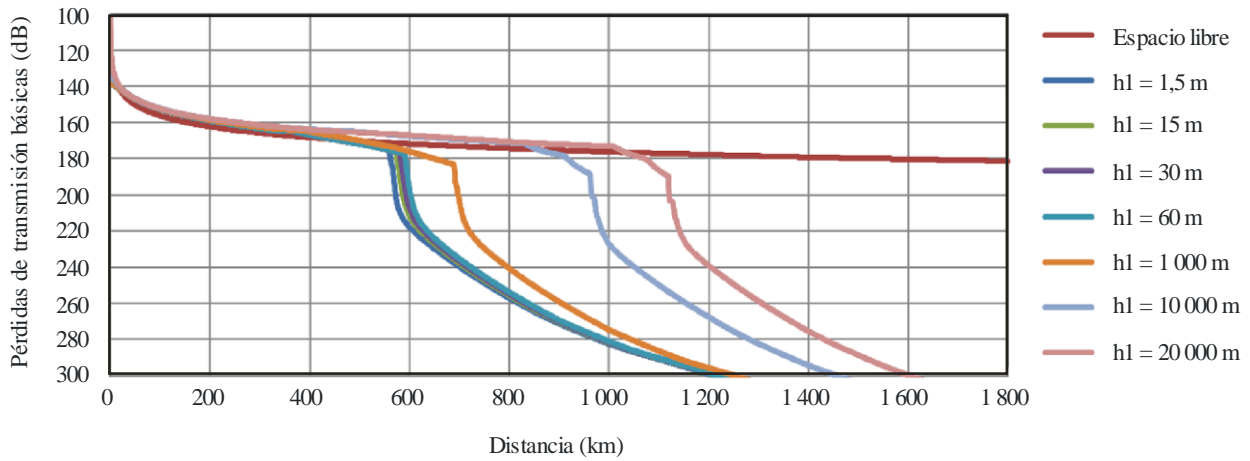
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 15 500 MHz durante el 10% del tiempo para valores de h_1



a) $h_2 = 1000$ m



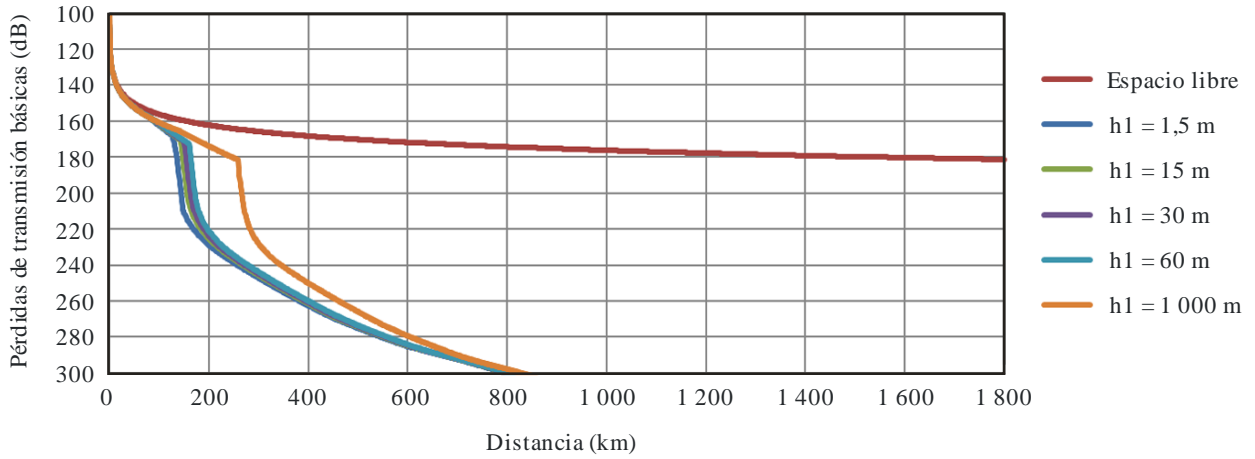
b) $h_2 = 10000$ m



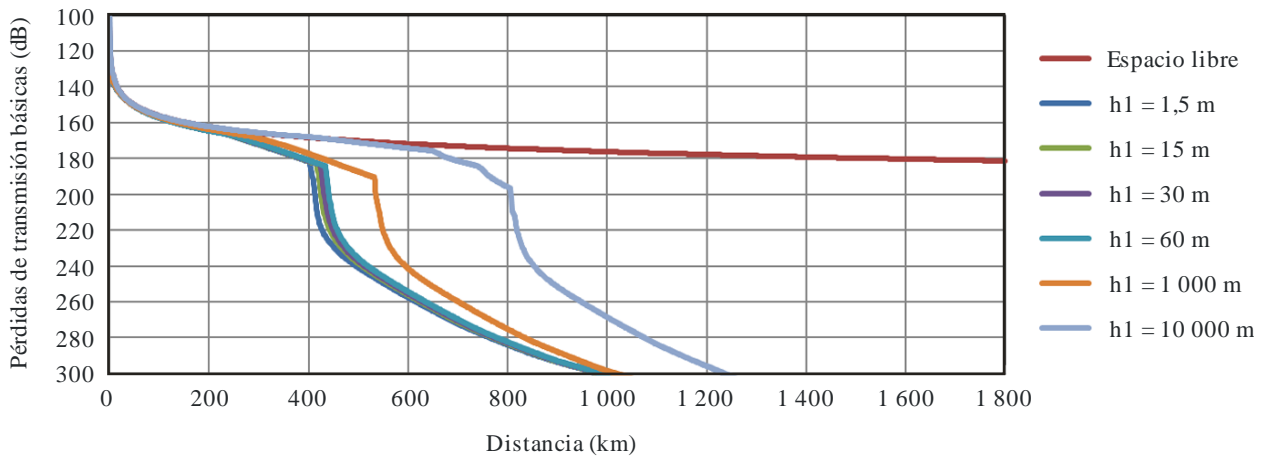
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 8-4

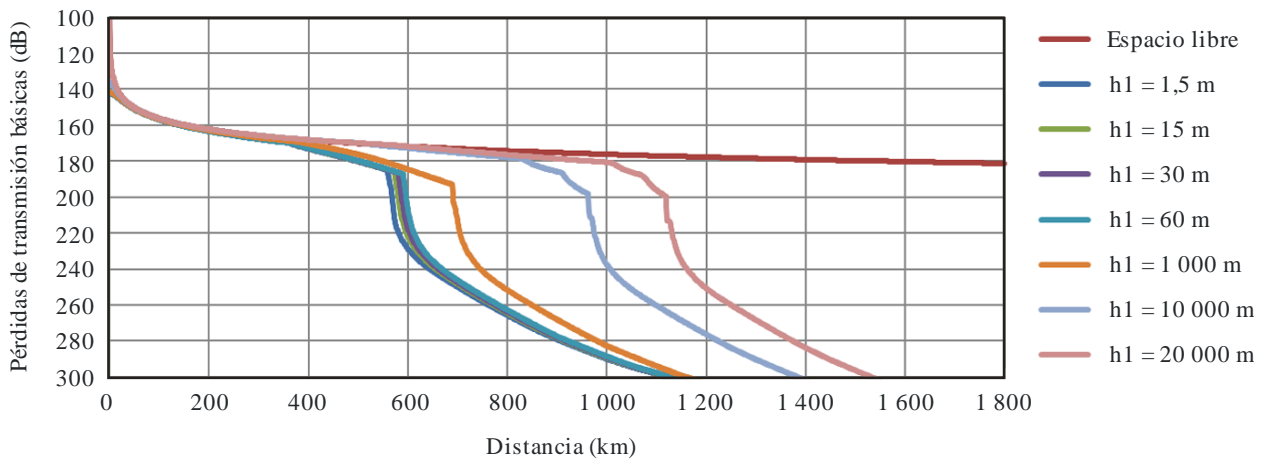
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 15 500 MHz durante el 50% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



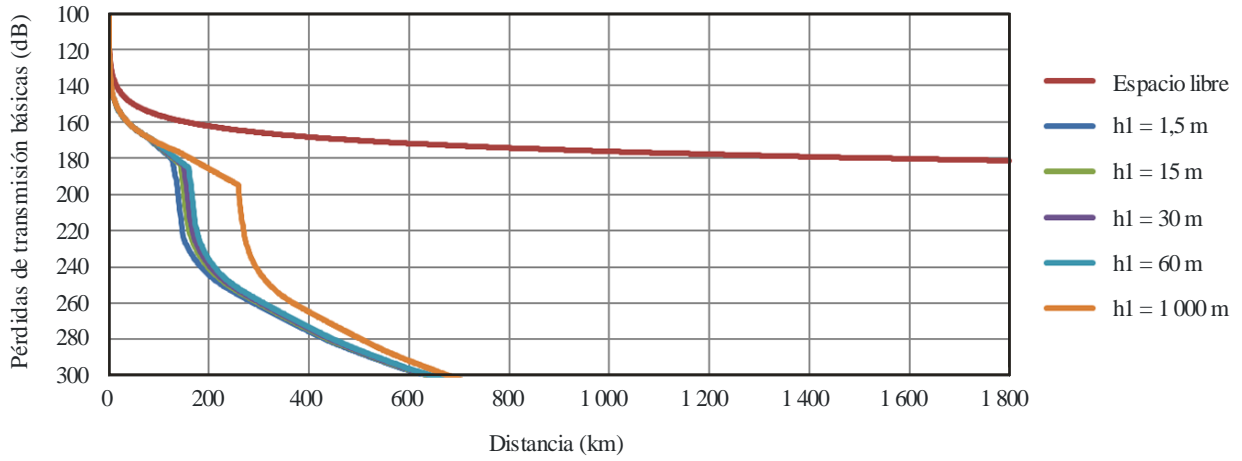
b) $h_2 = 10000$ m



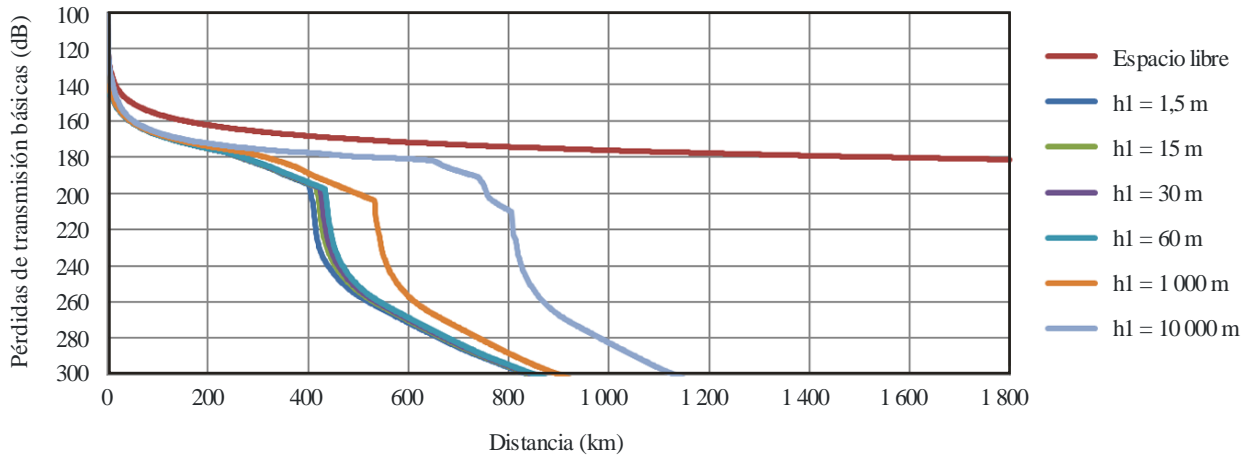
c) $h_2 = 20000$ m

FIGURA 8-5

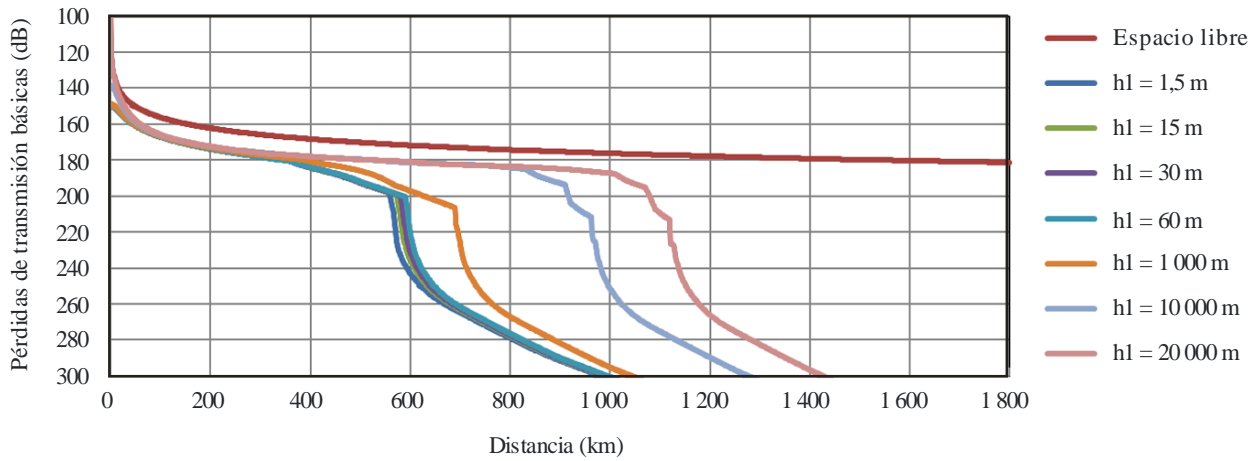
Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas a 15 500 MHz durante el 95% del tiempo para valores de h1



a) $h_2 = 1000$ m



b) $h_2 = 10000$ m



c) $h_2 = 20000$ m

Anexo 4

Resultados experimentales

En noviembre de 1982, y en abril y junio de 1983, se realizaron en Japón pruebas de propagación en trayectos aire-tierra en la banda de 930 MHz. De acuerdo con los resultados de las pruebas, las pérdidas de propagación en visibilidad directa concordaban aceptablemente con los valores en espacio libre. La distancia de visibilidad calculada a partir de los datos de las mediciones era, a una altura de 10 000 m más corta que la de las curvas del Anexo 3.
