

**Reemplazada por una versión más reciente**



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**P.79**

(03/93)

**CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA  
MEDIDAS RELATIVAS A LA SONORIDAD VOCAL**

---

**CÁLCULO DE ÍNDICES DE SONORIDAD  
DE APARATOS TELEFÓNICOS**

**Recomendación UIT-T P.79**

Reemplazada por una versión más reciente

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

# Reemplazada por una versión más reciente

## PREFACIO

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T tiene a su cargo el estudio de las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación y la formulación de Recomendaciones al respecto con objeto de normalizar las telecomunicaciones sobre una base mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se reúne cada cuatro años, establece los temas que habrán de abordar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que preparan luego Recomendaciones sobre esos temas.

La Recomendación UIT-T P.79, revisada por la Comisión de Estudio XII (1988-1993) del UIT-T, fue aprobada por la CMNT (Helsinki, 1-12 de marzo de 1993).

---

## NOTAS

1 Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Para no retrasar la publicación de la presente Recomendación, no se han modificado en el texto las referencias que contienen los acrónimos «CCITT», «CCIR» o «IFRB» o el nombre de sus órganos correspondientes, como la Asamblea Plenaria, la Secretaría, etc. Las ediciones futuras en la presente Recomendación contendrán la terminología adecuada en relación con la nueva estructura de la UIT.

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1994

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

# Reemplazada por una versión más reciente

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Parámetros del índice de sonoridad de los aparatos telefónicos.....	1
2 Algoritmo general del cálculo de índices de sonoridad.....	1
3 Cálculo de SLR y RLR.....	1
4 Cálculo de STMR.....	3
5 Cálculo de LSTR.....	4
Anexo A – Principios fundamentales del cálculo de los índices de sonoridad.....	4
A.1 Introducción.....	4
A.2 Definiciones y símbolos relativos a las presiones acústicas, sensibilidades y pérdidas de transmisión.....	4
A.3 Estructura del modelo teórico.....	6
A.4 Valores de los parámetros.....	9
A.5 Cálculo de los índices de sonoridad.....	12
Anexo B – Principios fundamentales del cálculo del enmascaramiento del efecto local.....	20
B.1 Cálculo basado en los principios fundamentales.....	20
B.2 Cálculo de STMR mediante ponderaciones $W$ .....	20
B.3 Comentarios sobre las condiciones hermética y no hermética para el cálculo del STMR.....	22
B.4 Cálculo de LSTR utilizando ponderaciones $W$ .....	23
Anexo C – Forma alternativa del algoritmo del índice de sonoridad.....	23
Anexo D – Coeficientes de ponderación para la banda 100-8000 Hz.....	24
Anexo E – Cálculo del factor de efecto local para el oyente ( $D$ ).....	25
E.1 Generalidades.....	25
E.2 Micrófonos o circuitos no lineales.....	25
E.3 Micrófonos y circuitos lineales.....	26
Anexo F – Cálculo de la sensibilidad al efecto local ( $S_{meST}$ ).....	27

# Reemplazada por una versión más reciente

## PREFACIO

Esta Recomendación describe el método preferido para calcular el índice de sonoridad de los sistemas telefónicos locales que transmiten en la banda de frecuencias comprendida aproximadamente entre 180 y 4500 Hz.

La finalidad de utilizar índices de sonoridad para los aparatos telefónicos es doble. En primer lugar, proporcionan al planificador de la transmisión una indicación adecuada de cómo funcionan los aparatos en la red. En segundo lugar, permiten una comparación válida y clara entre aparatos. Por ello, para evitar confusión, esta versión de esta Recomendación sólo contiene los índices de sonoridad de aparatos telefónicos que revisten interés para estos fines. Asimismo, se ofrece un solo conjunto de reglas para los cálculos en vez de las diversas opciones presentadas en el *Libro Azul* versión 1988 de esta Recomendación.

El Anexo A contiene los principios fundamentales de los cálculos de índices de sonoridad y explica las relaciones entre las Recomendaciones P.76, P.78 y P.79, así como los fundamentos físicos de la presente Recomendación.

El Anexo B explica el concepto fundamental de índice de enmascaramiento del efecto local (STMR, *sidetone masking rating*), utilizado para la evaluación del efecto local para el hablante.

El Anexo C presenta una forma alternativa del algoritmo de índice de sonoridad que es de utilidad para estimar la importancia relativa de la influencia de la sensibilidad sobre el valor del índice de sonoridad en diferentes bandas de frecuencias.

El Anexo D proporciona, sólo como referencia, ponderaciones  $W_i$  de OLR, SLR y RLR en la banda más ancha de 100-8000 Hz.

El Anexo E describe cómo puede determinarse el factor de efecto local para el oyente  $D$ .

El Anexo F muestra el cálculo de la sensibilidad del efecto local  $S_{meST}$  a partir de los datos de sensibilidad e impedancia en emisión y recepción.

El Suplemento N.º 11 presenta un método para estimar el valor de  $D$ .

# Reemplazada por una versión más reciente

Recomendación P.79

## CÁLCULO DE ÍNDICES DE SONORIDAD DE APARATOS TELEFÓNICOS

(Melbourne, 1988; modificada en Helsinki, 1993)

### 1 Parámetros del índice de sonoridad de los aparatos telefónicos

En la planificación de la transmisión y para fines reglamentarios, son de interés los siguientes parámetros del índice de sonoridad del aparato telefónico:

- índice de sonoridad en emisión, SLR (*send loudness rating*);
- índice de sonoridad en recepción, RLR (*receive loudness rating*).

Para los aparatos a 2 hilos, SLR y RLR han de determinarse para una gama adecuada de corrientes de alimentación y de cables de abonado.

El efecto local para el hablante se caracteriza por el índice de enmascaramiento del efecto local, STMR, que normalmente se determina por una gama de terminaciones representativa.

El efecto local para el oyente se caracteriza por el índice de efecto local para el oyente, LSTR (*listener's sidetone rating*), que caracteriza el ruido de sala captado a través del trayecto de efecto local eléctrico. Sin embargo, en la planificación de la transmisión a menudo es más útil evaluar de forma indirecta la característica de efecto local para el oyente de un aparato, por la siguiente diferencia:

$$D = LSTR - STMR$$

$D$  es un parámetro del aparato telefónico que es independiente de la terminación. Por ello, en el Anexo E se presentan fórmulas para el cálculo de  $D$ .

### 2 Algoritmo general del cálculo de índices de sonoridad

El algoritmo general del cálculo de los índices de sonoridad, LR, tiene la siguiente forma:

$$LR = -\frac{10}{m} \cdot \log \left\{ \sum_{i=N_1}^{N_2} 10^{0,1 \cdot m(S_i - W_i)} \right\} \quad (2-1)$$

donde

$m$  constante (del orden de 0,2).

La sumatoria ha de realizarse a las frecuencias  $F_i$ , separadas 1/3 de octava.

$W_i$  coeficiente de ponderación (diferente para los diversos LR);

$S_i$  sensibilidad a la frecuencia  $F_i$  del trayecto electroacústico considerado.

NOTAS

1 El valor de  $S_i$  ha de determinarse por los métodos descritos en las Recomendaciones P.64 y P.65 para aparatos telefónicos analógicos a 2 hilos. Los aparatos digitales se miden de acuerdo con 6/P.66, y los aparatos manos libres según 6/P.34.

2 También puede utilizarse la expresión «pérdida electroacústica»,  $L_i = -S_i$ .

3 Cuando se calcula SLR y RLR, sólo hay que incluir aquellas partes de la banda de frecuencias en las que puede tener lugar efectivamente una transmisión de señal, a fin de preservar la propiedad aditiva de LR. Por ello, sólo se utiliza la banda de frecuencias 200-4000 Hz.

# Reemplazada por una versión más reciente

## 3 Cálculo de SLR y RLR

En la ecuación (2-1),  $m = 0,175$ .

Los coeficientes de ponderación  $W_{si}$  y  $W_{ri}$  se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1/P.79

**Factores de ponderación  $W_i$  de SLR y RLR**

N.º de banda	Frecuencia central (Hz)	$W_{si}$ en emisión	$W_{ri}$ en recepción
4	200	76,9	85,0
5	250	62,6	74,7
6	315	62,0	79,0
7	400	44,7	63,7
8	500	53,1	73,5
9	630	48,5	69,1
10	800	47,6	68,0
11	1000	50,1	68,7
12	1250	59,1	75,1
13	1600	56,7	70,4
14	2000	72,2	81,4
15	2500	72,6	76,5
16	3150	89,2	93,3
17	4000	117,0	113,8

NOTA – Estas ponderaciones son 0,3 dB inferiores a las presentadas en la versión original de esta Recomendación en el Volumen V del *Libro Azul*, para tener en cuenta el cambio de sonoridad del IRS en la anchura de banda reducida.

Los valores de  $S_i$  se aplican del siguiente modo.

Para el SRL desde la boca artificial a una interfaz eléctrica de 600 ohmios (equivalente):

$$S_i = S_{mJ}(F_i) \quad (3-1)$$

Para el RLR desde una interfaz eléctrica de 600 ohmios (equivalente) al oído artificial, incluida la consideración de la fuga del auricular,  $L_E$

$$S_i = S_{Je}(F_i) - L_E(F_i) \quad (3-2)$$

Normalmente, la sensibilidad en recepción se mide con el oído artificial herméticamente fijado al auricular, de acuerdo con las Recomendaciones P.64 y P.65. Si el auricular tiene una forma convencional y el receptor es de un tipo más o menos similar al utilizado en el sistema intermedio de referencia (IRS), han de utilizarse los valores de  $L_E$  del Cuadro 2.

# Reemplazada por una versión más reciente

CUADRO 2/P.79

## Corrección debida a la fuga $L_E$ utilizada en las mediciones en un receptor de tipo IRS en condiciones herméticas

Frecuencia (Hz)	$L_E$ (dB)	Frecuencia (Hz)	$L_E$ (dB)
200	8,4	1000	-2,3
250	4,9	1250	-1,2
315	1,0	1600	-0,1
400	-0,7	2000	3,6
500	-2,2	2500	7,4
630	-2,6	3150	6,7
800	-3,2	4000	8,8

Si se utiliza un oído artificial más perfeccionado, que incorpore una fuga simulada, no se necesita ninguna corrección  $L_E$ , es decir,  $L_E = 0$  en la ecuación (3-2). (Véase también la Recomendación P.57.)

También para los teléfonos manos libres,  $L_E = 0$ .

## 4 Cálculo de STMR

En la ecuación (2-1),  $m = 0,225$ .

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes de ponderación  $W_{MS}$ .

Los valores de  $S_i$  corresponden al trayecto que va desde la boca artificial al oído artificial (en un mismo aparato) por el trayecto de efecto local eléctrico, causado por las desadaptaciones de impedancia de los aparatos analógicos a 2 hilos o por un circuito puente insertado entre el emisor y el receptor en los aparatos digitales.

$$S_i = S_{meST}(F_i) \quad (4-1)$$

NOTA – Las más de las veces, la configuración de la medición del efecto local consiste en una línea de abonado no cargada (o bien su equivalente eléctrico) terminada por una impedancia física nominal que puede ser compleja. Puede representarse entonces adecuadamente la curva de  $S_{meST}(f)$  por los puntos de frecuencia distanciados 1/3 de octava entre sí. Sin embargo, si la terminación consiste en un puerto a 2 hilos de una central digital, la respuesta  $S_{meST}(f)$  del efecto local puede variar muy rápidamente con la frecuencia, con lo que la separación de 1/3 de octava resulta demasiado gruesa. Esto sucede cuando la pérdida a través de la central es baja y hay fuertes reflexiones en el otro puerto a 2 hilos de la conexión. En este caso, el hablante percibiría tanto un efecto local como eco, lo que resta interés al cálculo formal de STMR.

# Reemplazada por una versión más reciente

CUADRO 3/P.79

## Factores de ponderación $W_{MS_i}$ de STMR

N.º de banda	Frecuencia central (Hz)	$W_{MS_i}$
(1)		(2)
1	100	110,4
2	125	107,7
3	160	104,6
4	200	98,4
5	250	94,0
6	315	89,8
7	400	84,8
8	500	75,5
9	630	66,0
10	800	57,1
11	1000	49,1
12	1250	50,6
13	1600	51,0
14	2000	51,9
15	2500	51,3
16	3150	50,6
17	4000	51,0
18	5000	49,7
19	6300	50,0
20	8000	52,8

## 5 Cálculo de LSTR

A excepción de  $S_i$ , el procedimiento es el mismo que para STMR, es decir,  $m = 0,225$  y los factores de ponderación son los presentados en el Cuadro 3.

Los valores de  $S_i$  se aplican desde una fuente sonora difusa al oído artificial, por el trayecto de efecto local eléctrico. (El nivel de presión sonora en campo difuso se mide en el MRP de la boca artificial en ausencia de la boca artificial.) Véase 9/P.64. Véase también el Manual sobre Telefonometría.

$$S_i = S_{RNST}(F_i) \quad (5-1)$$

### NOTAS

1 Si el micrófono y/o sus circuitos asociados no son lineales, tanto la voz artificial como el sonido difuso deben consistir en fuentes de ruido en la banda vocal con una configuración adecuada del espectro.

2 Las señales de efecto local en campo sonoro difuso pueden tener un nivel más bien bajo en determinadas bandas de frecuencias, lo que puede afectar a la precisión de las mediciones.

# Reemplazada por una versión más reciente

## Anexo A

### Principios fundamentales del cálculo de los índices de sonoridad

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

#### A.1 Introducción

De acuerdo con los principios descritos en la Recomendación P.76, los índices de sonoridad pueden determinarse sin recurrir a pruebas subjetivas, a condición de que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) disponer de un modelo teórico con una estructura adecuada;
- b) conocer los valores adecuados de los parámetros esenciales del modelo;
- c) conocer los valores de las sensibilidades en emisión y en recepción del sistema intermedio de referencia;
- d) conocer los valores de las sensibilidades en emisión y en recepción de los sistemas telefónicos locales «desconocidos» y la pérdida de inserción de la cadena de circuitos que intervienen.

Los métodos para determinar los valores de la sensibilidad en emisión y en recepción sirviéndose de una boca artificial y un oído artificial se han definido en la Recomendación P.64. Las características del sistema intermedio de referencia, determinadas de acuerdo con los mismos métodos, se han indicado en la Recomendación P.48. Los valores de la sensibilidad en recepción obtenidos por medio del oído artificial, actualmente mencionados en la Recomendación P.64 no pueden utilizarse directamente para la determinación de los índices de sonoridad, pero pueden corregirse para tener en cuenta las diferencias entre las presiones acústicas en oídos reales en las condiciones de las conversaciones telefónicas y las condiciones medidas con el oído artificial.

#### A.2 Definiciones y símbolos relativos a las presiones acústicas, sensibilidades y pérdidas de transmisión

A continuación se indican las definiciones y símbolos utilizados en la descripción subsiguiente de principios técnicos. Estos se ilustran en la Figura A.1.

##### A.2.1 Habla

Estas definiciones y símbolos caracterizan las condiciones en que una persona habla, e incluyen su relación física con el teléfono o la conexión de referencia.

MRP	Representa el punto de referencia boca (MRP, <i>mouth reference point</i> ); el MRP se encuentra en un lugar determinado con relación a los labios del hablante (véase la Recomendación P.64).
$p_M$	Presión acústica en MRP <sup>1)</sup> en ausencia de todo obstáculo.
$B'_S$	Densidad espectral (presión media a largo plazo) <sup>2)</sup> de la palabra referida a un MRP, en dB con relación a 20 $\mu$ Pa, en una anchura de banda de 1 Hz.
VL	Nivel vocal (VL, <i>vocal level</i> ), es decir, valor eficaz a largo plazo de la presión acústica de la voz del hablante en el MRP mientras está hablando; se expresa generalmente con relación a un nivel vocal de referencia dado.
SP	Posición de conversación (SP, <i>speaking position</i> ), es decir, la posición relativa del micrófono del aparato telefónico o sistema de referencia con respecto a los labios del hablante.

<sup>1)</sup> El nivel de referencia dado debe especificarse, por ejemplo, 1 Pa, 20  $\mu$ Pa, etc.

<sup>2)</sup> En la práctica, las medidas se efectúan en términos de presión acústica, y se sigue ese convenio para facilitar la explicación. Debe observarse que la presión acústica con relación a 20  $\mu$ Pa en una anchura de banda de 1 Hz es aproximadamente igual a la intensidad sonora con relación a 1 pW/m<sup>2</sup> por Hz.

# Reemplazada por una versión más reciente

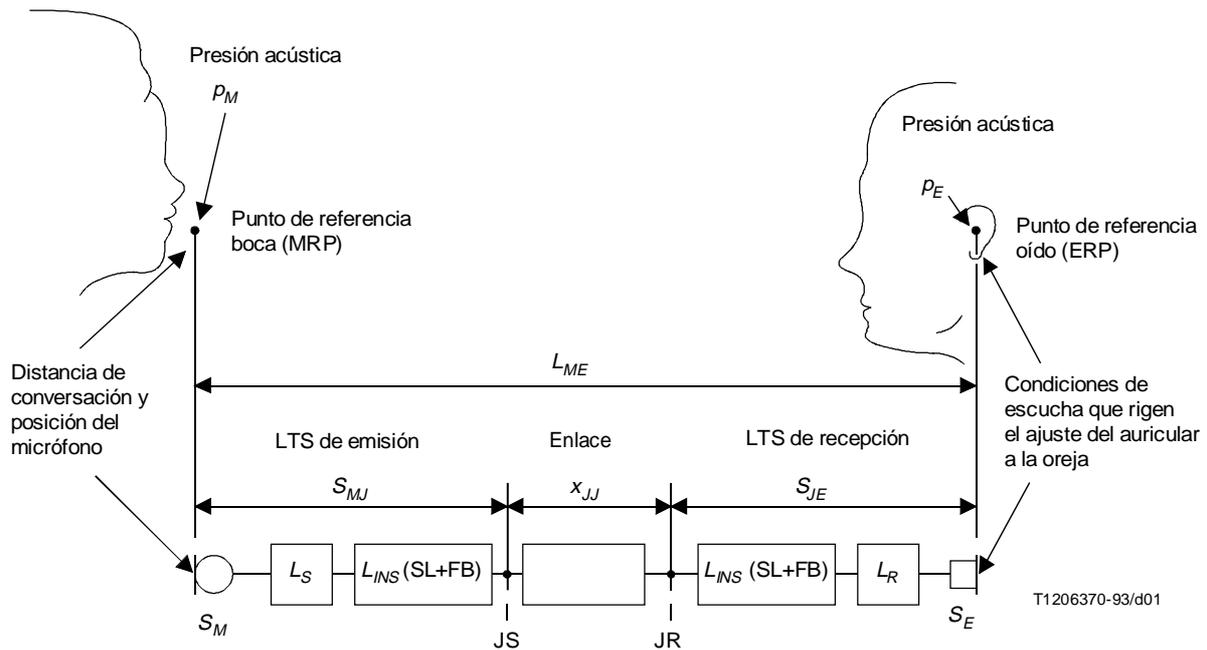


FIGURA A.1/P.79

## Factores que influyen en la sonoridad de la palabra recibida

### A.2.2 Escucha

Estas definiciones y símbolos caracterizan las condiciones en que una persona escucha, e incluyen su relación física con el teléfono o la conexión de referencia.

- ERP Representa el punto de referencia oído (ERP, *ear reference point*) (véase la Recomendación P.64).
- $P_E$  Presión en el ERP.
- $\beta_0$  Umbral de audibilidad para tonos puros, referido a un ERP, en dB, con relación a  $20 \mu\text{Pa}$ .
- $K$  Número relacionado con las bandas de frecuencia críticas de Fletcher, necesario para la conversión de los umbrales de audibilidad relativos a tonos puros en los correspondientes a sonidos de espectro continuo, como la palabra.
- $\beta_0 - K$  Umbral de audibilidad para sonidos de espectro continuo, referido a un ERP, en dB, con relación a  $20 \mu\text{Pa}$ , en una anchura de banda de 1 Hz.
- HL Pérdida de audición (HL, *hearing loss*), referida usualmente al umbral de audición «normal».
- LC Condiciones de escucha (LC, *listening conditions*), es decir, la manera en que el auricular y su acoplamiento al oído están relacionados con el ERP.

# Reemplazada por una versión más reciente

## A.2.3 Relativos al teléfono o a las conexiones de referencia

Estas definiciones y símbolos caracterizan objetivamente el teléfono o las conexiones de referencia.

$L_{ME}$	Pérdida de transmisión aire-aire, en dB, de un MRP a un ERP.
JS, JR	Interfaces eléctricas a la salida de un sistema telefónico local de transmisión y a la entrada de un sistema telefónico local de recepción.
LTS	Sistema telefónico local.
$S_{MJ}$	Sensibilidad en emisión de un sistema telefónico local desde el MRP a la salida eléctrica JS.  NOTA 1 – La $S_{MJ}$ se refiere a una boca mediana real; por razones de orden práctico, las sensibilidades medidas de acuerdo con la Recomendación P.64 sirviéndose de la boca artificial recomendada se pueden emplear para los microteléfonos.
$S_{JE}$	Sensibilidad en recepción de un sistema telefónico local desde la entrada eléctrica JR, al ERP.  NOTA 2 – La $S_{JE}$ se refiere a un oído mediano real; las sensibilidades medidas con el oído artificial a que se hace referencia en la Recomendación P.64 y según el método descrito en la misma se han designado por el símbolo $S_{Je}$ . Dichos valores deben corregirse para obtener valores adecuados de $S_{JE}$ .
$x_{JJ}$	Atenuación entre sistemas telefónicos locales, es decir, entre JS y JR de la Figura 1. Los circuitos que intervienen en conexiones telefónicas reales estarán constituidos por líneas de enlace, circuitos interurbanos, centros de conmutación, etc. Para las evaluaciones, se ha sustituido esta cadena de líneas por atenuaciones no reactivas y filtros, etc., que se han designado colectivamente por medio del término «enlace».
$S_{RMJ}, S_{RJE}, L_{RME}$ , etc.	Valores de $S_{MJ}, S_{JE}, L_{ME}$ , etc., aplicables a un trayecto telefónico de referencia, por ejemplo, al NOSFER, o al IRS definido en la Recomendación P.48.
$S_{UMJ}, S_{UJE}, L_{UME}$ , etc.	Valores de $S_{MJ}, S_{JE}, L_{ME}$ , etc., aplicables a un trayecto telefónico desconocido, por ejemplo, una conexión telefónica.
$x_{UR}, x_{RU}$	Valores de $x$ aplicables a combinaciones de un trayecto telefónico de emisión «desconocido» con un trayecto de recepción de referencia y a un trayecto de emisión de referencia con un trayecto de recepción «desconocido».
$S_M$	Sensibilidad de un micrófono telefónico referida a un MRP.
$S_E$	Sensibilidad de un receptor telefónico referida a un ERP.
$L_S$	Pérdida eléctrica de transmisión entre los terminales de un micrófono y los terminales de línea de un aparato telefónico.
$L_R$	Pérdida eléctrica de transmisión entre los terminales de línea de un aparato telefónico y los terminales de un receptor.
$L_{INS} (SL + FB)$	Pérdida de transmisión de la combinación formada por la línea de abonado ( $SL$ , <i>subscriber line</i> ) y el puente de alimentación ( $FB$ , <i>feeding bridge</i> ).

## A.3 Estructura del modelo teórico

### A.3.1 Definiciones relativas a la sonoridad, a su relación con el nivel de sensación y a los índices de sonoridad

Estas definiciones y símbolos se refieren a factores relativos a la sonoridad y a los índices de sonoridad de trayectos telefónicos.

$Z$	Nivel de sensación, en dB, de la señal vocal recibida a una frecuencia dada; describe la parte de la señal vocal recibida con un nivel superior al umbral y, en consecuencia, es la que produce efectivamente la sensación de sonoridad.
$Z_{RO}$	Valor de $Z$ cuando $L_{ME} = 0$ dB.
$Q(Z)$	Función de $Z$ relacionada con la sonoridad; transforma el nivel de sensación expresado en términos de $Z$ en sonoridad expresada numéricamente.
$m$	Parámetro que puede utilizarse para definir $Q(Z)$ ; representa la pendiente de $10 \log_{10} Q(Z)$ en función de $Z$ .

## Reemplazada por una versión más reciente

$S$	Función invariante de frecuencia; esta función es tal que los incrementos iguales de $S$ son de igual importancia para la sonoridad, siempre que los valores de $Z$ asociados sean los mismos.
$S'$	Derivada de $S$ con respecto a la frecuencia; $S' = dS/df$ . $S'$ puede considerarse como un factor de ponderación con respecto a la frecuencia.
$dS$	De lo anterior se desprende que $dS = S' df$ .
$\overline{Q(Z)}$	Valor medio ponderado de $Q(Z)$ , relacionado con la sonoridad total de una señal telefónica recibida.
$\lambda$	Sonoridad objeto de estudio.
OLR, SLR, RLR, JLR	Índices de sonoridad global, en emisión, en recepción y del enlace respectivamente.

### A.3.2 Modelo de sonoridad

Al estudiar trayectos de transmisión vocal es necesario definir sus terminales acústicos. Esto puede hacerse en función de los puntos MRP y ERP. No existen definiciones únicas de estos puntos de referencia, pero la definición de los que se utilizan aquí figura en la Recomendación P.64.

La curva 1 de la Figura A.2 muestra la densidad espectral  $B'_S$  de la palabra emitida con cierto nivel vocal y medida en el punto de referencia boca (MRP), en ausencia de todo obstáculo ante la boca<sup>3)</sup>. Puede considerarse que se hace la medida con un micrófono muy pequeño. Cuando la palabra llega al oído del participante en una conversación telefónica, habrá experimentado una atenuación y una distorsión en el trayecto telefónico total, y la densidad espectral puede representarse entonces como se muestra en la curva 2; el ERP al cual está referida la curva 2, a los efectos de la explicación, puede considerarse situado a la entrada del conducto auditivo, pero pudiera ser también el tímpano de la persona que escucha. En los estudios actuales se utiliza un punto de referencia situado a la entrada del conducto auditivo (como se indica en el Anexo A/P.64). El intervalo  $L_{ME}$  entre las curvas 1 y 2 representa la atenuación «boca-oído» y, por lo general, depende de la frecuencia.

La densidad espectral de los sonidos vocales recibidos, representada por la curva 2, no contribuye uniformemente a la sonoridad, es decir, que cuando es inferior al umbral de audición de la persona que escucha contribuye muy poco en comparación con los valores claramente superiores a ese umbral. Esto se tiene en cuenta mediante la definición de una magnitud denominada «nivel de sensación» ( $Z$ ), que es la diferencia entre la densidad espectral de los sonidos vocales recibidos (curva 2) y el umbral de la audición para sonidos de espectro continuo ( $\beta_0 - K$ ) mostrado en la curva 3. En consecuencia, la sonoridad de los sonidos vocales recibidos depende de  $Z$  que, en general, depende a su vez de la frecuencia.

Diversos estudios han demostrado<sup>4)</sup> que la sonoridad,  $\lambda$ , puede expresarse aproximadamente en función de  $Z$  mediante la expresión siguiente:

$$\lambda = C \int_{f_1}^{f_2} Q(Z) S' df \quad (\text{A-1})$$

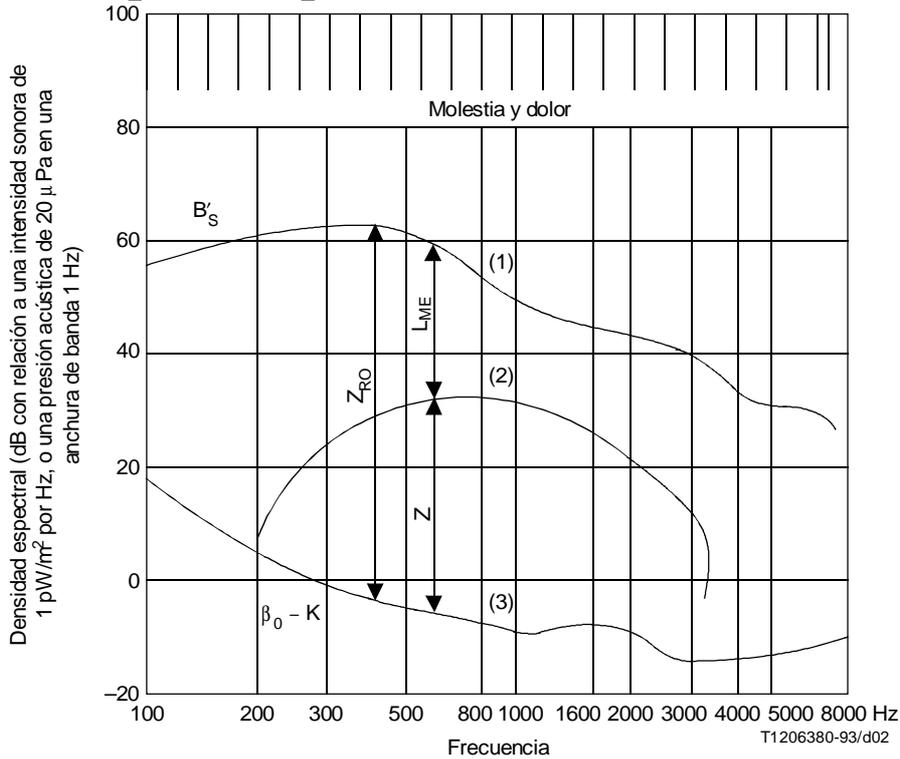
donde  $C$  es una constante,  $Q(Z)$  es una «función de crecimiento de la sonoridad» que transforma  $Z$  de tal manera que incrementos iguales de los valores transformados representan incrementos iguales de sonoridad;  $S'$  es una «función de ponderación frecuencial» que pondera los valores transformados  $Z$  de acuerdo con sus posiciones en la escala de frecuencias; y  $f_1$  y  $f_2$  corresponden a los límites inferior y superior de la banda de frecuencias que interesa.

Si se desea, la escala de frecuencias puede transformarse en una escala de valores de  $S$ , en la que incrementos iguales tienen la misma «importancia» en lo que concierne a la sonoridad.

<sup>3)</sup> Véase la definición del MRP en el Anexo A/P.64.

<sup>4)</sup> Este modelo no pretende representar exactamente todas las características relativas a la percepción de la sonoridad de la palabra; por ejemplo, no tiene en cuenta los efectos de enmascaramiento entre frecuencias y no predice la creciente importancia de las frecuencias más bajas, a medida que aumenta la intensidad del sonido a partir del umbral. Es posible elaborar modelos que representen adecuadamente un número mayor de características, pero no se conoce un modelo suficientemente completo. Dichos modelos son innecesariamente complicados para calcular los índices de sonoridad. La limitación más importante en la utilización del modelo descrito en esta Recomendación es que debe utilizarse para efectuar comparaciones con el nivel de escucha constante indicado en la Recomendación P.76.

# Reemplazada por una versión más reciente



- Curva (1) Densidad espectral de la palabra en el punto de referencia boca
- Curva (2) Densidad espectral de la palabra en el punto de referencia oído después de su transmisión por un trayecto cuya atenuación se aproxima al límite
- Curva (3) Umbral de audibilidad para sonidos de espectro continuo

FIGURA A.2/P.79

## Determinación del nivel de sensación $Z$ , parte de la señal vocal recibida que produce efectivamente la sensación sonora

Así

$$S' = \frac{dS}{df} \quad (A-2)$$

y por consiguiente:

$$\lambda = C \int_{S_1}^{S_2} Q(Z) dS \quad (A-3)$$

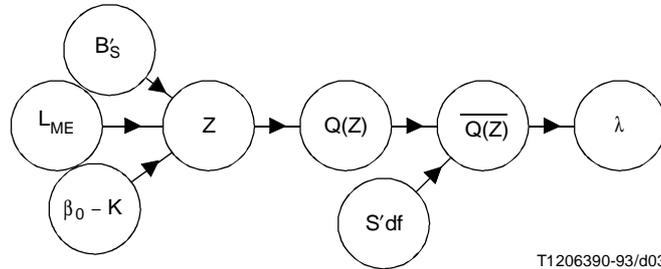
donde  $S_1$  y  $S_2$  son los valores de  $S$  que corresponden, respectivamente, a  $f_1$  y  $f_2$ .

Los elementos básicos para determinar los índices de sonoridad se representan en el diagrama de la Figura A.3. Este diagrama muestra un espectro de «referencia» disminuido por la atenuación de una conexión telefónica, lo que da por resultado un espectro recibido que, conjuntamente con el umbral de audibilidad, produce  $Z$ , cuyos valores (función de la frecuencia) son determinantes en la producción de la sensación de sonoridad. Así

$$Z = B'_S - L_{ME} - (\beta_0 - K) \quad (A-4)$$

# Reemplazada por una versión más reciente

y  $Z$ , que es función de la frecuencia, se convierte a sonoridad,  $\lambda$ , de acuerdo con las ecuaciones mencionadas anteriormente, en las cuales  $Z$  se transforma en valores numéricos de sonoridad, que subsiguientemente son ponderados por la función de ponderación con respecto a la frecuencia para obtener  $\overline{Q(Z)}$ ; al multiplicarse  $\overline{Q(Z)}$  por una constante se obtiene  $\lambda$ , la sonoridad de la palabra recibida, expresada en una unidad conveniente.



T1206390-93/d03

FIGURA A.3/P.79

Esquema de principio que muestra la forma en que la sonoridad,  $\lambda$ , está relacionada con el nivel de sensación,  $Z$

El diagrama de la Figura A.3 representa sólo los elementos básicos del proceso de obtención del índice de sonoridad. Estos elementos requieren especificaciones ulteriores para que sean unívocos. Por ejemplo,  $B'S$  depende del hablante y de su nivel vocal particular, de la frase utilizada en la prueba, y de la posición de los labios con respecto al micrófono del aparato telefónico, determinada por la forma en que se emplee y por la definición algo arbitraria del MRP. Análogamente, la densidad espectral recibida depende del oyente y de sus características individuales, por ejemplo, de la forma en que el auricular se ajuste a la oreja cuando el microtelefono se sostiene del modo prescrito, de si esta persona adolece o no de pérdida de audición, y de la definición del ERP.

Además, los estudios de un plan de transmisión exigen que la pérdida de una conexión telefónica,  $L_{ME}$ , se descomponga en partes componentes: una componente de emisión, una de recepción y una de interconexión.

La función  $Q(Z)$  puede especificarse, en parte, fijando un parámetro  $m$ , que es la pendiente del logaritmo de  $Q(Z)$  representado en función de  $Z$ . En realidad,  $m$  depende del nivel de escucha (o  $Z$ ) en el caso general, pero puede considerarse constante en una amplia y útil gama de  $Z$ .

Estos factores adicionales, que actualmente se consideran importantes, se incluyen en el diagrama de la Figura A.4 que es una ampliación de la Figura A.3. La influencia de estos factores puede apreciarse en función de las consideraciones anteriores y de las definiciones dadas en A.3.1. La Figura A.3 complementa estas definiciones.

## A.4 Valores de los parámetros

### A.4.1 Consideraciones generales

Para aplicar el modelo en la forma descrita en la cláusula 3, es necesario, en principio, asignar valores a los siguientes parámetros:

$B'S$	en función de la frecuencia
$10 \log_{10} S'$	en función de la frecuencia
$m$	que define (en parte) la función de crecimiento de la sonoridad $Q(Z)$
$\beta_0 - K$	en función de la frecuencia.

# Reemplazada por una versión más reciente

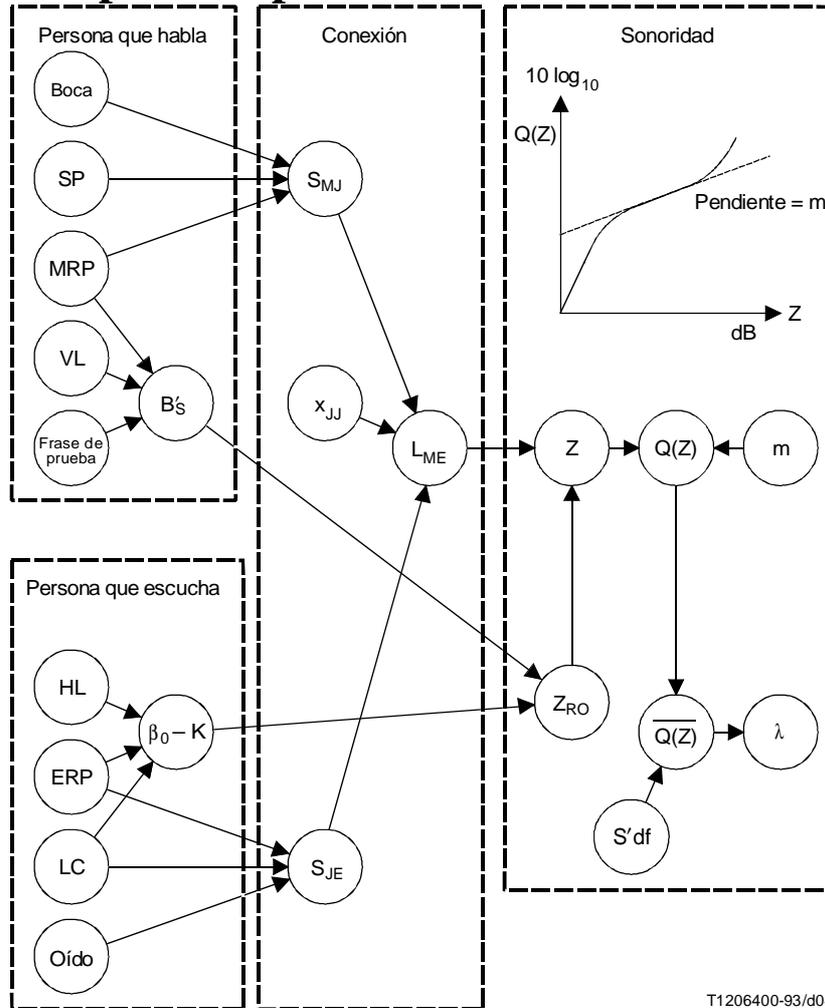


FIGURA A.4/P.79

## Diagrama de flujo

En realidad, para los actuales efectos, es conveniente agrupar todos estos parámetros en uno solo dependiente de la frecuencia, que pueda utilizarse con  $m$  para calcular los índices de sonoridad en emisión, en recepción y del enlace y la pérdida de inserción de la sonoridad en elementos eléctricos como los filtros de canal en conexiones telefónicas comerciales.

A continuación se explica la deducción teórica de este parámetro dependiente de la frecuencia,  $G$ .

$G$ , junto con  $m$ , puede calcularse directamente a partir de los resultados de las pruebas subjetivas de equilibrado de la sonoridad, realizadas utilizando conjuntos de filtros paso bajo y paso alto en un sistema de referencia adecuado.

### A.4.2 Deducción teórica de $G$

La ecuación (A-1) puede expresarse como sigue:

$$\lambda_U = C \int Q(Z_U) S' df \quad (\text{A-5a})$$

y

$$\lambda_R = C \int Q(Z_R) S' df \quad (\text{A-5b})$$

## Reemplazada por una versión más reciente

en donde  $\lambda_U$  y  $\lambda_R$  representan los índices de sonoridad recibida a través de los trayectos vocal «desconocido» y vocal de referencia, respectivamente, y  $Z_U$  y  $Z_R$  son los valores correspondientes del nivel de sensación (que es función de la frecuencia).

El método de cálculo que ha de describirse está basado en la hipótesis (ampliamente comprobada en escalas limitadas del nivel de audición) de que la función  $Q(Z)$  puede expresarse en la forma

$$Q(Z) = \text{constante} \cdot 10^{m(1/10)Z} \quad (\text{A-6})$$

(La base 10 y el factor de exponente, 1/10, se usan sencillamente para mantener la analogía con los decibelios en que se expresan las unidades  $Z$ .)

Sea

$$Z_{RO} = B'_S - (\beta_0 - K) \quad (\text{A-7})$$

sustituyendo la fórmula (A-4) se obtiene:

$$Z_U = Z_{RO} - L_{UME} \quad (\text{A-8a})$$

$$Z_R = Z_{RO} - L_{RME} \quad (\text{A-8b})$$

Sustituyendo estas expresiones en las fórmulas (A-5a) y (A-5b) y simplificándolas se obtiene:

$$\lambda_U = C \int 10^{-m(1/10)L_{UME}} [10^{m(1/10)Z_{RO}} S'] df \quad (\text{A-9a})$$

$$\lambda_R = C \int 10^{-m(1/10)L_{RME}} [10^{m(1/10)Z_{RO}} S'] df \quad (\text{A-9b})$$

Puede considerarse que el índice de sonoridad es la atenuación  $\Delta x$  (independiente de la frecuencia) restada del trayecto vocal «desconocido» para que  $\lambda_U = \lambda_R$ .

Si convenimos que

$$G = [10^{m(1/10)Z_{RO}} S'] \quad (\text{A-10})$$

y sustituimos  $L_{UME}$  por  $L_{UME} - \Delta x$  en la fórmula (A-9a) se consigue que las funciones de  $\lambda$  sean iguales.

Por consiguiente

$$\int 10^{-m(1/10)(L_{UME} - \Delta x)} G df = \int 10^{-m(1/10)L_{RME}} G df \quad (\text{A-11})$$

$$10^{-m(1/10)\Delta x} = \frac{\int 10^{-m(1/10)L_{UME}} G df}{\int 10^{-m(1/10)L_{RME}} G df} \quad (\text{A-12})$$

y

$$\Delta x = -m^{-1} 10 \log_{10} \int 10^{-m(1/10)L_{UME}} G df - \left\{ m^{-1} 10 \log_{10} \int 10^{-m(1/10)L_{RME}} G df \right\} \quad (\text{A-13})$$

## Reemplazada por una versión más reciente

Sin que influya en la igualdad, puede multiplicarse  $G$  por una constante adecuada para que  $\int Gdf=1$ ; seguidamente puede emplearse  $G$  como factor de ponderación<sup>5)</sup> y cada término del miembro de la derecha adopta la forma:

$$\Phi^{-1}\left[\int \Phi(L)Gdf\right]=\bar{L}$$

Por consiguiente, el índice de sonoridad  $\Delta x$  se expresa así

$$\Delta x = \overline{L_{UME}} - \overline{L_{RME}}$$

Pueden considerarse que los términos  $\overline{L_{UME}}$  y  $\overline{L_{RME}}$  representan la «atenuación media ponderada de la boca al oído» de los trayectos telefónicos «desconocido» y de referencia, respectivamente. En cada una de estas ecuaciones la integración (y por consiguiente el promedio) abarca la gama de frecuencias comprendida entre los límites inferior y superior útiles.

A los efectos del cálculo, se divide la gama de frecuencias audibles en un número ( $N$ ) de bandas contiguas; se utilizan aquí las 20 bandas preferidas de la ISO, cuyas frecuencias centrales tienen una separación aproximada de 1/3 de octava de 100 a 8000 Hz. El promedio de los valores  $\overline{L_{UME}}$  se obtiene mediante sumas de la forma:

$$\overline{L_{UME}} = -m^{-1} 10 \log_{10} \sum_i^N 10^{-m(1/10)L_{UME}} G \Delta f \quad (\text{A-15})$$

La atenuación acústica de un trayecto vocal es, por lo general, función de la frecuencia y puede definirse como sigue

$$L_{UME} = 20 \log_{10} \frac{p_M}{p_E} \quad (\text{A-16})$$

donde  $p_M$  y  $p_E$  son los valores definidos en A.2.1 y A.2.2.

Es necesario conocer los valores de  $L_{UME}$  a cada frecuencia, además de  $G \Delta f$ ; naturalmente  $L_{UME}$  depende del trayecto telefónico que se examine, pero los valores de  $G \Delta f$  y otros datos comunes a todos los trayectos vocales se indican a continuación.

### A.4.3 Determinación de los valores de $G$

Los valores asignados a  $G$  proceden del análisis de resultados de pruebas de equilibrado de la sonoridad, realizadas por el Laboratorio del CCITT utilizando un trayecto vocal especial constituido por el NOSFER, pero con una respuesta en frecuencia en emisión más nivelada, mediante una ecualización. En el «enlace» de este trayecto vocal se insertaron sucesivamente cada uno de los grupos de filtros especiales paso alto y paso bajo.

Se efectuaron equilibrados con cada filtro y con el trayecto «de extremo a extremo»; cada uno se trató como «desconocido» durante el calibrado para determinar los equivalentes relativos comparados con el NOSFER, estando el enlace puesto a 25 dB. El equilibrado se efectuó mediante el método del «margen», esto es, variando la pérdida de transmisión en el «desconocido». Se calcularon los valores de  $\Delta x$  para cada filtro y se corrigieron para la atenuación en la banda de paso. Como frecuencias de corte se tomaron aquellas a las que la pérdida de transmisión era 10 dB mayor que la pérdida de la transmisión en la banda de paso.

Alisando los resultados y por interpolación en los bordes apropiados de las 20 bandas de frecuencias preferidas de la ISO centradas en las frecuencias de 100 a 8000 Hz fue posible, en primer lugar, calcular  $m$ ;  $m = 3/\Delta x$  si tomamos como el valor de  $\Delta x$  a la frecuencia en que  $\Delta x$  tiene el mismo valor para el filtrado paso alto y paso bajo. Después, aplicando la ecuación (A-12) y cierta iteración, fue posible obtener un conjunto de valores para  $G$  que satisfacen los datos experimentales. Obsérvese que  $L_{RME}$  en las ecuaciones (A-11) a (A-14) representa la atenuación de transmisión de boca a oído del trayecto «de extremo a extremo» y  $L_{UME}$  representa la atenuación del mismo trayecto con el filtro insertado.

Los resultados figuran en el Cuadro A.1, siendo 0,175 el valor determinado para  $m$ .

<sup>5)</sup> Las ecuaciones (A-7) y (A-10) muestran que  $G$ , en función de la frecuencia, depende del valor de  $m$  y de las funciones  $B'_S$ ,  $\beta_0$ ,  $K$  y  $S'$ , que dependen de la frecuencia.

# Reemplazada por una versión más reciente

## A.5 Cálculo de los índices de sonoridad

### A.5.1 Obtención de las fórmulas y ponderaciones $W$

El método subjetivo descrito en la Recomendación P.78 puede describirse mediante los diagramas de flujo ilustrados en la Figura A.5, que también están basados en la estructura del modelo aquí utilizado (véase la Figura A.4). Los diagramas situados a la izquierda en las partes a), b), c) y d) de la Figura A.5 son una versión modificada de los diferentes trayectos mostrados en la Figura A.1/P.78.

CUADRO A.1/P.79

Valores de  $10 \log_{10} G$  y de  $10 \log_{10} G \Delta f$

Frecuencia media (Hz)	$\Delta f$ (Hz)	$10 \log_{10} G$ (dB)	$10 \log_{10} G \Delta f$ (dB)
100	22,4	-32,63	-19,12
125	29,6	-29,12	-14,41
160	37,5	-27,64	-11,90
200	44,7	-28,46	-11,96
250	57,0	-28,58	-11,02
315	74,3	-31,10	-12,39
400	92,2	-29,78	-10,14
500	114,0	-32,68	-12,12
630	149,0	-33,21	-11,48
800	184,0	-34,14	-11,49
1000	224,0	-35,33	-11,83
1250	296,0	-37,90	-13,19
1600	375,0	-38,41	-12,67
2000	447,0	-41,25	-14,75
2500	570,0	-41,71	-14,15
3150	743,0	-45,80	-17,09
4000	922,0	-43,50	-13,86
5000	1140,0	-47,13	-16,56
6300	1490,0	-48,27	-16,54
8000	1840,0	-46,47	-13,82

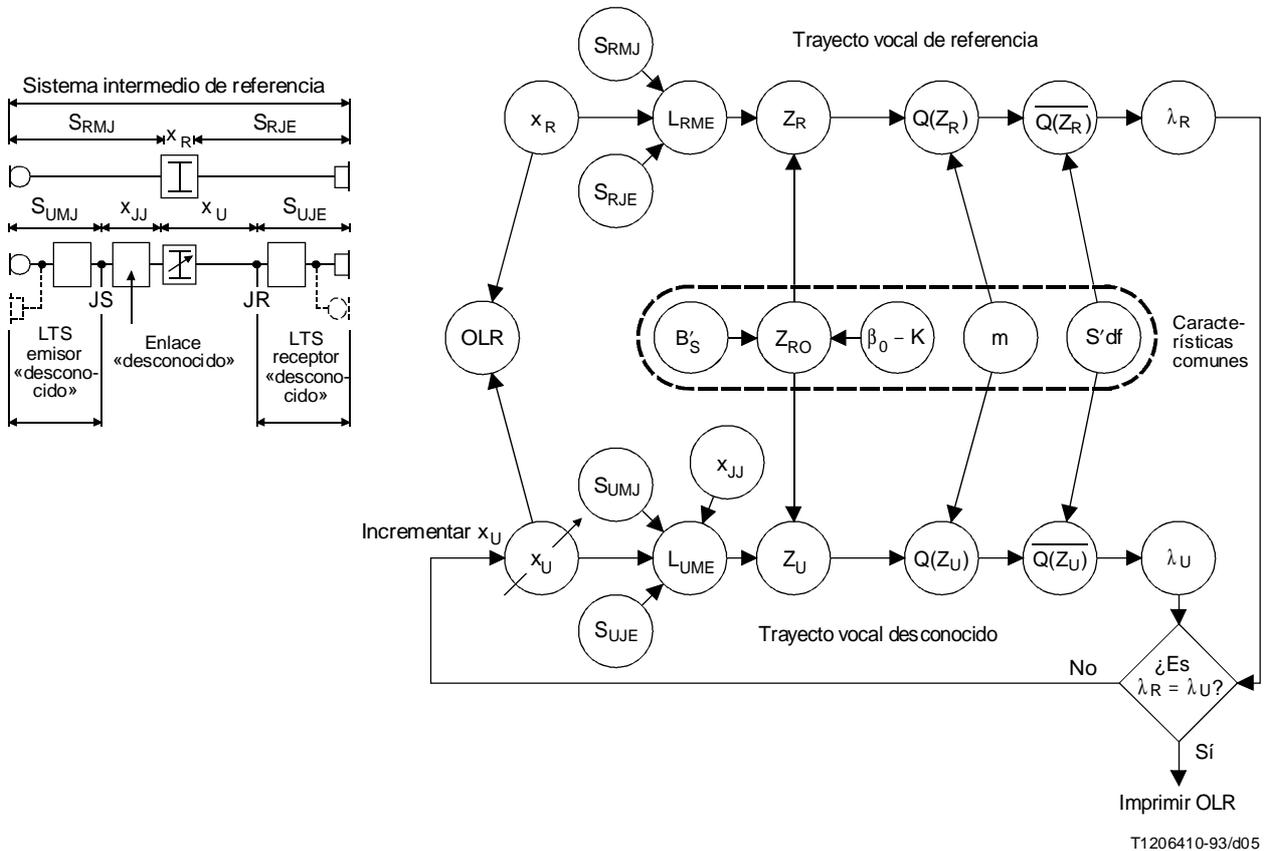
Aquí se presentan las fórmulas básicas de SLR, RLR, OLR y JLR. Sin embargo, en los cálculos de LR no deberían utilizarse los valores numéricos de los coeficientes de ponderación  $W_i$ , por varias razones:

- en la planificación de la transmisión, de los citados LR, normalmente sólo se utiliza el SLR y el RLR del sistema telefónico local (LTS, *local telephone system*), y sólo en la banda 200-4000 Hz. El cálculo se describe en la cláusula 3;
- en casos excepcionales hay que calcular OLR cuando una etapa de conmutación local y sus aparatos telefónicos asociados han de tratarse como una «caja negra» con entradas y salidas acústicas. En el Anexo D se presentan las ponderaciones  $W_i$  correspondientes;
- se utiliza índice de sonoridad del circuito (CLR, *circuit loudness rating*) en vez de JLR. Véase el Anexo A/G.111.

En la Recomendación P.76 se exponen los antecedentes históricos fundamentales del concepto de índices de sonoridad del CCITT, que sirve de base a un método racional de planificación de la transmisión. Sin embargo, en la planificación de la transmisión moderna se han introducido algunos aspectos adicionales de los índices de sonoridad; véase el Anexo A/G.111.

# Reemplazada por una versión más reciente

En la Figura A.5 se ilustra el procedimiento cuando se conocen los valores de todos los parámetros mencionados en A.1, A.2 y A.3. En el diagrama a) de la Figura A.5 los parámetros que aparecen agrupados son los utilizados para formar el parámetro compuesto  $G$  descrito en A.4. Es posible otra agrupación, como se indica en los diagramas b), c) y d) de la Figura A.5. Asimismo, se observará que todo el trayecto desde  $x_R$  a  $\lambda_R$  es también común a los cuatro diagramas de flujo. Esta característica puede utilizarse para reducir el procedimiento de cálculo a una fórmula que es muy fácil de calcular.



a) Índice de sonoridad global (OLR)

## Nota para el diagrama a)

El trayecto «desconocido» está compuesto por las cuatro partes siguientes:

- sistema telefónico local (LTS, *local telephone system*) emisor, que comprende el aparato telefónico, la línea de abonado y el puente de alimentación, hasta JS de la Figura A.1;
- sistema telefónico local (LTS) receptor, que comprende el puente de alimentación, la línea de abonado y el aparato telefónico a partir de JR de la Figura A.1;
- el conjunto de enlaces interurbanos y de circuitos interurbanos que intervienen en la comunicación real entre JS y JR;
- una atenuación suplementaria de transmisión, ajustable,  $x_U$ , introducida de modo que no perturbe la característica de frecuencia global de la comunicación completa, sino que aumente la pérdida de transmisión en un mismo valor en todas las frecuencias.

Si las impedancias imagen de la parte de la comunicación real entre JS y JR son de 600 ohmios  $\angle 0^\circ$ , la definición de  $x_U$  y la introducción de la atenuación suplementaria  $x_U$  no plantearán dificultad alguna. En caso contrario habrá que determinar la atenuación imagen de una red virtual con impedancias imagen de 600 ohmios (resistencia) (deberá también construirse una red si hay que llevar a cabo determinaciones subjetivas). Se plantean dificultades particulares si la comunicación real no contiene, entre JS y JR, ninguna parte con impedancias imagen de 600 ohmios (como en una comunicación local); sin embargo, estas dificultades pueden ser resueltas por cálculo. Siempre que exista una parte que presente una atenuación de unos 7 dB por lo menos e impedancias de 600 ohmios, las dificultades pueden resolverse bastante fácilmente.

FIGURA A.5/P.79

## Diagramas de flujo que ilustran la determinación de índices de sonoridad

# Reemplazada por una versión más reciente

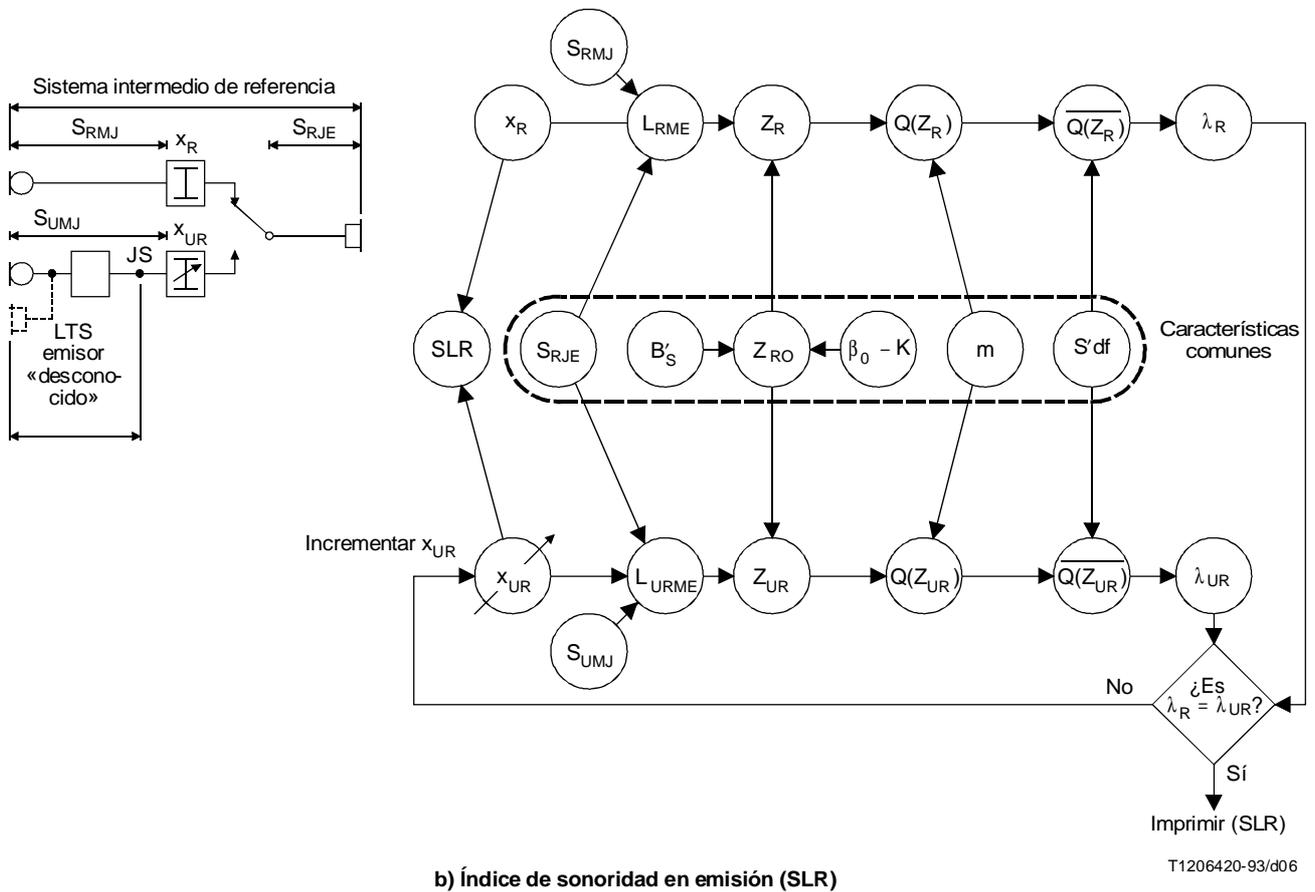
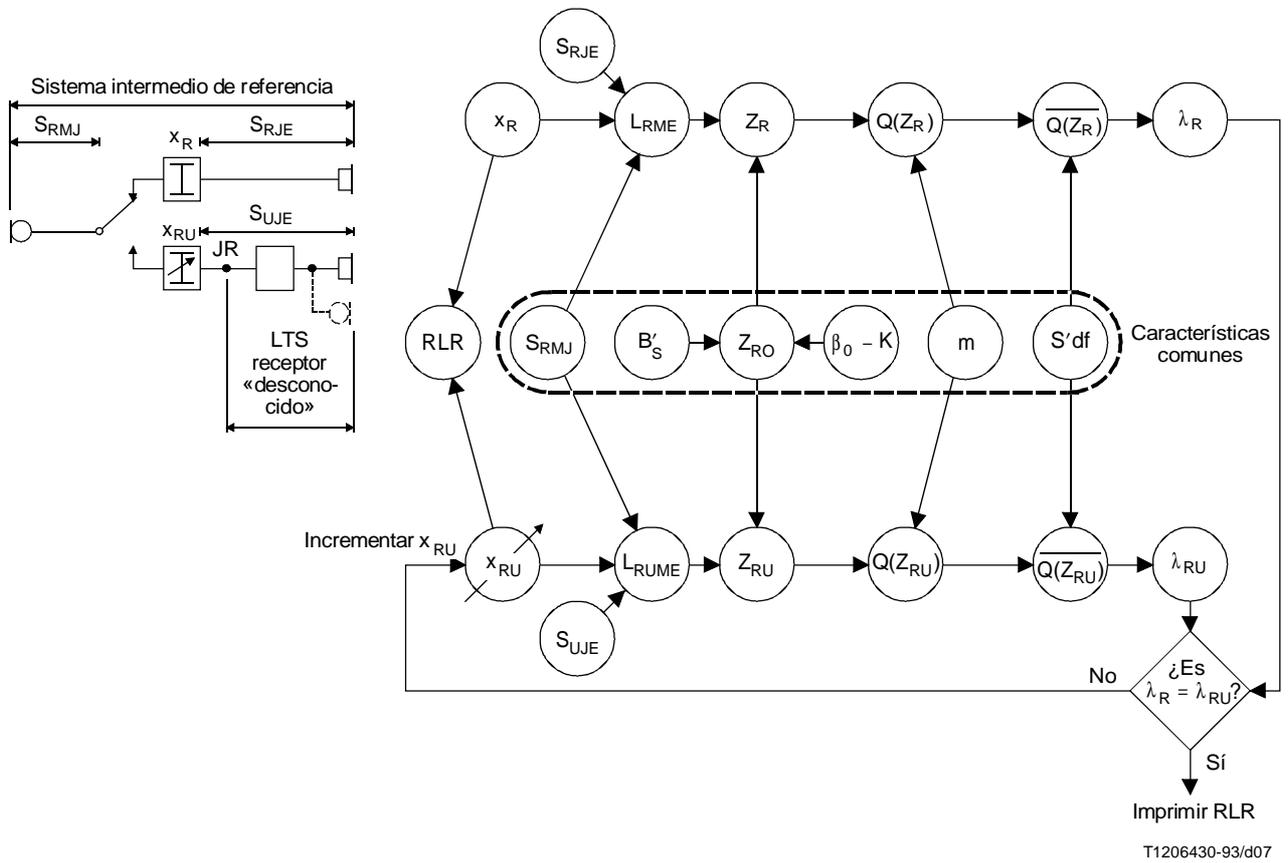


FIGURA A.5/P.79 (cont.)

Diagramas de flujo que ilustran la determinación de índices de sonoridad

# Reemplazada por una versión más reciente



c) Índice de sonoridad en recepción (RLR)

FIGURA A.5/P.79 (cont.)

Diagramas de flujo que ilustran la determinación de índices de sonoridad

# Reemplazada por una versión más reciente

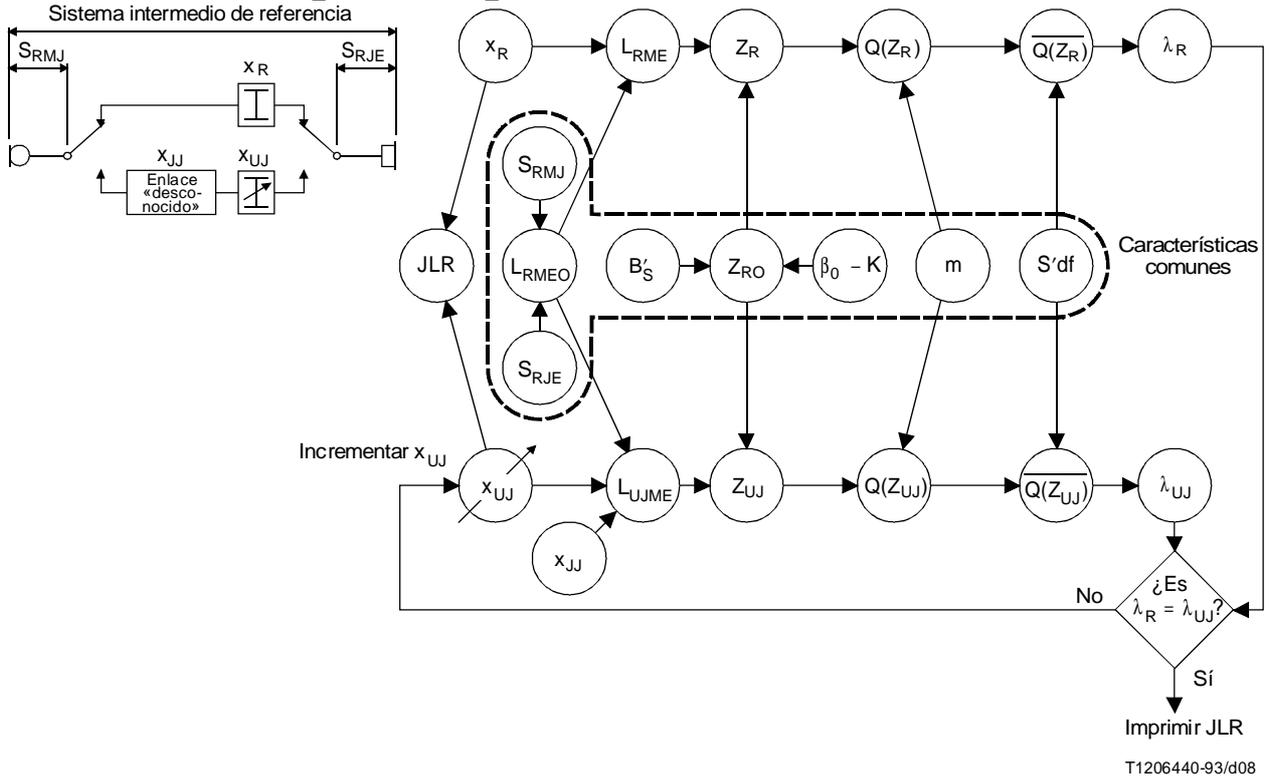


FIGURA A.5/P.79 (fin)

## Diagramas de flujo que ilustran la determinación de índices de sonoridad

Tomando  $m$  constante con el valor de 0,175, puede utilizarse la sustitución:

$$W_i = -57,1 \log_{10} G \Delta f \tag{A-17}$$

La fórmula (A-15) puede simplificarse como sigue:

$$\overline{L_{UME}} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{-(1/57,1)(L_{UME} + W_i)} \tag{A-18}$$

A los efectos de estos cálculos, puede considerarse que el trayecto vocal de referencia es el sistema intermedio de referencia (IRS, *intermediate reference system*) definido en la Recomendación P.48 y con su atenuación puesta a 0 dB; una vez fijado el trayecto vocal de referencia,  $L_{RME}$  permanece constante, es decir, independiente de  $i$ . Por consiguiente, pueden combinarse las ecuaciones (A-14) y (A-18) para formar

$$\text{Índice de sonoridad} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{-(1/57,1)(L_{UME} - \overline{L_{RME}} + W_i)} \tag{A-19}$$

Al determinar la calidad de los sistemas telefónicos locales comerciales pueden obtenerse los valores de  $L_{UME}$  para cualquier trayecto vocal «desconocido», sumando algebraicamente las sensibilidades pertinentes en emisión y en recepción  $S_{MJ}$  y  $S_{JR}$ , siguiendo las combinaciones adecuadas.

## Reemplazada por una versión más reciente

Para determinar el «índice de sonoridad global» (OLR):

$$L_{UME} = -(S_{UMJ} + S_{UJE}) \quad (\text{A-20a})$$

Para determinar el índice de sonoridad en emisión (SLR) de un circuito telefónico local se efectúa la suma:

$$L_{URME} = -(S_{UMJ} + S_{RJE}) \quad (\text{A-20b})$$

Para determinar el índice de sonoridad en recepción (RLR) de un circuito telefónico local, se aplica:

$$L_{RUME} = -(S_{RMJ} + S_{UJE}) \quad (\text{A-20c})$$

y para determinar un índice de sonoridad del enlace (JLR)

$$L_{UJME} = -(S_{RMJ} + S_{RJE}) + x_{JJ}$$

y (A-20d)

$$L_{RMEO} = -(S_{RMJ} + S_{RJE})$$

y

Efectuando las correspondientes sustituciones en la fórmula (A-19) se tiene:

$$\text{OLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(S_{UMJ} + S_{UJE} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \quad (\text{A-21a})$$

$$\text{SLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(S_{UMJ} + S_{RJE} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \quad (\text{A-21b})$$

$$\text{RLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(S_{UJE} + S_{RMJ} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \quad (\text{A-21c})$$

$$\text{JLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(-x_{JJ} - L_{RMEO} + \overline{L_{RME}} - W_i)} \quad (\text{A-22})$$

Como los términos  $\overline{L_{RME}}$  y  $W_i$  son comunes a todas las expresiones (A-21) es posible efectuar nuevas simplificaciones mediante las siguientes sustituciones:

$$W_O = W_i - \overline{L_{RME}} \quad (\text{A-22a})$$

$$W_S = W_i - S_{RJE} - \overline{L_{RME}} \quad (\text{A-22b})$$

$$W_R = W_i - S_{RMJ} - \overline{L_{RME}} \quad (\text{A-22c})$$

$$W_J = W_i + L_{RMEO} - \overline{L_{RME}} \quad (\text{A-22d})$$

## Reemplazada por una versión más reciente

Una vez hechas las sustituciones, las ecuaciones se convierten en:

$$\text{OLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(S_{UMJ} + S_{UJE} - W_o)} \quad (\text{A-23a})$$

$$\text{SLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(S_{UMJ} - W_s)} \quad (\text{A-23b})$$

$$\text{RLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(S_{UJE} - W_R)} \quad (\text{A-23c})$$

$$\text{JLR} = -57,1 \log_{10} \sum_i^N 10^{(1/57,1)(-x_{JJ} - W_J)} \quad (\text{A-23d})$$

En el Cuadro A.2 se muestran los valores de estos factores de ponderación, que se han deducido de la información que figura en el Cuadro A.1, con  $m = 0,175$ .

CUADRO A.2/P.79

### Factores de ponderación para calcular los índices de sonoridad

N.º de banda	Frecuencia central (Hz)	Emisión $W_s$	Recepción $W_R$	Enlace $W_J$	Global $W_o$
1	100	154,5	152,8	200,3	107,0
2	125	115,4	116,2	151,5	80,1
3	160	89,0	91,3	114,6	65,7
4	200	77,2	85,3	96,4	66,1
5	250	62,9	75,0	77,2	60,7
6	315	62,3	79,3	73,1	68,5
7	400	45,0	64,0	53,4	55,6
8	500	53,4	73,8	60,3	66,9
9	630	48,8	69,4	54,9	63,3
10	800	47,9	68,3	52,8	63,4
11	1000	50,4	69,0	54,1	65,3
12	1250	59,4	75,4	61,7	73,1
13	1600	57,0	70,7	57,6	70,1
14	2000	72,5	81,7	72,2	82,0
15	2500	72,9	76,8	71,1	78,6
16	3150	89,5	93,6	87,7	95,4
17	4000	117,3	114,1	154,5	76,9
18	5000	157,3	144,6	209,5	92,4
19	6300	172,2	165,8	245,8	92,2
20	8000	181,7	166,7	271,7	76,7

# Reemplazada por una versión más reciente

## Anexo B

### Principios fundamentales del cálculo del enmascaramiento del efecto local

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

#### B.1 Cálculo basado en los principios fundamentales

En la Recomendación P.76 se describen los principios de base del método de determinación del índice de enmascaramiento para el efecto local que trata la señal de efecto local humano,  $L_{MEHS}$ , como un umbral de enmascaramiento respecto al cual se evalúa la atenuación del trayecto de efecto local del teléfono,  $L_{meST}$ . Como se indica anteriormente, se ha determinado la atenuación del trayecto de efecto local humano,  $L_{MEHS}$ , conforme se muestra gráficamente en la Figura A.4/P.76 y en forma tabular en el Cuadro B.1. Se indican en el Cuadro B.1 dos conjuntos de valores, según que las condiciones de interés correspondan a un acoplamiento hermético del auricular (columna 9) o a uno no hermético, con fuga típica (columna 10).

El método de cálculo del índice de enmascaramiento del efecto local (STMR) hace uso de los mismos principios de base aplicables a los índices de sonoridad en emisión y recepción que se exponen en A.3 y A.4. El procedimiento de cálculo se resume mediante la expresión siguiente:

$$STMR = \frac{10}{m} \log_{10} \frac{\sum 10^{\frac{mZ_l + 10 \log_{10} S' \Delta f}{10}}}{\sum 10^{\frac{mZ + 10 \log_{10} S' \Delta f}{10}}} \quad (B-1)$$

donde

$$Z = B'_S - L_{meST} - L_E - 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{\beta_0 - K}{10}} + 10^{\frac{\beta'_S - L_{MEHS}}{10}} \right) \quad (B-2)$$

y

$$Z_l = B'_S + S_{RMJ} + S_{RJe} - L_E - 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{\beta_0 - K}{10}} + 10^{\frac{\beta'_S - L_{MEHS}}{10}} \right) \quad (B-3)$$

donde las magnitudes utilizadas son las definidas en las subcláusulas anteriores y  $m$  es un índice de valor:

$$m = 0,225$$

Las sumatorias abarcan normalmente toda la gama de 100 Hz a 8 kHz pero pueden restringirse si  $L_{meST}$  no puede determinarse de forma satisfactoria en toda la anchura de banda.

En el Cuadro B.1 se especifican los valores de cada magnitud a las frecuencias de la ISO.

#### B.2 Cálculo de STMR mediante ponderaciones $W$

En A.4 se exponen con más detalle los principios fundamentales del procedimiento para determinar los índices de sonoridad en emisión, en recepción, global y del enlace y se deduce una ecuación simplificada que utiliza las ponderaciones  $W$  enumeradas en el Cuadro A.2 junto con las ecuaciones simplificadas (A-23a) a (A-23d). Las ecuaciones (B-1), (B-2) y (B-3), que se aplican al cálculo del STMR, pueden reducirse también a una ecuación simplificada que utiliza un conjunto de ponderaciones  $W$  y un valor de  $m$  único para el STMR, a saber:

$$STMR = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{M=1}^N 10^{(m/10)(-L_{meST} - L_E - W_M)} \quad (B-4)$$

# Reemplazada por una versión más reciente

o, si se han medido sensibilidades de efecto local,

$$STMR = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{M=1}^N 10^{(m/10)(S_{meST} - L_E - W_M)} \quad (B-5)$$

donde  $m = 0,225$ , y  $W_M$  toma los valores indicados en el Cuadro B.2.

CUADRO B.1/P.79

## Magnitudes necesarias para el cálculo del STMR

N.º de banda	$f$	$B'_S$	$\beta_0 - K$	$10 \log_{10} S' \Delta f$	IRS		$L_E$	$L_{MEHS}$	
					$S_{RmJ}$	$S_{RJe}$			
		dB	dB		dB	dB	dB	dB	dB
	Hz	1 pW/m <sup>2</sup> /Hz		dB	1 V/Pa	1 Pa/V		Hermético	No hermético
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	100	57,3	17,5	-19,7	-45,8	-27,5	20	-2,7	11,6
2	125	60,2	14,4	-18,8	-36,1	-18,8	16,5	-4	10,6
3	160	62,0	10	-17,8	-25,6	-10,8	12,5	-5,4	7,1
4	200	63,0	5	-17	-19,2	-2,7	8,4	-2,7	7,6
5	250	63,0	2,5	-16	-14,3	2,7	4,9	-2,8	7,4
6	315	62,4	-0,4	-15,1	-10,8	7,2	1,0	-2,6	6,1
7	400	61,1	-3	-14,4	-8,4	9,9	-0,7	-0,7	3,5
8	500	59,3	-5	-13,6	-6,9	11,3	-2,2	5	5,7
9	630	57,0	-6,3	-13,3	-6,1	11,9	-2,6	13,2	8,9
10	800	54,4	-8	-12,8	-4,9	12,3	-3,2	19,9	16,2
11	1000	51,5	-9	-12,4	-3,7	12,6	-2,3	26,1	23,8
12	1250	48,4	-8,5	-12,2	-2,3	12,5	-1,2	23,7	23,7
13	1600	45,4	-8	-11,9	-0,6	13	-0,1	22	22
14	2000	42,3	-9	-11,9	0,3	13,1	3,6	21,1	21,1
15	2500	39,5	-11,5	-12	1,8	13,1	7,4	22,1	22,1
16	3150	36,8	-13,8	-12,1	1,8	12,6	6,7	23,3	23,3
17	4000	34,6	-13	-12,4	-37,2	-31,6	8,8	24,2	24,2
18	5000	32,8	-12,5	-12,5	-52,2	-54,9	10,0	(26)	(26)
19	6300	31,5	-11,1	-13	-73,6	-67,5	12,5	(28)	(28)
20	8000	30,9	-9	-14	-90	-90	15,0	(30)	(30)

Al deducir las ponderaciones  $W$  para la condición no hermética, se han supuesto para el trayecto de referencia (IRS) los valores de  $L_E$  de la columna 3 del Cuadro B.2 en consonancia con la columna 8 del Cuadro B.1. Al calcular el STMR para la condición no hermética, deben añadirse los valores adecuados de  $L_E$  a los valores de  $L_{meST}$  e introducirlos en la fórmula en la forma indicada. En muchos casos los valores de  $L_E$  de la columna 8 del Cuadro B.1 resultarán satisfactorios.

Para la condición hermética deben utilizarse las ponderaciones de la columna 2 del Cuadro B.2 y anularse los valores de  $L_E$  asociados a  $L_{meST}$ .

# Reemplazada por una versión más reciente

CUADRO B.2/P.79

## Factores de ponderación para el cálculo del STMR

N.º de banda	$W_{MS}$ acoplamiento hermético	$W_{ML}$ acoplamiento no hermético
(1)	(2)	(3)
1	110,4	94,0
2	107,7	91,0
3	104,6	90,1
4	98,4	86,0
5	94,0	81,8
6	89,8	79,1
7	84,8	78,5
8	75,5	72,8
9	66,0	68,3
10	57,1	58,7
11	49,1	49,4
12	50,6	48,6
13	51,0	48,9
14	51,9	49,8
15	51,3	49,3
16	50,6	48,5
17	51,0	49,0
18	49,7	47,7
19	50,0	48,0
20	52,8	50,7

### B.3 Comentarios sobre las condiciones hermética y no hermética para el cálculo del STMR

Al determinarse los valores de  $L_{MEHS}$  para el oído con acoplamiento hermético, se tomaron medidas rigurosas para eliminar fugas entre el auricular del receptor de prueba y los oídos de los sujetos. Para  $L_{MEHS}$  con acoplamiento no hermético se introdujo acústicamente un valor especial de  $L_E$  en el receptor. La diferencia entre los valores de  $L_{MEHS}$  con acoplamiento hermético y no hermético puede verse comparando las columnas 9 y 10 del Cuadro B.1. En las partes más importantes de la gama de frecuencias, esta diferencia se aproxima al valor del  $L_E$  utilizado en el receptor. En la práctica, las diferencias de evaluación (hermético no-hermético) son generalmente inferiores a 1 dB.

Esto sugiere que en la práctica cualquier fuga presente influirá en  $L_{meST}$  y en  $L_{MEHS}$  de forma aproximadamente igual, al menos en una gama práctica de fugas acústicas. Esto a su vez sugiere que  $L_{MEHS}$  tendrá siempre aproximadamente el mismo efecto de enmascaramiento con respecto a  $L_{meST}$  independientemente de cualquier fuga presente y que, para fines de evaluación de la sonoridad del efecto local, el STMR puede arrojar una mejor correlación con los efectos subjetivos si se calcula para las condiciones de oído con acoplamiento hermético.

Es preferible el caso de acoplamiento hermético, pero las Administraciones pueden continuar utilizando el STMR con acoplamiento no hermético para fines experimentales o cuando la acumulación de datos aconseje hacerlo así, por ejemplo en ciertas especificaciones existentes. En tales casos debe establecerse claramente esta circunstancia en la documentación pertinente.

# Reemplazada por una versión más reciente

## B.4 Cálculo de LSTR utilizando ponderaciones $W$

El índice del efecto local para el oyente se calcula utilizando el mismo algoritmo que para el STMR [ecuación (B-5)] pero la sensibilidad del efecto local utilizada es la obtenida utilizando una fuente de ruido ambiente (véase 9/P.64). Así pues,

$$\text{LSTR} = -\frac{10}{m} \log_{10} \sum_{M=1}^N 10^{(m/10)(S_{RNST} - L_E - W_M)} \quad (\text{B-6})$$

donde  $m = 0,225$ , y  $W_M$  toma los valores indicados en el Cuadro B.2.

El LSTR puede calcularse también utilizando un valor de  $S_{RNST}$  que ha sido determinado corrigiendo  $S_{meST}$  por  $\Delta_{Sm}$  (véanse la Recomendación P.10, 9/P.65 y 3.3.17c) del *Manual de Telefonometría*, de modo que:

$$S_{RNST} \cong S_{meST} + \Delta_{Sm}$$

Si se elige este método, la sensibilidad del efecto local,  $S_{meST}$  debe haberse determinado también utilizando una fuente de ruido de banda ancha.

En el Anexo A/G.111 se describe un método aplicable a la planificación de la transmisión en el cual el LSTR es determinado mediante un STMR corregido mediante un valor ponderado de  $\Delta_{SM}$ .

## Anexo C

### Forma alternativa del algoritmo del índice de sonoridad

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

El objeto de este anexo es mostrar la relación que existe entre el algoritmo de LR utilizado en esta Recomendación y el utilizado en las Recomendaciones de la serie G a los efectos de la planificación de la transmisión (desde el punto de vista matemático, esos dos algoritmos son idénticos).

El algoritmo general del cálculo de LR tiene la siguiente forma:

$$\text{LR} = -\frac{10}{m} \lg \left\{ \sum_{i=1}^N 10^{-0,1m(W_i+L_i)} \right\} \quad (\text{C-1})$$

donde

- $m$  constante, del orden de 0,2
- $L_i$  pérdida a la frecuencia  $F_i$  del trayecto electroacústico considerado
- $S_i = -L_i$  ganancia a la frecuencia  $F_i$  del trayecto electroacústico considerado
- $W_i$  coeficientes de ponderación.

La ecuación (C-1) puede expresarse también de una forma diferente, que resulta más reveladora cuando se valora la influencia de los cambios de las respuestas de frecuencia:

$$\text{LR} = L_0 - \frac{10}{m} \lg \left\{ \sum_{i=1}^N K_i \cdot 10^{-m} L_i \right\} \quad (\text{C-2})$$

# Reemplazada por una versión más reciente

Aquí

$$L_0 = -\frac{10}{m} \lg \left\{ \sum_{i=1}^N 10^{-m} W_i \right\} \quad (C-3)$$

$$K_i = 10^{-0,1 m(W_i - L_0)} \quad (C-4)$$

Obsérvese que

$$\sum_{i=1}^N K_i = 1 \quad (C-5)$$

Para una dispersión moderada de los valores de  $L_i$ , la ecuación (C-2) puede aproximarse por:

$$LR = L_0 + L_m - \frac{a}{2} \cdot \sum_{i=1}^N K_i (L_i - L_m)^2 \quad (C-6)$$

donde

$$L_m = \sum_{i=1}^N K_i \cdot L_i \quad (C-7)$$

$$a = \frac{m}{10} \ln 10 \quad (C-8)$$

Si  $m = 0,175$ ,  $a = 0,040$ . De este modo, en la mayoría de los casos puede ignorarse el término de segundo orden de la ecuación (C-6). En las situaciones en que es válida esta aproximación lineal, se ve inmediatamente que pueden sumarse los LR para obtener un resultado global verdadero.

## Anexo D

### Coefficientes de ponderación para la banda 100-8000 Hz

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

Normalmente, OLR, el índice de sonoridad global, se calcula de acuerdo con la relación:

$$OLR = SLR + CLR + RLR$$

(En el Anexo A/G.111 se describe el cálculo de CLR, índice de sonoridad del circuito.)

En casos excepcionales hay que calcular OLR cuando una etapa de conmutación local y sus aparatos telefónicos asociados han de tratarse como una «caja negra» con entradas y salidas acústicas. El Cuadro D.1 ofrece las correspondientes ponderaciones  $W_i$  para OLR.

Los valores de  $S_i$  se refieren al trayecto desde la boca artificial al oído artificial. Con respecto a  $L_E$ , se aplican las mismas consideraciones presentadas en la cláusula 3.

NOTA – Para SLR y RLR, la banda de cálculo recomendada es 200-4000 Hz. (Véase la cláusula 3 y el Cuadro 1.) Sin embargo, algunos instrumentos de medida de LR antiguos utilizan la banda más ancha de 100-8000 Hz. Por ello, en el Cuadro D.1 se indican las correspondientes ponderaciones  $W_i$  como referencia. Estas son 0,3 dB mayores que los valores del Cuadro 1, para tener en cuenta la diferencia de sonoridad del IRS entre las bandas 200-4000 y 100-8000 Hz.

# Reemplazada por una versión más reciente

CUADRO D.1/P.79

## Ponderaciones $W_i$

N.º de banda	Frecuencia central (Hz)	Emisión $W_s$	Recepción $W_R$	Global $W_o$
1	100	154,5	152,8	107,0
2	125	115,4	116,2	80,1
3	160	89,0	91,3	65,7
4	200	77,2	85,3	66,1
5	250	62,9	75,0	60,7
6	315	62,3	79,3	68,5
7	400	45,0	64,0	55,6
8	500	53,4	73,8	66,9
9	630	48,8	69,4	63,3
10	800	47,9	68,3	63,4
11	1000	50,4	69,0	65,3
12	1250	59,4	75,4	73,1
13	1600	57,0	70,7	70,1
14	2000	72,5	81,7	82,0
15	2500	72,9	76,8	78,6
16	3150	89,5	93,6	95,4
17	4000	117,3	114,1	76,9
18	5000	157,3	144,6	92,4
19	6300	172,2	165,8	92,2
20	8000	181,7	166,7	76,7

## Anexo E

### Cálculo del factor de efecto local para el oyente ( $D$ )

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

#### E.1 Generalidades

Cuando se conecta un aparato telefónico a la red de telecomunicaciones, existe una relación fija entre STMR y LSTR.

$$D = \text{LSTR} - \text{STMR} \quad (\text{E-1})$$

$D$  es independiente de la impedancia  $Z$  de la red «vista» por el aparato telefónico, pero varía con el tipo de aparato telefónico. De este modo,  $D$  constituye un parámetro útil cuando se especifican los aparatos en un plan de transmisión, especialmente si está prevista su utilización en entornos ruidosos.

Para los aparatos lineales,  $D$  es independiente del nivel de ruido ambiental. Para los aparatos con micrófonos o circuitos no lineales,  $D$  depende del nivel de ruido ambiental. (Adviértase que los micrófonos de carbón no son lineales y tienen un efecto de umbral, de forma que, por lo general, su factor  $D$  es superior con niveles de ruido moderados que los de un aparato correspondiente con micrófono lineal.)

#### E.2 Micrófonos o circuitos no lineales

$D$  se calcula mediante la ecuación (E-1). Hay que medir y calcular los valores de STMR y LSTR utilizando las mismas corrientes de alimentación e impedancias terminales  $Z$ . (Debe elegirse un valor de  $Z$  en una gama de impedancias representativa.)

# Reemplazada por una versión más reciente

## E.3 Micrófonos y circuitos lineales

$D$  se calcula directamente a partir de las mediciones de la diferencia,  $\Delta_{Sm}$ , entre las sensibilidades en emisión con sonido difuso y sonido directo,  $S_{Si}$  (dif) y  $S_{Si}$  (dir) respectivamente.

$$\Delta_{Sm} = S_{Si} (\text{diff}) - S_{Si} (\text{direct}) \quad (\text{E-2})$$

$D$  se calcula como la media ponderada de  $\Delta_{Sm}$

$$D = - \sum_{i=1}^N K_i \cdot \Delta_{Sm} \quad (\text{E-3})$$

En el Cuadro E.1 se indican los coeficientes  $K_i$ , representados en la Figura E.1.

### NOTAS

- 1 En ocasiones se utiliza la abreviatura inglesa DELSM para  $\Delta_{Sm}$ .
- 2 Para determinar correctamente la sensibilidad con sonido difuso se debe proceder con cuidado al realizar el montaje de medición.

CUADRO E.1/P.79

**Coefficientes  $K_i$  para el factor  $D$**

$i$	$F_i$ (kHz)	$K_i$
1	0,2	0
2	0,25	0,01
3	0,315	0,02
4	0,4	0,03
5	0,5	0,04
6	0,63	0,05
7	0,8	0,08
8	1	0,12
9	1,25	0,12
10	1,6	0,12
11	2	0,12
12	2,5	0,12
13	3,15	0,12
14	4	0,05

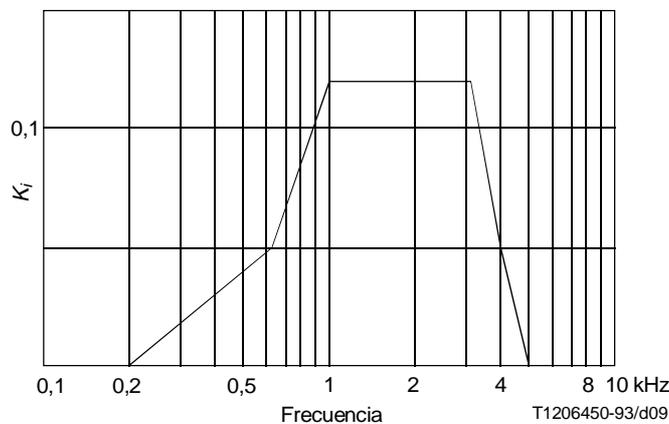


FIGURA E.1/P.79

**Coefficientes  $K_i$  para el factor  $D$**

# Reemplazada por una versión más reciente

## Anexo F

### Cálculo de la sensibilidad al efecto local ( $S_{meST}$ )

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

En lugar de medir el valor de  $S_{meST}$  de un aparato a 2 hilos, el mismo puede ser calculado mediante la siguiente ecuación:

$$S_{meST} = S_s(\text{adaptada}) + S_r(\text{adaptada}) + A_{rst} \quad (\text{F-1})$$

donde

$S_s(\text{adaptada})$  y  $S_r(\text{adaptada})$  se refieren, respectivamente, a las sensibilidades en emisión y en recepción medidas en condiciones de carga adaptada, es decir, con una impedancia de terminación exactamente igual a la impedancia de entrada del aparato,  $Z_c$ . Si  $Z_c$  es al menos aproximadamente igual a la impedancia nominal a 2 hilos (utilizada como impedancia de medición), se puede escribir:

$$S_s(\text{adaptada}) + S_r(\text{adaptada}) = S_{mJ} + S_{Je} \quad (\text{F-2})$$

Además,

$$A_{rst} = 20 \log_{10} \left| \frac{Z_c + Z_{so}}{2Z_c} \cdot \frac{Z + Z_c}{Z - Z_{so}} \right| \quad (\text{F-3})$$

donde

$Z_c$  es la impedancia de entrada del aparato

$Z_{so}$  es la impedancia de equilibrado del efecto local del aparato (equivalente)

$Z$  es la impedancia de la línea «vista» por el aparato cuando se establece la conexión.

( $A_{rst}$  es aproximadamente igual a la pérdida de retorno entre  $Z_{so}$  y  $Z$ .)

NOTA – A menudo, en la planificación de la transmisión es más conveniente y práctico obtener el valor de STMR a partir de los valores de SLR y RLR y de una media ponderada,  $A_m$ , de  $A_{rst}$ . Véase A.4.3/G.111.