



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.126**

(03/93)

**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN  
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS  
SISTEMAS NACIONALES QUE FORMAN PARTE  
DE CONEXIONES INTERNACIONALES**

---

**ECO PARA EL OYENTE EN LAS  
REDES TELEFÓNICAS**

**Recomendación UIT-T G.126**

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

## 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 G.126, preparada 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.

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Introducción y alcance ..... 1
2	Definiciones ..... 1
3	Efecto del eco para el oyente..... 3
3.1	Generalidades ..... 3
3.2	Efectos sobre la transmisión vocal..... 3
3.3	Efecto sobre la transmisión de datos en banda vocal..... 4
3.4	Efecto del eco para el oyente en una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos..... 4
4	Límites del eco para el oyente..... 5
4.1	Transmisión vocal..... 5
4.2	Transmisión de datos en banda vocal ..... 5
	Referencias ..... 7



## ECO PARA EL OYENTE EN LAS REDES TELEFÓNICAS

(Helsinki, 1993)

### 1 Introducción y alcance

Una conexión telefónica entre dos abonados a las redes telefónicas contiene generalmente uno o más bucles a dos-cuatro-dos hilos (denominado en adelante bucle a cuatro hilos), puesto que la conexión puede incluir una combinación de sistemas de conmutación analógicos y digitales y sistemas de transmisión a dos y a cuatro hilos, incluidas las centralitas privadas. Las reflexiones de la señal pueden producirse debido a la desadaptación de la impedancia en las dos terminaciones híbridas de un bucle a cuatro hilos. Cuando esto ocurre, una parte de la señal principal será reflejada en el extremo distante del bucle a cuatro hilos, volverá al extremo cercano y será reflejada nuevamente. Por lo tanto, la señal reflejada llegará finalmente al extremo del oyente con cierto retraso con respecto a la señal original. La señal retardada se llama eco para el oyente.

Las señales de eco para el oyente pueden:

- ocasionar una «cavernosidad» desagradable en las transmisiones vocales; y
- degradar la tasa de errores en los bits de las transmisiones de datos en la banda vocal.

El efecto del eco para el oyente en la calidad de la transmisión puede caracterizarse por una atenuación y un retardo adicionales en el trayecto del eco para el oyente con respecto a los que tendría el trayecto de la señal directa. El valor mínimo de atenuación en el trayecto adicional del eco para el oyente en la banda de frecuencias correspondiente proporciona un margen frente a la distorsión de silbido. En la Recomendación G.122 se exponen algunas ideas sobre la influencia de las redes nacionales en la estabilidad y el eco para el hablante en las conexiones internacionales. En esa Recomendación se ofrece también una orientación sobre la planificación en relación con el eco para el oyente en las redes telefónicas a fin de lograr una conversación y una calidad de transmisión de datos en la banda vocal satisfactorias.

### 2 Definiciones

A los efectos de esta Recomendación se aplican las definiciones siguientes:

**2.1 eco para el oyente (eco en la recepción):** Eco producido por señales de doble reflexión, y que perturban al oyente o al equipo receptor de datos en banda vocal, etc.

#### NOTAS

1 Algunas Administraciones prefieren el término «eco en la recepción».

2 Con un retardo pequeño respecto a la señal deseada (menor de unos 3 ms), el eco para el oyente puede dar lugar, en telefonía, a cavernosidad. En la transmisión de señales de datos en banda vocal, el eco para el oyente puede dar lugar a errores de bit y, en todo caso, reduce el margen contra otras perturbaciones.

**2.2 atenuación del eco para el oyente (atenuación de eco en la recepción):** Grado de atenuación de la señal de doble reflexión respecto a la señal deseada. En términos de la atenuación absoluta de ambas señales, la atenuación del eco para el oyente es (véase la Figura 1/G.100):  $LE = L_2 - L_1$

NOTA – A efectos prácticos, la atenuación del eco para el oyente es igual a la atenuación en bucle abierto (si esta última excede de 8 dB). La atenuación del eco para el oyente caracteriza el grado de perturbación por cavernosidad, así como el efecto perturbador en los receptores de los módems de datos en banda vocal.

**2.3 cavernosidad:** Distorsión en telefonía causada por señales de doble reflexión y percibida subjetivamente como un «sonido cavernoso», es decir, como si el orador hablase al interior de un recipiente vacío.

NOTA – La cavernosidad es distinta del eco para el oyente.

**2.4 atenuación en bucle abierto (OLL, open-loop loss):** En un bucle formado por un circuito a cuatro hilos (o una conexión en cascada de dos o más circuitos a cuatro hilos) y terminado por extremos a dos hilos (es decir, que tiene «equipos de terminación a cuatro hilos», o híbridos, en ambos extremos), la atenuación medida abriendo el bucle en algún punto, inyectando una señal y midiendo la atenuación que experimenta ésta al atravesar el bucle abierto. Deben mantenerse todas las condiciones de impedancia mientras se realiza la medición. Véase la Figura 2/G.100.

#### NOTAS

- 1 En la práctica, la OLL es igual a la atenuación del eco para el oyente.
- 2 La OLL también es igual a la suma de las dos atenuaciones en semibucle asociadas al bucle.

**2.5 atenuación del trayecto a-t-b; atenuación en semibucle:** La atenuación de transmisión entre los puntos «a» y «b» de la terminación a cuatro hilos (tal como se define en los extremos virtuales) con independencia de que exista o no un punto físico «t».

#### 2.5.1 Alternativa posible a la definición de 2.5

##### atenuación en semibucle

En una disposición que comprende un circuito a cuatro hilos (o una conexión en cascada de varios circuitos a cuatro hilos) con un acoplamiento no deseado entre los sentidos de ida y de vuelta en los extremos del circuito – normalmente a través de un equipo de terminación a cuatro hilos, o por acoplamiento acústico – la atenuación medida entre la entrada y la salida. Véase la Figura 3/G.100.

#### NOTAS

- 1 La atenuación en semibucle es una magnitud importante para determinar la atenuación de equilibrado para el eco, la atenuación para el eco, la atenuación del eco para el oyente, etc. (véase también atenuación en bucle abierto).
- 2 Debe distinguirse entre la atenuación en semibucle de un elemento de equipo determinado y la atenuación en semibucle de un sistema nacional. Esta última se mide en los puntos de igual nivel de un ISC que actúa como central nacional cabeza de línea.

**2.6 margen de silbido (SM, singing margin):** atenuación del eco para el oyente mínima en dB en la banda de frecuencias correspondiente.

**2.7 tiempo de propagación de ida y retorno (DL, round-trip delay):** retardo medido en ms en el bucle a cuatro hilos cerrado, cuyo valor puede ser determinado principalmente por el retardo en ambos sentidos del trayecto de transmisión a cuatro hilos, que es igual al retardo en el trayecto del eco para el oyente.

**2.8 atenuación ponderada del trayecto de eco para el oyente (WEPL, weighted listener echo path loss):** valor medio ponderado de la atenuación de eco para el oyente expresado mediante la siguiente ecuación:

$$WEPL = -20 \log_{10} \frac{1}{3200} \int_{200}^{3400} 10^{-\frac{EPL(f)}{20}} df$$

Donde  $EPL(f)$  = magnitud de la atenuación del eco para el oyente en dB a la frecuencia  $f$ .

Este concepto se empleó inicialmente en América del Norte para el modelo de determinación de índices de transmisión, que puede utilizarse para derivar los efectos subjetivamente equivalentes del eco para el oyente en la calidad de la transmisión vocal sin tener en cuenta la respuesta en frecuencia de la atenuación del eco para el oyente en la conexión.

### 3 Efecto del eco para el oyente

#### 3.1 Generalidades

En la Figura 1 se muestra una conexión con un bucle a cuatro hilos. Se supone que la atenuación del trayecto directo de la señal es  $S$  dB, mientras que la atenuación a lo largo del trayecto de la señal doblemente reflejada es  $L$  dB. La atenuación del eco para el oyente (LE, *listener echo loss*) es entonces  $(L - S)$  dB. En la Figura 1 puede verse que si las señales se reflejan sólo dos veces, la atenuación del eco para el oyente LE es igual a la atenuación en el bucle a cuatro hilos [atenuación en bucle abierto (OLL)], ya que las demás atenuaciones del trayecto son iguales para las señales directa y reflejada. Naturalmente, el retardo adicional de las señales reflejadas dos veces es también igual al producido en el bucle a cuatro hilos [tiempo de propagación de ida y retorno (DL)], determinado principalmente por el retardo en los dos sentidos del trayecto de transmisión a cuatro hilos.

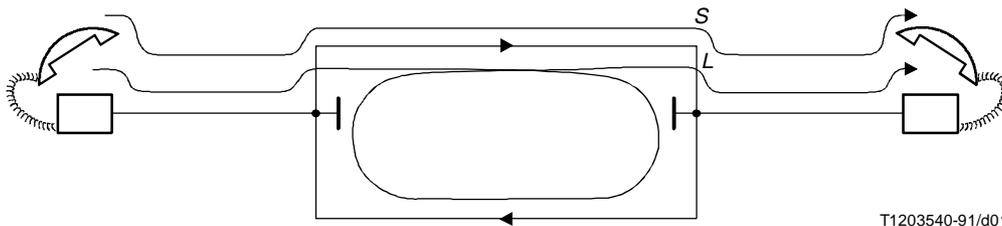


FIGURA 1/G.126  
Eco para el oyente

La medición del valor de atenuación en el bucle a cuatro hilos puede efectuarse abriendo en determinado punto el bucle, inyectando seguidamente una señal desde un extremo y midiendo a continuación la atenuación producida al atravesar el bucle abierto en el otro extremo. Durante la medición deberán mantenerse invariables las impedancias del bucle abierto en los extremos del cable a dos hilos. La cantidad así medida se denominará atenuación en bucle abierto (OLL), que es también igual a la suma de las dos atenuaciones en semibucle (SLL, *semi-loop losses*) asociadas al bucle a cuatro hilos. A efectos prácticos, puede ser mucho más fácil efectuar las mediciones en los semibucles, especialmente en el caso de las centrales a cuatro hilos con terminaciones de circuito a dos hilos, ya que suele ser difícil mantener una conexión a través de una central a cuatro hilos interrumpiendo uno de los sentidos de transmisión. En la Figura 3/G.100 aparece la definición de SLL y una explicación de su medición.

#### 3.2 Efectos sobre la transmisión vocal

Los efectos del eco para el oyente sobre la calidad de la transmisión vocal variarán en función de la atenuación en bucle abierto y del tiempo de propagación de ida y retorno de los bucles a cuatro hilos. Conviene señalar que, por lo general, el eco para el oyente constará de una serie de señales reflejadas dos, cuatro veces, etc., por lo que, en principio, LE y OLL no serán iguales. En la práctica, sin embargo, pueden considerarse iguales cuando OLL excede de 8 dB.

Los resultados de ciertos experimentos indican que los efectos del eco para el oyente sobre la calidad de transmisión vocal se verán disminuidos cuando OLL sea superior a 10 dB, con un tiempo de propagación de ida y retorno inferior a 10 ms [1].

Teniendo en cuenta que la atenuación del eco para el oyente (o la OLL) suele estar modelada con la frecuencia y que el valor mínimo de OLL [margen de oscilación cantante (SM)] suele presentarse en el borde de la banda de frecuencias vocales, la OLL mínima puede ser considerada como un margen frente a la inestabilidad, pero no constituye una medida óptima para apreciar la calidad subjetiva de una conexión de oscilación casi-cantante [2]. Ciertos resultados experimentales expuestos en el Suplemento N.º 3 del Tomo V del *Libro Azul* del CCITT, sugieren que el valor ponderado de OLL a lo largo de la banda de frecuencias vocales es más apropiado para evaluar el efecto del eco para el oyente sobre la calidad de la transmisión vocal. En base al modelo de determinación de índices de transmisión descrito en el Suplemento N.º 3 del Tomo V, se puede utilizar el índice de calidad de la transmisión para evaluar el efecto del eco para el oyente en combinación con otros factores de degradación en la conexión sobre la calidad subjetiva de transmisión vocal.

### 3.3 Efecto sobre la transmisión de datos en banda vocal

El eco para el oyente causa el rizado de la respuesta en frecuencia de la señal de datos en banda vocal recibida y las degradaciones de su tasa de errores de bits. Para obtener una calidad de transmisión satisfactoria, el valor de OLL en la banda 500-2500 Hz debe ser mayor que el de la transmisión vocal en la banda 300-3400 Hz, debido a los estrictos requisitos de calidad de la transmisión de datos en banda vocal. Además, a la hora de caracterizar el efecto del eco para el oyente sobre la calidad de la transmisión de datos en banda vocal, puede pasarse por alto el factor del tiempo de propagación de ida y retorno, puesto que aparentemente la característica de errores en los datos en banda vocal no suele depender del retardo. Los resultados de ciertos experimentos indican que la OLL requerida para una transmisión satisfactoria de datos en banda vocal depende principalmente de la velocidad de transmisión de los datos, aunque en algunos casos también del tipo de módem [3].

### 3.4 Efecto del eco para el oyente en una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos

Cuando en una conexión existe más de un bucle a cuatro hilos, varias señales reflejadas se acumulan en el extremo de recepción, tal como se indica en la Figura 2 (para mayor simplicidad, no se han representado las reflexiones de orden superior).

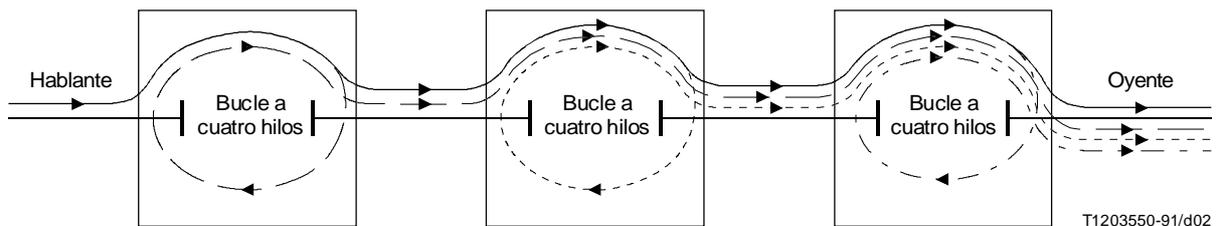


FIGURA 2/G.126

#### Reflexiones de la señal en una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos

En una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos, el efecto del eco para el oyente sobre la calidad de transmisión no sólo depende de la OLL de cada bucle a cuatro hilos, sino también de la atenuación en un sentido de cada bucle a cuatro hilos y de la atenuación del circuito a dos hilos comprendido entre bucles a cuatro hilos adyacentes. La atenuación en un sentido de los bucles a cuatro hilos y la atenuación del circuito a dos hilos rigen la interacción entre los bucles a cuatro hilos [4].

Debido a la acumulación de factores de degradación e interacciones, para poder obtener la misma calidad de transmisión, la OLL de cada bucle a cuatro hilos en una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos deberá ser superior a la OLL en una conexión de bucle único a cuatro hilos. En una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos, el efecto del eco para el oyente sobre la transmisión de datos en banda vocal es muy significativo. En las referencias [4] y [5] se muestra la relación entre la acumulación de tensión y de potencia de los ecos para el oyente en una conexión con múltiples bucles a cuatro hilos. En general, se debe suponer que no existe una correlación de ecos para la conexión con múltiples bucles a cuatro hilos, y utilizar el criterio de la suma de potencias para obtener una calidad satisfactoria. Esto significa que para cada bucle a cuatro hilos deberá aumentarse la OLL en  $10 \log m$  dB, donde  $m$  es el número total de bucles a cuatro hilos. Sin embargo, para conexiones con muy baja atenuación, el aumento requerido de OLL para cada bucle a cuatro hilos puede alcanzar  $16,6 \log m$  dB y, para conexiones con atenuaciones intermedias, puede ser necesaria una adición de  $13,3 \log m$  dB.

## 4 Límites del eco para el oyente

### 4.1 Transmisión vocal

El grado en el que el eco para el oyente afecta la calidad de una conexión vocal depende de dos factores:

- 1) la atenuación ponderada del trayecto de eco para el oyente ponderada (WEPL, *weighted listener echo path loss*) y
- 2) el tiempo de propagación de ida y retorno.

La calidad de la transmisión sufre una degradación cuando se reduce la WEPL y cuando aumenta el tiempo de propagación de ida y retorno. Véase en 2.8 la definición de WEPL. Para lograr que las conexiones en una población estudiada alcancen un nivel deseado de calidad de transmisión, el planificador de la transmisión debe seleccionar los valores adecuados de WEPL y del tiempo de propagación de ida y retorno. La población estudiada es el grupo de conexiones que es posible construir y que incluyen el trayecto de eco para el oyente o trayectos de interés. Por ejemplo, se puede considerar el caso de conexiones simples que incluyen las líneas de abonado conectadas a través de una oficina local digital. Si cualquiera de las  $N$  líneas de abonado puede conectarse con cualquiera de las otras  $N$  líneas, la población de conexiones estudiada constará entonces de  $N(N-1)/2$  posibilidades .

Una vez que el planificador de la transmisión ha determinado la población de conexiones estudiada y el nivel deseado de la calidad de transmisión, puede utilizarse la información que aparece en la Recomendación P.11 y el Suplemento N° 3 para calcular el valor mínimo de WEPL y el valor máximo del tiempo de propagación de ida y retorno requeridos para suministrar ese grado de calidad de la transmisión. En la Figura 3 y en el Cuadro 1 se ofrece un ejemplo de este procedimiento. La información contenida en la figura y en el cuadro se utilizó para ser usada en la red de América del Norte. Utilizando el modelo de determinación de índices de transmisión de América del Norte contenido en el Suplemento N.º 3, los valores de WEPL y del tiempo de propagación de ida y retorno se calcularon de tal modo que el eco para el oyente añadiera sólo un pequeño factor de degradación adicional a la calidad global de transmisión. El objetivo utilizado fue una reducción del grado medio de servicio Bueno o Mejor de no más del 2%. La población estudiada fue las conexiones de bucles de abonado a través de las oficinas locales digitales.

Se describe a continuación la interpretación de las curvas de la Figura 3 y de los datos del Cuadro 1. Para determinado valor deseado (o requerido) del tiempo de propagación de ida y retorno, no más del 50% de las conexiones de la población estudiada puede tener una WEPL menor que el valor dado para la curva marcada con el valor «50», no más del 5% de las conexiones puede tener una WEPL menor que el valor dado para la curva marcada con el valor «95», y así sucesivamente. Por ejemplo, si se determina que el tiempo de propagación de ida y retorno es de 4 ms, en la población estudiada no más del 50% de las conexiones puede tener una WEPL  $\leq 18$  dB, no más del 5% puede tener una WEPL  $\leq 13$  dB y no más del 1% puede tener una WEPL  $\leq 9$  dB. Además de la WEPL, el valor mínimo del margen de canto para cualquier conexión de la población estudiada debe ajustarse a la Recomendación G.122.

Tras determinar el tiempo de propagación de ida y retorno máximo requerido, la WEPL mínima y el margen de canto mínimo de la población de conexiones estudiada, el planificador de la transmisión debe asegurarse que el equipo de red (por ejemplo, líneas y teléfonos de abonado, terminaciones híbridas a dos/cuatro hilos y método o métodos de equilibrado) y el plan de atenuación/nivel de transmisión de la red son adecuados para garantizar que se cumplan esos requisitos en la población de conexiones estudiada. Esto no siempre es fácil de hacer. Por ejemplo, en la red de América del Norte fue necesario equipar los conmutadores locales digitales con redes de equilibrado de eco ajustables, que pueden ajustarse automáticamente para lograr el mejor equilibrado para el eco con la combinación de líneas de abonado en la red.

### 4.2 Transmisión de datos en banda vocal

Las siguientes consideraciones ofrecen un ejemplo y pueden servir de indicación en cuanto a los valores de OLL que podrían requerir los tipos de módem existentes con una velocidad binaria de hasta 2,4 kbit/s para obtener una transmisión de datos de alta calidad:

- una conexión completa no debe contener más de cinco (excepcionalmente siete) bucles físicos;
- los bucles con un valor muy alto de OLL (mayor que 45 dB, por ejemplo) no necesitan incluirse en el número de bucles de la conexión;
- la OLL de cada bucle a cualquier frecuencia de la banda comprendida entre 500 y 2500 Hz no debe ser inferior a los valores que se indican en el Cuadro 2 (basados en  $OLL = 18 + 10 \log m$ , donde  $m$  = número total de bucles).

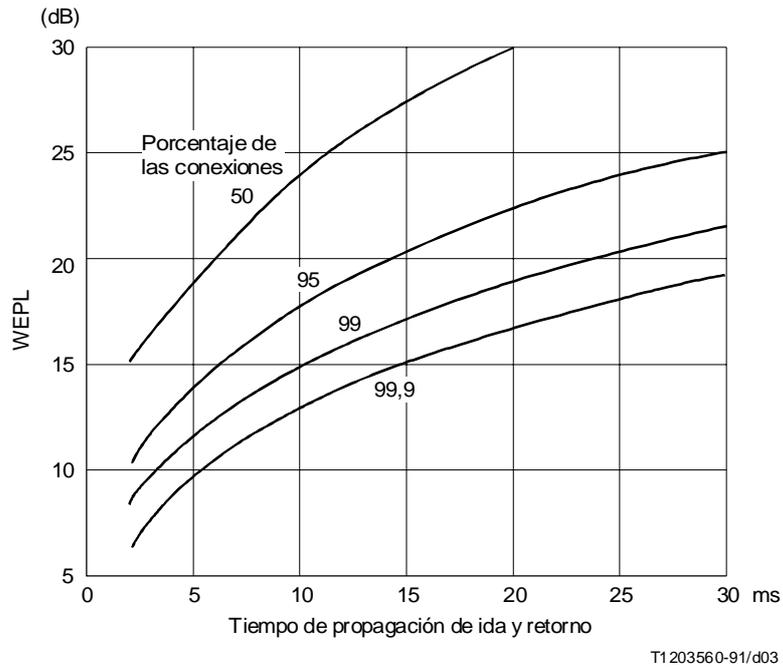


FIGURA 3/G.126

**Objetivos de atenuación del trayecto de eco para el oyente ponderada (WEPL)**

CUADRO 1/G.126

**Valores planificados de WEPL**

Tiempo de propagación de ida y retorno (ms)	WEPL mínimo (dB)	
	Para el 99,9% de las conexiones	Para el 50% de las conexiones
4	9	18
6	11	20
8	12	22

NOTA – Para las conexiones con múltiples bucles a cuatro hilos puede requerirse un incremento de  $10 \log m$  (dB) de la WEPL de cada bucle a cuatro hilos, donde  $m$  es el número de bucles. Este valor está en estudio.

CUADRO 2/G.126

**OLL y número de bucles en una conexión**

En un sistema nacional		Número total máximo de bucles en la conexión internacional
Número de bucles nacionales	OLL de cada bucle	
1	22,8 dB	3
2	25 dB	5
3	26,5 dB	7
<p>NOTA – En general, para datos de alta velocidad con velocidades binarias entre 4,8 kbit/s y 9,6 kbit/s, la OLL en una conexión de un solo bucle a cuatro hilos puede tener que ser de al menos 25 dB a cualquier frecuencia de la banda comprendida entre 500-2500 Hz.</p>		

**Referencias**

- [1] CCITT – Contribución COM XII-208, periodo de estudios 1985-1988.
- [2] CAVANAUGH (J.R), HATCH (R.W.) y NEIGH (J.L.): A model for the subjective effects of listener echo on telephone connections, *Bell Systems Technical Journal*, Vol. 59, N.º 6, páginas 1009-1060, julio-agosto de 1980.
- [3] CCITT – Contribución COM XII-173, periodo de estudios 1985-1988.
- [4] GRUBER (J.G.): Performance analysis and design guidelines for multiple four-wire path telephone connections, *IEEE Trans. on Communications*, Vol. COM 34, páginas 647-653, julio de 1986.
- [5] CCITT – Contribución COM XII-42, periodo de estudios 1981-1984.