



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.107**

(05/2000)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Definiciones generales

---

**El modelo E, un modelo informático para  
utilización en planificación de la transmisión**

Recomendación UIT-T G.107

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
<b>Definiciones generales</b>	<b>G.100–G.109</b>
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## **Recomendación UIT-T G.107**

### **El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión**

#### **Resumen**

La presente Recomendación UIT-T describe el algoritmo para el denominado modelo E como modelo común del UIT-T para la determinación de índices de transmisión. Este modelo de cálculo puede resultar útil a los planificadores de transmisiones para contribuir a que los usuarios estén satisfechos de las características de funcionamiento de transmisión de extremo a extremo. El resultado fundamental del modelo es una cuantificación escalar de la calidad de transmisión. Una característica fundamental de este modelo es la utilización de factores de degradación de transmisión que simulan los efectos de dispositivos modernos de tratamiento de la señal.

La presente revisión constituye una versión mejorada del modelo E en la que se tienen más en cuenta los efectos del ruido ambiente en el lado emisor y la distorsión de cuantificación.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.107, revisada por la Comisión de Estudio 12 (1997-2000) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la CMNT el 18 de mayo de 2000.

## PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2001

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Generalidades.....	1
1.1 Alcance .....	1
1.2 Referencias.....	1
2 Modelo E, modelo informático para su utilización en la planificación de transmisiones .....	2
2.1 Introducción .....	2
2.2 Código fuente.....	2
3 Estructura y algoritmos básicos del modelo E.....	2
3.1 Cálculo del factor de determinación de índices de transmisión, $R$ .....	3
3.2 Relación señal/ruido básica, $R_0$ .....	4
3.3 Factor de degradación simultánea, $I_s$ .....	4
3.4 Factor de degradación por retardo, $I_d$ .....	5
3.5 Factor de degradación de equipo, $I_e$ .....	7
3.6 Factor de mejora, $A$ .....	7
3.7 Valores por defecto .....	7
Anexo A – Condiciones de uso del modelo E .....	9
Anexo B – Medidas de calidad derivadas del factor de determinación de índices de transmisión $R$ .....	10
Anexo C – Código fuente para G.107_2 en BASIC .....	13
Apéndice I – Bibliografía.....	17

## Recomendación UIT-T G.107

### El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión

#### 1 Generalidades

##### 1.1 Alcance

La presente Recomendación UIT-T describe un modelo informático, conocido como modelo E, que ha demostrado ser útil como herramienta de planificación de transmisiones, para la evaluación de efectos combinados producidos por variaciones en diversos parámetros de transmisión que afectan a la calidad de la conversación de la telefonía con microteléfono a 3,1 kHz<sup>1</sup>. Este modelo de cálculo puede ser utilizado, por ejemplo, por planificadores de transmisiones para contribuir a que los usuarios estén satisfechos con las prestaciones de transmisión de extremo a extremo, evitando así el sobredimensionamiento de las redes. Hay que destacar que el resultado fundamental del modelo es el "factor de determinación de índices" R que, no obstante, se puede transformar para obtener una estimación de la opinión del cliente. Estas estimaciones se realizan únicamente con fines de planificación de transmisiones y no para la predicción real de la opinión del cliente (para la que no existe acuerdo sobre un modelo recomendado por el UIT-T). Por consiguiente, el modelo descrito aquí se pretende utilizar para hacer comparaciones relativas de las condiciones de transmisión.

La presente revisión constituye una versión mejorada del modelo E en la que se tienen más en cuenta los efectos del ruido ambiente en el lado transmisor y la distorsión de cuantificación. Por ello, se informa al usuario de que el algoritmo informático ha variado ligeramente – véase el anexo C.

El modelo E no se ha verificado totalmente mediante campañas de medidas o pruebas de laboratorio para el gran número de posibles combinaciones entre parámetros de entrada. Para muchas combinaciones de gran importancia para los planificadores de transmisiones, el modelo E se puede utilizar con seguridad; para otras combinaciones de parámetros, sin embargo, se han puesto en duda las predicciones del modelo E y se encuentran actualmente en estudio. Por consiguiente, cuando se utiliza el modelo E para algunas condiciones se debe actuar con precaución, por ejemplo, el modelo E puede dar resultados imprecisos para ciertos tipos de degradaciones. El anexo A proporciona más información a este respecto.

##### 1.2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (1993), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*.

---

<sup>1</sup> En este contexto, calidad de la conversación remite a características de transmisión, por ejemplo, tiempo prolongado de transmisión, efectos del eco del hablante, etc. No obstante, el modelo E descrito en esta Recomendación UIT-T no se propone modelar las degradaciones de transmisión en los casos en que producen conversaciones simultáneas.

- [2] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación.*
- [3] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal.*
- [4] Recomendación UIT-T G.113 (1996), *Degradaciones de la transmisión.*
- [5] Recomendación UIT-T G.113 – Apéndice I (1999), *Degradaciones de transmisión – Apéndice I: Valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo, Ie.*

## **2 Modelo E, modelo informático para su utilización en la planificación de transmisiones**

### **2.1 Introducción**

La complejidad de las redes modernas requiere que, para la planificación de transmisiones, los numerosos parámetros de transmisión no sólo se consideren de forma individual sino también se tengan en cuenta sus efectos combinados. Aunque se puede hacer mediante "estimación basada en la experiencia" es deseable un planteamiento más sistemático, como la utilización de un modelo informático. El resultado del modelo descrito aquí es un valor escalar de determinación de índice de calidad, R, que varía linealmente con la calidad global de transmisión de la conversación. La Recomendación UIT-T G.113 [4] orienta sobre las degradaciones específicas, incluidos los efectos combinados, basándose en una simplificación del modelo. Sin embargo, de estos resultados también se pueden obtener estimaciones nominales de la opinión de los usuarios, por ejemplo en forma de porcentajes que consideran la conexión modelada "buena o mejor" o "mediocre o peor", como se describe en el anexo B. Además, en la Recomendación UIT-T G.108 [2] se proporciona orientación detallada para la aplicación correcta del modelo E, descrito en la presente Recomendación UIT-T. También puede encontrarse la definición de las categorías de calidad de transmisión vocal en la Recomendación UIT-T G.109 [3].

### **2.2 Código fuente**

El anexo C incluye el código fuente en BASIC del modelo E que se describe en la presente Recomendación UIT-T. El objeto de este código es asegurar que los usuarios del modelo E están utilizando implementaciones adecuadas de las fórmulas.

## **3 Estructura y algoritmos básicos del modelo E**

El modelo E se basa en el método de factor de degradación de equipo, a partir de modelos de determinación de índices de transmisión previos. Fue desarrollado por un Grupo ad hoc del ETSI denominado "Calidad de transmisión de señales vocales de boca a oído".

Como se muestra en la figura 1, la conexión de referencia se divide entre un lado de transmisión y un lado de recepción. El modelo estima la calidad de comunicación de la conversación de boca a oído como la percibe el usuario en el lado de recepción, como oyente y como orador.

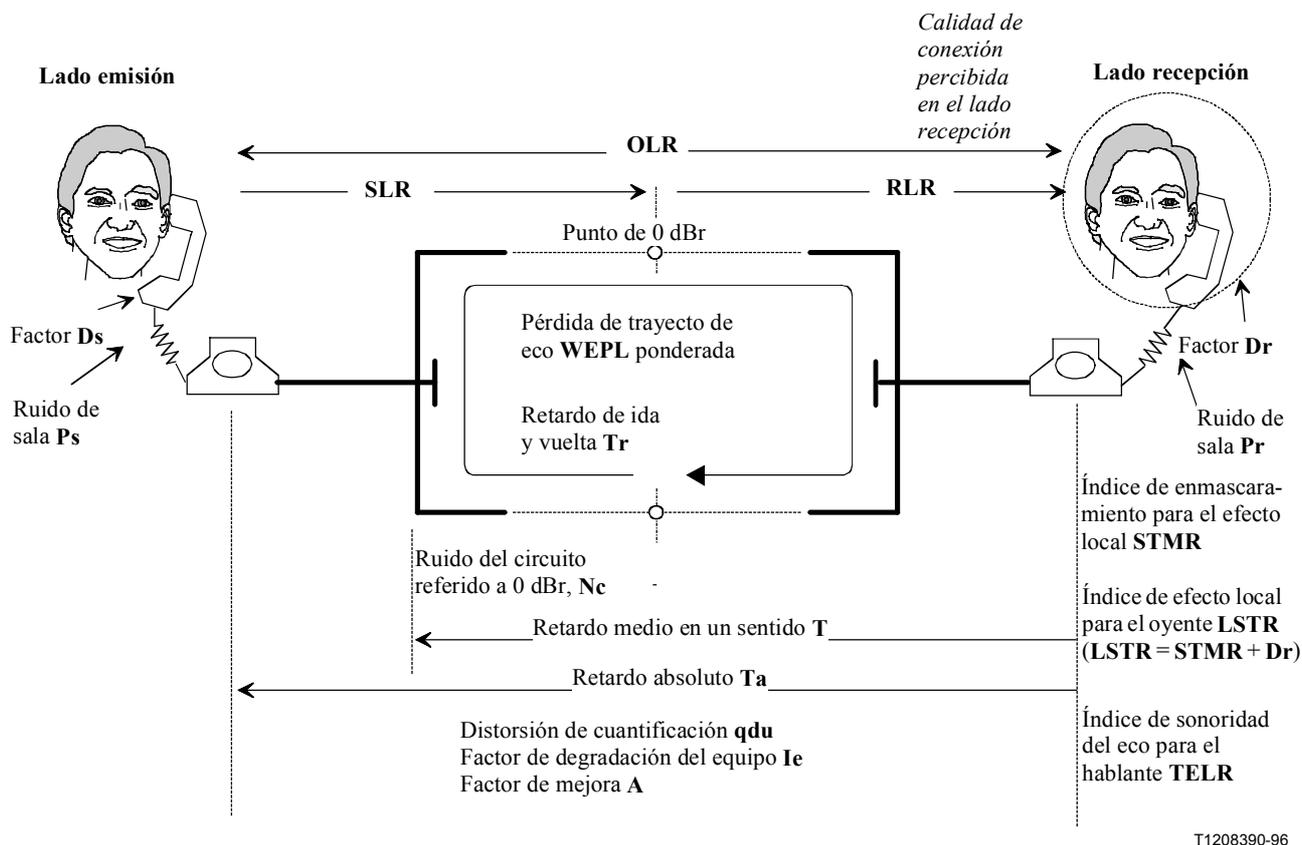


Figura 1/G.107 – Conexión de referencia del modelo E

Los parámetros de transmisión utilizados como entrada para el modelo informático se muestran en la figura 1. En el algoritmo se tratan por separado los valores de ruido ambiente y de los del factor  $D$  para el lado transmisor y el lado receptor que pueden tener valores diferentes. Los parámetros  $SLR$ ,  $RLR$  y ruido de circuito  $N_c$  están referidos a un punto definido de 0 dBr. Los demás parámetros de entrada se consideran como valores para la conexión global, por ejemplo  $OLR$  (en cualquier caso la suma de  $SLR$  y  $RLR$ ), número de  $q_{du}$ , factores de degradación de equipo  $I_e$  y factor de mejora  $A$ , o se refieren únicamente al lado receptor, como  $STMR$ ,  $LSTR$ ,  $WEPL$  (para el cálculo del eco del oyente) y  $TELR$ .

Hay tres parámetros diferentes asociados con el tiempo de transmisión. El retardo absoluto  $T_a$  representa el retardo total en un sentido entre el lado transmisor y el lado receptor y se utiliza para estimar la degradación debida a retardos demasiado largos. El parámetro retardo medio en un sentido  $T$  representa el retardo entre el lado receptor (en estado orador) y el punto de una conexión en el que aparece un acoplamiento de señal como fuente de eco. El retardo de bucle  $T_r$  representa únicamente el retardo en un bucle de 4 hilos en el que la señal "doblemente reflejada" producirá degradaciones debidas al eco del oyente.

### 3.1 Cálculo del factor de determinación de índices de transmisión, $R$

Según el método del factor de degradación de equipo, el principio fundamental del modelo E se basa en un concepto dado en la descripción del modelo OPINE [véase la Bibliografía, Suplemento 3 a las Recomendaciones de la serie P]:

Los factores psicológicos y la escala psicológica son aditivos.

En una primera etapa, el resultado de cualquier cálculo con el modelo E en una primera etapa es un factor de determinación de transmisión  $R$ , que combina todos los parámetros de transmisión

pertinentes para la conexión considerada. Este factor de determinación de índice  $R$  está constituido por:

$$R = Ro - Is - Id - Ie + A \quad (1)$$

$Ro$  representa en principio la relación señal/ruido básica que incluye fuentes de ruido como ruido de circuito y ruido ambiente. El factor  $Is$  es una combinación de todas las degradaciones que aparecen de forma más o menos simultánea con la señal vocal. El factor  $Id$  representa las degradaciones producidas por el retardo y el factor de degradación de equipo  $Ie$  representa las degradaciones producidas por códecs de velocidad binaria baja. El factor de mejora  $A$  permite compensar los factores de degradación cuando existan otras ventajas de acceso para el usuario. El término  $Ro$  y los valores  $Is$  e  $Id$  se subdividen en valores de degradación específicos más detallados. Las subcláusulas siguientes muestran las fórmulas utilizadas en el modelo E.

### 3.2 Relación señal/ruido básica, $Ro$

La relación señal/ruido básica  $Ro$  está definida por:

$$Ro = 15 - 1,5(SLR + No) \quad (2)$$

El término  $No$  [en dBm0p] es la suma de las potencias de diferentes fuentes de ruido:

$$No = 10 \lg \left[ 10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{Nos}{10}} + 10^{\frac{Nor}{10}} + 10^{\frac{Nfo}{10}} \right] \quad (3)$$

$Nc$  [en dBm0p] es la suma de todas las potencias de ruido de circuito, referidas todas ellas al punto de 0 dBr.

$Nos$  [en dBm0p] es el ruido de circuito equivalente en el punto de 0 dBr, producido por el ruido ambiente  $Ps$  en el lado transmisor:

$$Nos = Ps - SLR - Ds - 100 + 0,004(Ps - OLR - Ds - 14)^2 \quad (4)$$

donde  $OLR = SLR + RLR$ . De igual manera el ruido ambiente  $Pr$  en el lado receptor se transforma en un ruido de circuito equivalente  $Nor$  [en dBm0p] en el punto de 0 dBr.

$$Nor = RLR - 121 + Pre + 0,008(Pre - 35)^2 \quad (5)$$

El término  $Pre$  [en dBm0p] es el "ruido ambiente efectivo" producido por la amplificación de  $Pr$  en el trayecto de efecto local del oyente:

$$Pre = Pr + 10 \lg \left[ 1 + 10^{\frac{(10 - LSTR)}{10}} \right] \quad (6)$$

$Nfo$  [en dBm0p] representa el "nivel de ruido" en el lado receptor,

$$Nfo = Nfor + RLR \quad (7)$$

con  $Nfor$  fijado normalmente en  $-64$  dBmp.

### 3.3 Factor de degradación simultánea, $Is$

El factor  $Is$  es la suma de todas las degradaciones que pueden producirse de forma más o menos simultánea con la transmisión de señales vocales. El factor  $Is$  se divide en tres factores de degradación específicos:

$$Is = Iolr + Ist + Iq \quad (8)$$

$I_{olr}$  representa la disminución de calidad producida por valores demasiado bajos de OLR y viene dada por:

$$I_{olr} = 20 \left[ \left\{ 1 + \left( \frac{X}{8} \right)^8 \right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{X}{8} \right] \quad (9)$$

donde:

$$X = OLR + 0,2(64 + N_o - RLR) \quad (10)$$

El factor  $I_{st}$  representa la degradación producida por efectos locales no óptimos:

$$I_{st} = 10 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO - 12}{5} \right)^6 \right]^{\frac{1}{6}} - 46 \left[ 1 + \left( \frac{STMRO}{23} \right)^{10} \right]^{\frac{1}{10}} + 36 \quad (11)$$

donde:

$$STMRO = -10 \lg \left[ 10^{\frac{STM}{10}} + e^{-\frac{T}{4}} 10^{\frac{TELR}{10}} \right] \quad (12)$$

El factor de degradación  $I_q$  representa la degradación producida por la distorsión de cuantificación:

$$I_q = 15 \lg \left[ 1 + 10^Y + 10^Z \right] \quad (13)$$

donde:

$$Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46}{8,4} - \frac{G}{9} \quad (14)$$

$$Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{40} \quad (15)$$

y:

$$G = 1,07 + 0,258Q + 0,0602Q^2 \quad (16)$$

$$Q = 37 - 15 \lg(qdu) \quad (17)$$

En esta fórmula  $qdu$  representa el número de  $qdu$  para toda la conexión entre el lado transmisor y el lado receptor.

NOTA – Si se utiliza un factor de degradación  $I_e$  para un determinado equipo, se tiene que utilizar el valor  $qdu$  de ese mismo equipo.

### 3.4 Factor de degradación por retardo, $I_d$

El factor de degradación  $I_d$ , que representa todas las degradaciones debidas al retardo de las señales vocales, también se subdivide en tres factores  $I_{dte}$ ,  $I_{dle}$  e  $I_{dd}$ :

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd} \quad (18)$$

El factor  $I_{dte}$  expresa una estimación para las degradaciones debidas al eco del orador:

$$I_{dte} = \left[ \frac{Roe - Re}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}) \quad (19)$$

donde:

$$Roe = -1,5(No - RLR) \quad (20)$$

$$Re = 80 + 2,5(TERV - 14) \quad (21)$$

$$TERV = TELR - 40 \lg \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0,3T^2} \quad (22)$$

Para valores de  $T$  inferiores a 1 ms, se debe considerar el eco del orador como efecto local, es decir,  $Idte = 0$ . El algoritmo de cálculo combina además la influencia de STMR en el eco del orador. Teniendo en cuenta que valores bajos de STMR pueden tener algún efecto de enmascaramiento en el eco de orador y que para valores muy altos de STMR el eco de orador puede tornarse más notorio, se ajustan los términos  $TERV$  e  $Idte$  como sigue:

Para  $STMR < 9$  dB:

Se sustituye  $TERV$  en la ecuación (20) por  $TERVs$ , donde:

$$TERVs = TERV + \frac{Ist}{2} \quad (23)$$

Para  $9 \text{ dB} \leq STMR \leq 15$  dB:

se aplican las ecuaciones (18) y (21) indicadas anteriormente.

Para  $STMR > 15$  dB:

$Idte$  se sustituye por  $Idtes$ , donde:

$$Idtes = \sqrt{Idte^2 + Ist^2} \quad (24)$$

El factor  $Idle$  representa degradaciones debidas al eco del oyente. Las ecuaciones son:

$$Idle = \frac{Ro - Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro - Rle)^2}{4} + 169} \quad (25)$$

donde:

$$Rle = 10,5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0,25} \quad (26)$$

El factor  $Idd$  representa la degradación producida por retardos absolutos demasiado largos  $Ta$ , que se producen incluso con cancelación perfecta de eco.

Para  $Ta < 100$  ms:

$$Idd = 0$$

Para  $Ta > 100$  ms:

$$Idd = 25 \left\{ \left( 1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left( 1 + \left[ \frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\} \quad (27)$$

con:

$$X = \frac{\lg\left(\frac{Ta}{100}\right)}{\lg 2} \quad (28)$$

### 3.5 Factor de degradación de equipo, $I_e$

Los valores para el factor de degradación de equipo  $I_e$  de elementos que utilizan códecs de velocidad binaria baja no están relacionados con otros parámetros de entrada. Dependen de resultados de pruebas subjetivas con notas medias de opinión así como de la experiencia de red. Para los valores de  $I_e$  efectivamente recomendados, véase el apéndice I/G.113 [5].

### 3.6 Factor de mejora, $A$

Debido al significado específico del factor de mejora  $A$ , no existe, por consiguiente, ninguna relación con los demás parámetros de transmisión. El cuadro 1 ofrece algunos valores provisionales.

**Cuadro 1/G.107 – Ejemplos provisionales del factor de mejora  $A$**

Ejemplo de sistema de comunicación	Valor máximo de $A$
Convencional (alámbrico)	0
Movilidad mediante redes celulares en un edificio	5
Movilidad en una zona geográfica o en movimiento en un vehículo	10
Acceso a localizaciones de difícil acceso, por ejemplo, mediante conexiones por satélite de varios saltos	20

Cabe destacar que los valores del cuadro 1, tomados de la Recomendación UIT-T G.113 [4], son sólo provisionales. La utilización del factor  $A$  y la selección de su magnitud para una aplicación específica es una decisión del planificador. Sin embargo, los valores del cuadro 1 deben considerarse como límites superiores absolutos para  $A$ .

### 3.7 Valores por defecto

El cuadro 2 enumera los valores por defecto para todos los parámetros de entrada utilizados en el algoritmo del modelo E. Se recomienda encarecidamente la utilización de estos valores por defecto para todos los parámetros que no se modifiquen durante el cálculo de planificación. Si se fijan todos los parámetros a los valores por defecto, el resultado del cálculo es una calidad muy alta con un factor de determinación de índices  $R = 93,2$ .

**Cuadro 2/G.107 – Valores por defecto y gamas permitidas para los parámetros**

Parámetro	Abr.	Unid.	Valor por defecto	Gama permitida	Comentarios
Índice de sonoridad en emisión ( <i>send loudness rating</i> )	SLR	dB	+8	0 ... +18	Nota 1
Índice de sonoridad en recepción ( <i>receive loudness rating</i> )	RLR	dB	+2	-5 ... +14	Nota 1
Índice de enmascaramiento para el efecto local ( <i>sidetone masking rating</i> )	STMR	dB	15	10 ... 20	Nota 2
Índice de efecto local para el oyente ( <i>listener sidetone rating</i> )	LSTR	dB	18	13 ... 23	Nota 2
Valor D del teléfono, lado emisor	Ds	–	3	-3 ... +3	Nota 2
Valor D del teléfono, lado receptor	Dr	–	3	-3 ... +3	Nota 2
Índice de sonoridad del eco para el hablante ( <i>talker echo loudness rating</i> )	TELR	dB	65	5 ... 65	
Pérdida de trayecto de eco ponderado ( <i>weighted echo path loss</i> )	WEPL	dB	110	5 ... 110	
Retardo medio en un sentido del trayecto de eco	T	msec	0	0 ... 500	
Retardo de bucle en un bucle de 4 hilos	Tr	msec	0	0 ... 1000	
Retardo absoluto en conexiones sin eco	Ta	msec	0	0 ... 500	
Número de unidades de distorsión de cuantificación ( <i>number of quantization distortion units</i> )	qdu	–	1	1 ... 14	
Factor de degradación de equipo	I <sub>e</sub>	–	0	0 ... 40	
Ruido de circuito referido al punto de 0 dBr	Nc	dBm0p	-70	-80 ... -40	
Nivel de ruido en el lado receptor	Nfor	dBmp	-64	–	Nota 3
Ruido ambiente en el lado emisor	Ps	dB(A)	35	35 ... 85	
Ruido ambiente en el lado receptor	Pr	dB(A)	35	35 ... 85	
Factor de mejora	A	–	0	0 ... 20	
NOTA 1 – Valores totales entre el micrófono o el receptor y el punto de 0 dBr.					
NOTA 2 – Relación fija: LSTR = STMR + D.					
NOTA 3 – En estudio actualmente.					

La revisión de esta Recomendación UIT-T efectuada en 2000 presenta una versión mejorada del algoritmo del modelo E (véase anexo A).

Debido a esta revisión, el índice R resultante, con todos los valores por defecto de los parámetros, ha variado ligeramente (de  $R = 94,2$  a  $R = 93,2$ ). No obstante, a efectos prácticos de planificación, esta ligera desviación debe considerarse insignificante.

## ANEXO A

### Condiciones de uso del modelo E

NOTA – Durante el Periodo de Estudios 2001-2004 se volverá a examinar la evaluación y mejora del algoritmo del modelo E. Los resultados se incluirán en cuanto se disponga de ellos.

#### Parte I: Ejemplos de condiciones en las que se debe actuar con precaución cuando se utiliza el modelo E

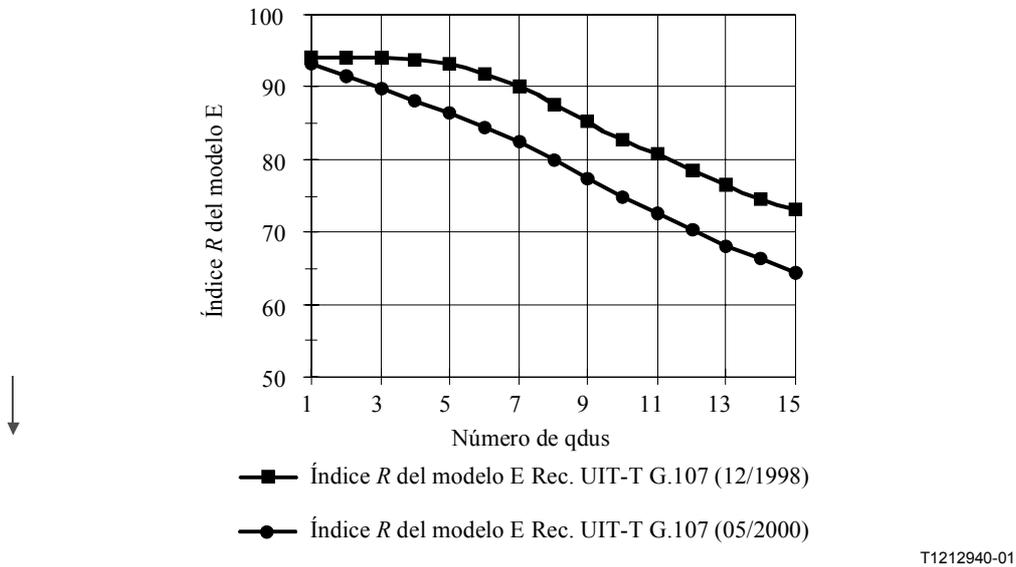
- *Nivel global de los factores de degradación de equipo*  
Algunas investigaciones experimentales sugieren que la tendencia general de los factores de degradación de equipo es demasiado pesimista, de forma que se puede incorporar un margen de seguridad por definir.
- *Propiedad de aditividad global del modelo*  
El modelo E presupone que diferentes tipos de degradaciones son aditivos en la escala del factor de determinación de índices de transmisión  $R$ . Esta característica no se ha comprobado de forma satisfactoria. En particular, se dispone de muy pocas investigaciones respecto a la interacción de códecs de baja velocidad binaria con otros tipos de degradaciones, por ejemplo, con ruido ambiente. Además, permanecen inciertos los efectos producidos cuando se consideran varios códecs de velocidad binaria baja en tándem.
- *Cobertura del efecto local de orador*  
Algunos experimentos muestran que el modelo E descarta algunos efectos de enmascaramiento que se producen en el efecto local del orador, por ejemplo, junto con el ruido de circuito, el ruido ambiente en el lado receptor y el eco del orador de retardo bajo (<10 ms).
- *Factor de mejora A*  
Hasta la fecha no se ha aclarado en qué condiciones deben aplicarse los valores dados para el factor de mejora. Se supone que estos valores pueden depender, por ejemplo, del grupo de usuario y que los valores absolutos cambiarán a largo plazo.
- *Metodología de derivación para factores de degradación de nuevos equipos*  
La CE 12 del UIT-T está estudiando actualmente una nueva metodología para calcular los factores de degradación de equipo.
- *Predicciones para diferentes tipos de ruido ambiente y diferentes formas de frecuencia en el canal de comunicación, en el trayecto de efecto local y en el trayecto de eco*  
El modelo E considera el efecto del ruido ambiente solo mediante un nivel ponderado A. La opinión real sobre la calidad de comunicación de señales vocales puede depender incluso del tipo y de la perturbación del ruido del entorno. Las características de frecuencia en el canal de comunicación, del trayecto de efecto local y del eco no se consideran explícitamente en el modelo E, sino sólo de forma implícita mediante los índices de sonoridad. Sin embargo, pueden afectar a la calidad de transmisión percibida.

#### Parte II: Condiciones para las que se han mejorado las prestaciones del modelo E actualizando versiones anteriores

- *Efecto del ruido ambiente en el lado emisor*  
Con el actual algoritmo del modelo E mejorado (revisión del año 2000), el efecto Lombard (es decir, el hecho de que el orador adapta su nivel de pronunciación y de voz al entorno de ruido) ya no se descarta. El no haberlo tenido en cuenta en la versión de 1998 condujo a predicciones del modelo E demasiado pesimistas para niveles de ruido ambiente  $Pr$  altos.

– *Predicciones para la distorsión de cuantificación*

En el caso de la versión de 1998 del modelo E, los resultados de pruebas subjetivas para las condiciones de referencia (MNRU) fueron muy a menudo más pesimistas que las predicciones del modelo E. Los gráficos de la figura A.1 se han obtenido a partir de la versión de 1998 y la revisión del año 2000 del modelo E con los demás parámetros en sus valores por defecto.



**Figura A.1/G.107 – Relación entre el número de qdu y el índice R del modelo E**

Con respecto al algoritmo ligeramente mejorado del modelo E que se da en la presente Recomendación UIT-T, la relación entre el parámetro qdu y el índice R del modelo E se ha cambiado para una mejor alineación del algoritmo con los resultados de pruebas subjetivas disponibles.

ANEXO B

**Medidas de calidad derivadas del factor de determinación de índices de transmisión R**

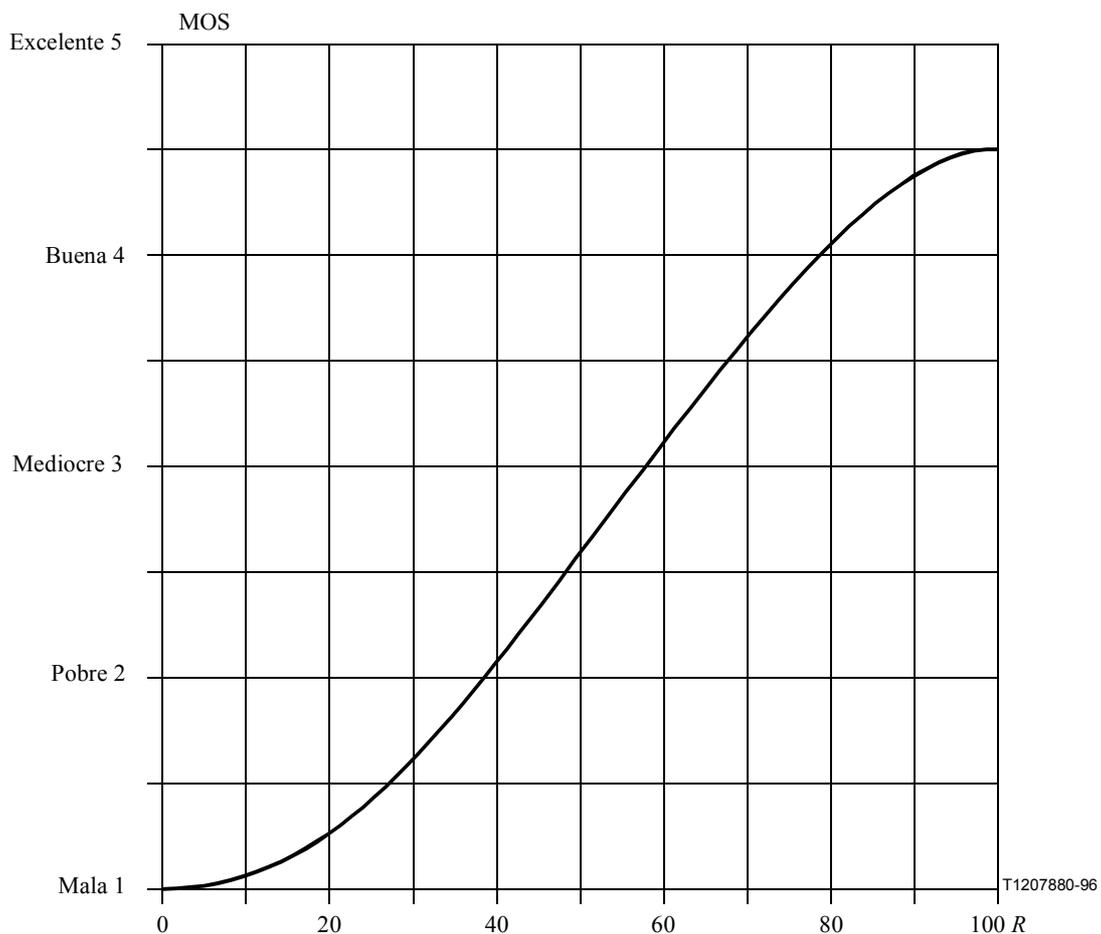
El factor de determinación de índices de transmisión R puede variar entre 0 y 100, donde R = 0 representa una calidad sumamente mala y R = 100 representa una calidad muy alta. El modelo E proporciona una estimación estadística de las medidas de calidad. Los porcentajes para una estimación buena o mejor (GoB, *good or better*) o mediocre o peor (PoW, *poor or worse*) se obtienen del factor R mediante la función de error Gaussiana:

$$E(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \tag{B-1}$$

Las ecuaciones son:

$$GoB = 100E\left(\frac{R - 60}{16}\right)\% \tag{B-2}$$





**Figura B.2/G.107 – MOS en función del factor de determinación de índices  $R$**

Es probable que, en algunos casos, los planificadores de la transmisión no estén familiarizados con la utilización de medidas de calidad tales como el factor de determinación de índices  $R$  obtenido a partir de cálculos de planificación y, por este motivo, en el cuadro B.1 figura una orientación provisional para interpretar factores  $R$  calculados a efectos de planificación<sup>2</sup>. Este cuadro contiene también valores de  $R$  equivalentes transformados en MOS, GoB y PoW.

<sup>2</sup> La fuente del cuadro B.1 es el cuadro 1/G.109 [3].

**Cuadro B.1/G.107 – Orientación provisional para la relación entre el valor *R* y la satisfacción del usuario**

<b>Límite inferior del valor <i>R</i></b>	<b>MOS (límites inferiores)</b>	<b>GoB(%) (límites inferiores)</b>	<b>PoW(%) (límites superiores)</b>	<b>Satisfacción del usuario</b>
90	4,34	97	~0	Muy satisfecho
80	4,03	89	~0	Satisfecho
70	3,60	73	6	Algunos usuarios poco satisfechos
60	3,10	50	17	Muchos usuarios poco satisfechos
50	2,58	27	38	Casi todos los usuarios insatisfechos

ANEXO C

**Código fuente para G.107\_2 en BASIC**

```

1  CLS
2  PRINT "PROGRAM g107_2"
3  REM THIS VERSION IS CONFORM WITH THE ALGORITHM
4  REM DESCRIBED IN REC. G.107
5  REM PROGRAM WRITTEN BY N.O. JOHANNESSON
6  REM LAST MODIFICATIONS BY S. MOELLER, July 1999
7  PRINT
8  PRINT "E-model, algorithm according to ITU-T Rec. G.107 (05/00) Annex C,"
9  PRINT "for voice communication between side (S) and (R)."

```

```

44 Nc = -70
45 Ps = 35
46 Pr = 35
47 qdu = 1
48 Nfor = -64
50 RETURN

```

```

198 REM Main menu (lines 198-370)
199 PRINT
200 PRINT "Print current parameter values ", "=1"
210 PRINT "Input new parameter values ", "=2"
220 PRINT "Compute table, one parameter ", "=3"
230 PRINT "Set parameter at default values", "=4"
240 PRINT "Exit program ", "=5"
250 PRINT
260 INPUT Y1
270 CLS
280 IF Y1 = 1 THEN GOSUB 500
290 IF Y1 = 2 THEN GOSUB 1000
300 IF Y1 = 3 THEN GOSUB 2000
310 IF Y1 = 4 THEN GOSUB 30
320 IF Y1 = 5 THEN GOTO 9999
330 CLS
340 IF Y1 = 4 THEN PRINT , "Parameters set at default values !"
350 GOTO 199

```

```

500 REM SUB Print current parameter values (lines 500-700)
510 PRINT , "SLR="; SLR, "RLR="; RLR, "OLR= SLR + RLR="; SLR + RLR
520 PRINT , "Side (S): Ds="; Ds
530 PRINT , "Side (R): STMR="; STMR, "Dr="; Dr, "LSTR="; STMR + Dr
540 PRINT
550 PRINT , "TELR="; TELR, "Mean One-way Delay T ms="; T
560 PRINT , "WEPL="; WEPL, "Round-trip Delay Tr ms="; Tr
570 PRINT , "One-way Absolute Delay Ta ms="; Ta
580 PRINT
590 PRINT , "Noise Floor at Side (R) Nfor dBmP="; Nfor
600 PRINT , "Circuit Noise Nc dBm0p="; Nc
610 PRINT , "Room Noise, Side (S), Ps dB(A)="; Ps
620 PRINT , "Room Noise, Side (R), Pr dB(A)="; Pr
630 PRINT
640 PRINT , "qdu="; qdu
650 PRINT
660 PRINT , "Equipment Impairment Factor Ie="; Ie
670 PRINT , "Advantage Factor A="; A
680 PRINT
690 INPUT C$
700 RETURN

```

```

1000 REM SUB Input Parameters (lines 1000-1270)
1020 CLS
1030 PRINT "Type designation of parameter for which the value is to be changed !"
1031 PRINT
1032 PRINT "Note 1. New value of OLR is obtained indirectly, i.e. by new"
1033 PRINT "value of SLR or RLR. (OLR=SLR+RLR.)"
1034 PRINT
1035 PRINT "Note 2. New value of LSTR is obtained indirectly, i.e. by new"
1036 PRINT "value of STMR or Dr. (LSTR=STMR+Dr.)"
1037 PRINT
1040 INPUT "Parameter:"; A$
1050 INPUT "New Value="; Px
1060 PRINT A$; "="; Px
1070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
1080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
1090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN STMR = Px
1100 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN Dr = Px
1110 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
1120 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
1130 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
1140 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "Wep1")) THEN WEPL = Px
1150 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px

```

```

1160 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
1170 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
1180 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
1190 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
1200 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
1210 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
1220 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
1230 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
1240 PRINT
1250 IF Y1 = 2 THEN INPUT "More parameters changed, Yes(1) or No(0)"; Ypar
1260 IF Ypar = 1 THEN GOTO 1020
1270 RETURN

2000 REM SUB Tabulate (lines 2000-3000)
2020 INPUT "Variable Parameter:"; A$
2030 PRINT "(To exit tabulation, put parameter value = 1000 !)"
2040 PRINT TAB(8); A$; TAB(18); "R"; TAB(28); "GOB %"; TAB(38); "POW %"; TAB(48);
"MOS"
2050 INPUT Px
2060 IF Px = 1000 THEN GOTO 3000
2070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
2080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
2090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN
2100     STMR = Px
2110     LSTR = STMR + Dr
2120 END IF
2130 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN
2140     Dr = Px
2150     LSTR = STMR + Dr
2160 END IF
2170 IF ((A$ = "TELr") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
2180 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
2190 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "WepL")) THEN WEPL = Px
2200 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
2210 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
2220 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2230 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
2240 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
2245 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
2250 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
2260 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
2270 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
2280 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2290 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
2300 GOSUB 3500
2400 GOSUB 4000
2500 GOSUB 4100
2600 GOSUB 4200
2700 R = INT(R * 10 + .5) / 10
2800 PRINT TAB(8); Px; TAB(18); R; TAB(28); GOB; TAB(38); POW; TAB(48); MOS
2900 GOTO 2050
3000 RETURN

3500 REM Compute R (lines 3500-3880)

3509 REM Noise Summation, formulas (3) to (7)
3510 Nr1 = Ps - SLR - Ds - 100
3520 Nr1 = Nr1 + .004 * (Ps - SLR - RLR - Ds - 14) ^ 2
3530 LSTR = STMR + Dr
3540 Pro = Pr + 10 * LOG(1 + 10 ^ ((10 - LSTR) / 10)) / LOG(10)
3550 Pr1 = Pro + .008 * (Pro - 35) ^ 2
3560 Nr2 = Pr1 - 121 + RLR
3570 Nfo = Nfor + RLR
3580 No = 10 * LOG(10 ^ (Nr1 / 10) + 10 ^ (Nr2 / 10) + 10 ^ (Nc / 10) + 10 ^ (Nfo
/ 10)) / LOG(10)
3590 Nt = No - RLR

3599 REM Ro, formula (2)
3600 Ro = 15 - 1.5 * (SLR + No)
3609 REM Iolr, formulas (9) and (10)
3610 Xolr = SLR + RLR + .2 * (64 + Nt)
3620 Iolr = 20 * ((1 + (Xolr / 8) ^ 8) ^ (1 / 8) - Xolr / 8)

```

```

3629 REM Ist, formulas (11) and (12)
3630 STMRO = -10 * LOG(10 ^ (-STMRO / 10) + 10 ^ (-TELR / 10) * EXP(-T / 4)) /
LOG(10)
3640 Ist = 10 * (1 + ((STMRO - 12) / 5) ^ 6) ^ (1 / 6) - 10
3650 Ist = Ist - 46 * (1 + (STMRO / 23) ^ 10) ^ (1 / 10) + 46

3659 REM Iq, formulas (13) to (17)
3660 IF qdu < 1 THEN qdu = 1
3670 Q = 37 - 15 * LOG(qdu) / LOG(10)
3680 G = 1.07 + .258 * Q + .0602 * Q ^ 2
3690 Iq = 15 * LOG(1 + 10 ^ ((RO - 100) / 15) * 10 ^ (46 / 8.4 - G / 9) + 10 ^
(46 / 30 - G / 40)) / LOG(10)

3699 REM Is, formula (8)
3700 Isyn = Iolr + Ist + Iq

3709 REM TERV, formula (22)
3710 TERV = TELR + 6 * EXP(-.3 * T ^ 2) - 40 * LOG((1 + T / 10) / (1 + T / 150))
/ LOG(10)

3719 REM Modifications to satisfy formula (23)
3720 IF STMRO < 9 THEN TERV = TERV + .5 * Ist

3729 REM Idte, formulas (19) to (21)
3730 Re = 80 + 2.5 * (TERV - 14)
3740 Roe = -1.5 * (No - RLR)
3750 Xdt = (Roe - Re) / 2
3760 Idte = Xdt + SQR(Xdt ^ 2 + 100)
3770 Idte = (Idte - 1) * (1 - EXP(-T))

3779 REM Modifications to satisfy formula (24)
3780 IF STMRO > 15 THEN Idte = SQR(Idte ^ 2 + Ist ^ 2)

3789 REM Idle, formulas (25) and (26)
3790 Rle = 10.5 * (WEPL + 7) * (Tr + 1) ^ (-1 / 4)
3800 Xdl = (Ro - Rle) / 2
3810 Idle = Xdl + SQR(Xdl ^ 2 + 169)

3819 REM Idd, formulas (27) and (28)
3820 IF Ta < 100 THEN Idd = 0
3830 IF Ta = 100 THEN Idd = 0
3840 IF Ta > 100 THEN
    X = (LOG(Ta / 100)) / LOG(2)
    Idd = 25 * ((1 + X ^ 6) ^ (1 / 6) - 3 * (1 + (X / 3) ^ 6) ^ (1 / 6) + 2)
3850 END IF

3859 REM Id
3860 Id = Idte + Idle + Idd

3869 REM R, formula (1)
3870 R = Ro - Isyn - Id - Ie + A
3880 RETURN

4000 REM Compute GOB, formula (B.2) (lines 4000-4050)
4010 Z# = (R - 60) / 16
4020 GOSUB 5000
4030 GOB = 100 * F#
4040 GOB = INT(GOB * 10 + .5) / 10
4050 RETURN

4100 REM Compute POW, formula (B.3) (lines 4100-4150)
4110 Z# = (R - 45) / 16
4120 GOSUB 5000
4130 POW = 100 * (1 - F#)
4140 POW = INT(POW * 10 + .5) / 10
4150 RETURN

4200 REM Compute MOS, formula (B.4) (lines 4200-4260)
4210 MOS = 1 + R * .035 + R * (R - 60) * (100 - R) * 7 * 10 ^ (-6)
4220 MOS = INT(MOS * 100 + .5) / 100
4230 IF R < 0 THEN MOS = 1
4240 IF MOS < 1 THEN MOS = 1

```

```

4250 IF R > 100 THEN MOS = 4.5
4260 RETURN

5000 REM Norm Distr F(Z), formula (B.1) (lines 5000-5130)
5010 S# = 0
5020 N% = 0
5030 H# = Z#
5040 S# = S# + H#
5050 H# = H# * (-1) * (Z#) ^ 2 * (2 * N% + 1) / ((N% + 1) * 2 * (2 * N% + 3))
5060 N% = N% + 1
5070 IF ABS(H#) < 10 ^ (-6) THEN GOTO 5090
5080 GOTO 5040
5090 S# = S# / (SQR(2 * 3.14159265#))
5100 F# = .5 + S#
5110 F# = INT(F# * 10 ^ 5 + .5) / 10 ^ 5
5120 REM PRINT "Z="; Z#, "F(Z)="; F#, "N="; N%
5130 RETURN

9999 END

```

## APÉNDICE I

### Bibliografía

- Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en planificación de la transmisión.*
- Suplemento 3 a las Recomendaciones UIT-T de la serie P (1988), *Modelos de predicción de la calidad de transmisión a partir de mediciones objetivas.*

## **SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación