

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R P.2145-0
(08/2022)

**Mapas digitales relacionados con el cálculo
de la atenuación producida por los gases
y los efectos conexos**

Serie P
Propagación de las ondas radioeléctricas



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

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 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, 2023

© UIT 2023

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.2145-0

**Mapas digitales relacionados con el cálculo de la atenuación
producida por los gases y los efectos conexos**

(Cuestión UIT-R 201-7/3)

(2022)

Alcance

En la presente Recomendación se describen diversos métodos de predicción de la presión (barométrica) total en superficie, la temperatura en superficie, la densidad del vapor de agua en superficie y el contenido integrado de vapor de agua¹ necesarios para el cálculo de la atenuación producida por los gases y los efectos conexos en los trayectos terrenales y Tierra-espacio.

Palabras clave

Presión (barométrica) total en superficie, temperatura en superficie, densidad del vapor de agua en superficie, contenido integrado de vapor de agua, distribución de probabilidad de Weibull, forma de Weibull, escala de Weibull, trayectorias Tierra-espacio

Acrónimos/Abreviaturas

ASCII	Código normalizado estadounidense para el intercambio de información (<i>american standard code for information interchange</i>)
CCDF	Función de distribución acumulativa complementaria (<i>complementary cumulative distribution function</i>)
ECMWF	Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (<i>european centre for medium-range weather forecasts</i>)

Recomendaciones y Manuales del UIT-R conexos

Recomendación UIT-R P.528

Recomendación UIT-R P.530

Recomendación UIT-R P.618

Recomendación UIT-R P.619

Recomendación UIT-R P.676

Recomendación UIT-R P.836

Recomendación UIT-R P.1144

Recomendación UIT-R P.1510

Recomendación UIT-R P.1511

¹ Por «contenido integrado de vapor de agua» se entiende la cantidad total de vapor de agua presente en una columna vertical que se extiende desde la superficie de la Tierra hasta la parte superior de la atmósfera. Los términos «contenido integrado de vapor de agua», «contenido total de vapor de agua», «vapor de agua total en columna (columnar)», «contenido columnar integrado de vapor de agua» y «contenido columnar total de vapor de agua» son sinónimos.

Recomendación UIT-R P.1853

Recomendación UIT-R P.2001

Recomendación UIT-R P.2041

Manual sobre Radiometeorología

NOTA – Conviene utilizar la última revisión/edición de los Manuales y Recomendaciones.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que, a efectos del cálculo de la atenuación producida por los gases y los efectos conexos, se necesitan estadísticas relativas a la presión (barométrica) total en superficie, la temperatura en superficie, la densidad del vapor de agua en superficie y el contenido integrado de vapor de agua;
- b) que, gracias a los reanálisis de quinta generación efectuados por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF) durante 30 años, se dispone de datos mundiales sobre la presión (barométrica) total en superficie, la temperatura en superficie, la densidad del vapor de agua en superficie y el contenido integrado de vapor de agua; y
- c) que esos datos de reanálisis mundiales obtenidos a lo largo de 30 años se han sometido a un procesamiento ulterior para obtener estadísticas anuales y mensuales de la presión (barométrica) total en superficie, la temperatura en superficie, la densidad del vapor de agua en superficie y el contenido integrado de vapor de agua,

recomienda

que la información que figura en el Anexo se utilice para calcular la atenuación producida por los gases y los efectos conexos en los trayectos terrenales y Tierra-espacio, en los casos en que no se disponga de estadísticas locales más precisas sobre la presión (barométrica) total en superficie, la temperatura en superficie, la densidad del vapor de agua en superficie o el contenido integrado de vapor de agua.

Anexo

Lista de símbolos

\overline{P}_s	valor promedio de presión (barométrica) total en superficie
σ_{P_s}	desviación típica de la presión en superficie
$P_s(p)$	presión (barométrica) total en superficie frente a probabilidad de rebasamiento
\overline{T}_s	valor promedio de temperatura en superficie
σ_{T_s}	desviación típica de la temperatura en superficie
$T_s(p)$	temperatura en superficie frente a probabilidad de rebasamiento
$\overline{\rho}_{w_s}$	valor promedio de densidad del vapor de agua en superficie
$\sigma_{\rho_{w_s}}$	desviación típica de la densidad del vapor de agua en superficie

$\rho_{w_s}(p)$	densidad del vapor de agua en superficie frente a probabilidad de rebasamiento
\bar{V}_s	valor promedio de contenido integrado de vapor de agua
σ_{V_s}	desviación típica del contenido integrado de vapor de agua
$V_s(p)$	contenido integrado de vapor de agua frente a probabilidad de rebasamiento
$psch$	altura de la escala de presión
$tsch$	altura de la escala de temperatura
$vsch$	altura de la escala de vapor de agua
Z_{ground}	altura de la superficie sobre el nivel medio del mar
k_{V_s}	parámetro de forma de Weibull del contenido integrado de vapor de agua
λ_{V_s}	parámetro de escala de Weibull del contenido integrado de vapor de agua
p	probabilidad de rebasamiento (CCDF)
p_{above}	probabilidad de rebasamiento por encima de la probabilidad de rebasamiento deseada
p_{below}	probabilidad de rebasamiento por debajo de la probabilidad de rebasamiento deseada
X_i	valor no ajustado del parámetro de interés en el $i^{ésimo}$ punto de la cuadrícula
X_i'	valor del parámetro de interés en el $i^{ésimo}$ punto de la cuadrícula a la altura deseada
X	valor del parámetro de interés en la ubicación deseada a la altura deseada

1 Parámetros estadísticos meteorológicos anuales y mensuales

Los mapas digitales que ilustran las estadísticas mundiales anuales y mensuales de presión (barométrica) total en superficie, P_s , en hectopascales (hPa), de temperatura en superficie, T_s , en kelvin (K), y de densidad del vapor de agua en superficie, ρ_{w_s} , en gramos por metro cúbico (g/m^3), forman parte integrante de la presente Recomendación con las características indicadas en los Cuadros 1, 2 y 3².

Los mapas digitales que ilustran las estadísticas mundiales anuales y mensuales de contenido integrado de vapor de agua, V_s , en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2), o, lo que es lo mismo, en milímetros (mm), forman parte integrante de la presente Recomendación con las características que figuran en los Cuadros 1 y 4.

Los mapas digitales que ilustran las estadísticas mundiales anuales del contenido integrado de vapor de agua, V_s , estimadas mediante una distribución de Weibull, forman parte integrante de la presente Recomendación con las características que se indican en los Cuadros 1 y 5.

² Por «temperatura en superficie» se entiende la temperatura del aire a 2 m por encima de la superficie de la Tierra. La densidad del vapor de agua en superficie se calcula partiendo de: a) el punto de rocío, que se define como la temperatura que debe de tener en el aire, a 2 m por encima de la superficie de la Tierra, para que el vapor de agua se condense, b) la presión total en superficie, y c) la temperatura en superficie.

En concreto:

- los archivos de mapas que incluyen una «P» en el título contienen valores de presión (barométrica) total media en superficie, \bar{P}_s , desviación típica de la presión (barométrica) total en superficie, σ_{P_s} , y presión (barométrica) total en superficie frente a probabilidad de rebasamiento, $P_s(p)$;
- los archivos de mapas que incluyen una «T» en el título contienen valores de temperatura media en superficie, \bar{T}_s , desviación típica de la temperatura en superficie, σ_{T_s} , y temperatura en superficie frente a probabilidad de rebasamiento, $T_s(p)$;
- los archivos de mapas que incluyen «RHO» en el título contienen valores de densidad media del vapor de agua en superficie, $\bar{\rho}_{w_s}$, desviación típica de la densidad del vapor de agua en superficie, $\sigma_{\rho_{w_s}}$, y densidad del vapor de agua superficial frente a probabilidad de rebasamiento, $\rho_{w_s}(p)$;
- los archivos de mapas que incluyen una «V» en el título contienen valores de contenido medio integrado de vapor de agua, \bar{V}_s , desviación típica del contenido integrado de vapor de agua, σ_{V_s} , y contenido integrado de vapor de agua frente a probabilidad de rebasamiento, $V_s(p)$;
- los archivos de mapas que incluyen «PSCH» en el título contienen valores de altura de la escala de presión (barométrica) total en superficie, $psch$;
- los archivos de mapas que incluyen «TSCH» en el título contienen valores de altura de la escala de temperatura en superficie, $tsch$;
- los archivos de mapas que incluyen «VSCH» en el título contienen valores de densidad del vapor de agua en superficie y altura de la escala de contenido integrado de vapor de agua, $vsch$;
- el archivo de mapas $Z_ground.TXT$ contiene valores de altura de la superficie sobre el nivel medio del mar, Z_{ground} ;
- el archivo de mapas que incluye «kV» en el título contiene valores de parámetro de forma, k_{V_s} , de la distribución de probabilidad de Weibull del contenido integrado de vapor de agua; y
- el archivo de mapas que incluye «lambdaV» en el título contiene valores de parámetro de escala, λ_{V_s} , de la distribución de probabilidad de Weibull del contenido integrado de vapor de agua.

CUADRO 1

Características de los archivos de mapas

Parámetro	Valor
Formato	ASCII
Latitud en esquina superior izquierda	-90° N
Incremento de latitud	+0,25°
Longitud en esquina superior izquierda	-180° E
Incremento de longitud	+0,25°
Número de filas	721
Número de columnas	1 441
Separador de columnas	Espacio
Separador de filas	Windows (CR LF)

CUADRO 2

Mapas anuales de presión (barométrica) total en superficie, temperatura en superficie y densidad del vapor de agua en superficie

Parámetros	Presión anual (hPa)	Temperatura anual (K)	Densidad anual del vapor de agua (g/m ³)	
Promedio	P_mean.TXT	T_mean.TXT	RHO_mean.TXT	
Desviación típica	P_std.TXT	T_std.TXT	RHO_std.TXT	
Probabilidad de rebasamiento (CCDF) ³	0,01%	P_001.TXT	RHO_001.TXT	
	0,02%	P_002.TXT	RHO_002.TXT	
	0,03%	P_003.TXT	RHO_003.TXT	
	0,05%	P_005.TXT	RHO_005.TXT	
	0,1%	P_01.TXT	T_01.TXT	RHO_01.TXT
	0,2%	P_02.TXT	T_02.TXT	RHO_02.TXT
	0,3%	P_03.TXT	T_03.TXT	RHO_03.TXT
	0,5%	P_05.TXT	T_05.TXT	RHO_05.TXT
	1%	P_1.TXT	T_1.TXT	RHO_1.TXT
	2%	P_2.TXT	T_2.TXT	RHO_2.TXT
	3%	P_3.TXT	T_3.TXT	RHO_3.TXT
	5%	P_5.TXT	T_5.TXT	RHO_5.TXT
	10%	P_10.TXT	T_10.TXT	RHO_10.TXT
	20%	P_20.TXT	T_20.TXT	RHO_20.TXT
	30%	P_30.TXT	T_30.TXT	RHO_30.TXT
	50%	P_50.TXT	T_50.TXT	RHO_50.TXT
	60%	P_60.TXT	T_60.TXT	RHO_60.TXT
	70%	P_70.TXT	T_70.TXT	RHO_70.TXT
80%	P_80.TXT	T_80.TXT	RHO_80.TXT	
90%	P_90.TXT	T_90.TXT	RHO_90.TXT	
95%	P_95.TXT	T_95.TXT	RHO_95.TXT	
99%	P_99.TXT	T_99.TXT	RHO_99.TXT	
Altura de la escala	PSCH.TXT	TSCH.TXT	VSCH.TXT	
Altura de la superficie	Z_ground.TXT			
Nombre del archivo	P_Annual.zip	T_Annual.zip	RHO_Annual.zip	
Nombre del archivo de resultados completo	Annual: <u>Part 1</u>			

³ Los términos «probabilidad de rebasamiento» y «función de distribución acumulativa complementaria (CCDF)» son sinónimos.

CUADRO 3

Mapas mensuales de presión (barométrica) total en superficie, temperatura en superficie y densidad del vapor de agua en superficie (XX: Ene = 01; Feb = 02; ...; Nov = 11; Dic = 12)

Parámetro	Presión mensual (hPa)	Temperatura mensual (K)	Densidad mensual del vapor de agua (g/m ³)
Promedio	P_mean.TXT	T_mean.TXT	RHO_mean.TXT
Desviación típica	P_std.TXT	T_std.TXT	RHO_std.TXT
Probabilidad de rebasamiento (CCDF)	0,1%	P_01.TXT	RHO_01.TXT
	0,2%	P_02.TXT	RHO_02.TXT
	0,3%	P_03.TXT	RHO_03.TXT
	0,5%	P_05.TXT	RHO_05.TXT
	1%	P_1.TXT	RHO_1.TXT
	2%	P_2.TXT	RHO_2.TXT
	3%	P_3.TXT	RHO_3.TXT
	5%	P_5.TXT	RHO_5.TXT
	10%	P_10.TXT	RHO_10.TXT
	20%	P_20.TXT	RHO_20.TXT
	30%	P_30.TXT	RHO_30.TXT
	50%	P_50.TXT	RHO_50.TXT
	60%	P_60.TXT	RHO_60.TXT
	70%	P_70.TXT	RHO_70.TXT
	80%	P_80.TXT	RHO_80.TXT
	90%	P_90.TXT	RHO_90.TXT
95%	P_95.TXT	RHO_95.TXT	
99%	P_99.TXT	RHO_99.TXT	
Altura de la escala	PSCH.TXT	TSCH.TXT	VSCH.TXT
Altura de la superficie	Z_ground.TXT		
Nombre del archivo	P_MonthXX.zip	T_MonthXX.zip	RHO_MonthXX.zip
Nombre del archivo de resultados completo	Month01: Part 2 Month02: Part 3 Month03: Part 4 Month04: Part 5 Month05: Part 6 Month06: Part 7 Month07: Part 8 Month08: Part 9 Month09: Part 10 Month10: Part 11 Month11: Part 12 Month12: Part 13		

CUADRO 4

Mapas anuales y mensuales del contenido integrado de vapor de agua
(XX: Ene = 01; Feb = 02; ...; Nov = 11; Dic = 12)

Parámetro	Contenido anual integrado de vapor de agua (kg/m ² o mm)	Contenido mensual integrado de vapor de agua (kg/m ² o mm)	
Promedio	V_mean.TXT	V_mean.TXT	
Desviación típica	V_std.TXT	V_std.TXT	
Probabilidad de rebasamiento (CCDF)	0,01%	V_001.TXT	
	0,02%	V_002.TXT	
	0,03%	V_003.TXT	
	0,05%	V_005.TXT	
	0,1%	V_01.TXT	V_01.TXT
	0,2%	V_02.TXT	V_02.TXT
	0,3%	V_03.TXT	V_03.TXT
	0,5%	V_05.TXT	V_05.TXT
	1%	V_1.TXT	V_1.TXT
	2%	V_2.TXT	V_2.TXT
	3%	V_3.TXT	V_3.TXT
	5%	V_5.TXT	V_5.TXT
	10%	V_10.TXT	V_10.TXT
	20%	V_20.TXT	V_20.TXT
	30%	V_30.TXT	V_30.TXT
	50%	V_50.TXT	V_50.TXT
	60%	V_60.TXT	V_60.TXT
	70%	V_70.TXT	V_70.TXT
	80%	V_80.TXT	V_80.TXT
90%	V_90.TXT	V_90.TXT	
95%	V_95.TXT	V_95.TXT	
99%	V_99.TXT	V_99.TXT	
Altura de la escala	VSCH.TXT	VSCH.TXT	
Altura de la superficie	Z_ground.TXT		
Nombre del archivo	V_Annual.zip	V_MonthXX.zip	
Nombre del archivo de resultados completo	Annual: <u>Part 1</u>	Month01: <u>Part 2</u> Month02: <u>Part 3</u> Month03: <u>Part 4</u> Month04: <u>Part 5</u> Month05: <u>Part 6</u> Month06: <u>Part 7</u> Month07: <u>Part 8</u> Month08: <u>Part 9</u> Month09: <u>Part 10</u> Month10: <u>Part 11</u> Month11: <u>Part 12</u> Month12: <u>Part 13</u>	

CUADRO 5

**Estadísticas anuales del contenido integrado de vapor de agua
estimadas mediante una distribución de Weibull**

Parámetro	Estimación anual de Weibull
Escala de Weibull	lambdaV.TXT
Forma de Weibull	kV.TXT
Altura de la escala	VSCH.TXT
Altura de la superficie	Z_ground.TXT
Nombre del archivo	Weibull_Annual.zip
Nombre del archivo de resultados completo	<u>Part 14</u>

2 Interpolación

En la sección 2.1 se describe un método de interpolación estadística y espacial que permite calcular los valores anuales y mensuales de presión, temperatura, densidad del vapor de agua y contenido integrado de vapor de agua frente a probabilidad de rebasamiento (CCDF) en cualquier punto de la superficie de la Tierra.

En la sección 2.2 se describe un método de interpolación estadística y espacial que permite calcular los valores anuales y mensuales correspondientes al promedio y la desviación típica de presión, temperatura, densidad del vapor de agua y contenido integrado de vapor de agua, así como los parámetros de forma y escala de Weibull del contenido integrado de vapor de agua en cualquier punto de la superficie de la Tierra.

2.1 Interpolación espacial y estadística (CCDF)

El método de interpolación *infra* permite calcular estadísticas anuales o mensuales de presión (barométrica) total en superficie, $P_s(p)$, temperatura en superficie, $T_s(p)$, densidad del vapor de agua en superficie, $\rho_s(p)$, y contenido integrado de vapor de agua, $V_s(p)$, en cualquier punto de la superficie de la Tierra, así como la probabilidad de rebasamiento (CCDF), p , dentro del intervalo de probabilidad de rebasamiento de los mapas digitales integrales. El método consiste en:

- determinar la altura sobre el nivel medio del mar del punto deseado, alt , a partir de datos locales o, si no se dispone de datos locales, con arreglo a la Recomendación UIT-R [P.1511](#);
- determinar las dos probabilidades de rebasamiento, p_{above} y p_{below} , por encima y por debajo de la probabilidad de rebasamiento deseada, p , a partir del conjunto 0,01, 0,02, 0,03, 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95 y 99% para las estadísticas anuales y del conjunto 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95 y 99% para las estadísticas mensuales;
- para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , y para las dos probabilidades de rebasamiento, p_{above} y p_{below} , calcular el parámetro de interés deseado, X_i' , a partir del mapa anual o mensual correspondiente de $P_s(p)$, $T_s(p)$, $\rho_{w_s}(p)$, o $V_s(p)$;
- para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , determinar la altura de la escala aplicable, $psch_i$, $tsch_i$, o $vsch_i$, a partir del correspondiente mapa anual o mensual de altura de la escala de presión, temperatura o vapor de agua;

- e) para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , determinar la altura topográfica, alt_i , como el valor de Z_{ground} en cada punto de la cuadrícula a partir del mapa Z_{ground} ;
- f) para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , y para las dos probabilidades de rebasamiento, p_{above} y p_{below} , determinar X_i , a la altura deseada, alt , escalando X_i' , de acuerdo con la relación aplicable:

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{psch_i}} \quad \text{para la presión (barométrica) total en superficie, } P_s(p);$$

$$X_i = X_i' + tsch_i (alt - alt_i) \quad \text{para la temperatura en superficie, } T_s(p);$$

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{vsch_i}} \quad \text{para la densidad del vapor de agua en superficie, } \rho_{w_s}(p); \text{ o}$$

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{vsch_i}} \quad \text{para el contenido integrado de vapor de agua, } V_s(p);$$

- g) determinar X_{above} y X_{below} en el punto deseado, junto con las dos probabilidades p_{above} y p_{below} , efectuando una interpolación bilineal de X_i , $i = 1, 2, 3$ y 4 en los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, con arreglo al método de interpolación bilineal especificado en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.1144;
- h) determinar el parámetro de interés, X , en el punto deseado y la probabilidad de rebasamiento, p , interpolando X_{above} y X_{below} frente a p_{above} y p_{below} a p en una escala lineal X frente a $\log_{10} p$, siendo $X = P_s(p)$, $T_s(p)$, $\rho_{w_s}(p)$, o $V_s(p)$.

2.2 Interpolación espacial y estadística (promedio y desviación típica)

El método de interpolación *infra* permite calcular los valores anuales y mensuales correspondientes al promedio y la desviación típica de presión (barométrica) total en superficie, \bar{P}_s o σ_{P_s} , temperatura en superficie, \bar{T}_s o σ_{T_s} , densidad del vapor de agua en superficie, $\bar{\rho}_{w_s}$ o $\sigma_{\rho_{w_s}}$, y contenido integrado de vapor de agua, \bar{V}_s o σ_{V_s} , así como los parámetros de forma y escala de Weibull del contenido integrado de vapor de agua, k_{V_s} o λ_{V_s} , en cualquier punto de la superficie de la Tierra. El método consiste en:

- a) determinar la altura sobre el nivel medio del mar del punto deseado, alt , a partir de datos locales o, si no se dispone de datos locales, con arreglo a la Recomendación UIT-R P.1511;
- b) para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , determinar el parámetro de interés deseado, X_i' , a partir del mapa anual o mensual correspondiente;
- c) para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , determinar la altura de la escala aplicable, $psch_i$, $tsch_i$, o $vsch_i$, a partir del correspondiente mapa anual o mensual de altura de la escala de presión, temperatura o vapor de agua;
- d) para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , determinar la altura topográfica, alt_i , como el valor de Z_{ground} en cada punto de la cuadrícula a partir del mapa Z_{ground} ;

- e) para cada uno de los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, $i = 1, 2, 3$ y 4 , determinar X_i , a la altura deseada, alt , escalando X_i' , de acuerdo con la relación aplicable:

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{psch_i}} \quad \text{para la presión (barométrica) total en superficie, } \bar{P}_s \text{ o } \sigma_{P_s};$$

$$X_i = X_i' + tsch_i (alt - alt_i) \quad \text{para la temperatura en superficie, } \bar{T}_s;$$

$$X_i = X_i' \quad \text{para la temperatura en superficie, } \sigma_{T_s};$$

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{vsch_i}} \quad \text{para la densidad del vapor de agua en superficie, } \bar{\rho}_{w_s} \text{ o } \sigma_{\rho_{w_s}};$$

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{vsch_i}} \quad \text{para el contenido integrado de vapor de agua, } \bar{V}_s \text{ o } \sigma_{V_s};$$

$$X_i = X_i' \cdot e^{-\frac{(alt-alt_i)}{vsch_i}} \quad \text{para el parámetro de escala, } \lambda_{V_s}, \text{ de la distribución de probabilidad de Weibull del contenido integrado de vapor de agua; o}$$

$$X_i = X_i' \quad \text{para el parámetro de forma, } k_{V_s}, \text{ de la distribución de probabilidad de Weibull del contenido integrado de vapor de agua;}$$

- f) determinar el parámetro de interés, X , en el punto deseado efectuando una interpolación bilineal de X_i , $i = 1, 2, 3$, y 4 en los cuatro puntos circundantes de la cuadrícula, con arreglo al método de interpolación bilineal especificado en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R [P.1144](#), siendo $X = \bar{P}_s$ o σ_{P_s} , \bar{T}_s o σ_{T_s} , $\bar{\rho}_{w_s}$ o $\sigma_{\rho_{w_s}}$, \bar{V}_s o σ_{V_s} , λ_{V_s} , o k_{V_s} en el punto deseado.