



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**G.161**

(06/2002)

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

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga  
distancia

---

**Aspectos de la interacción de equipos de red de  
procesamiento de señales**

Recomendación UIT-T G.161

---

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
Definiciones generales	G.100–G.109
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
<b>Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia</b>	<b>G.160–G.169</b>
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 DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE DE TRANSMISIÓN	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

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

## **Recomendación UIT-T G.161**

### **Aspectos de la interacción de equipos de red de procesamiento de señales**

#### **Resumen**

Debido a la evolución a aplicaciones multimedios interactivas y la implementación de nuevos dispositivos de tratamiento de señales, tanto en los terminales como en las redes de comunicación, se van a introducir complejos algoritmos de tratamiento de señales para supresión de eco, supresión de ruido, control de nivel, detección de actividad de voz, codificación de señales vocales, reconocimiento de señales vocales y tecnologías de tráfico en la banda de voz. La posible interacción entre estos sistemas podría degradar la comunicación vocal y afectar la transmisión de señales en la banda vocal.

El objetivo de esta Recomendación es presentar las posibilidades de interacción y especificar los requisitos para el interfuncionamiento de los equipos de red para el tratamiento de las señales vocales (SPNE), entre los distintos SPNE, entre los SPNE y los terminales, y entre los SPNE y otros dispositivos de la red telefónica general conmutada, entre los que se incluyen redes de sistemas móviles.

#### **Orígenes**

La Recomendación UIT-T G.161, preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 13 de junio de 2002.

## 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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 AMNT.

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 2002

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

## ÍNDICE

		<b>Página</b>
1	Alcance .....	1
2	Referencias .....	1
3	Términos y definiciones .....	3
4	Abreviaturas y acrónimos .....	4
5	Asuntos relativos a la interacción de equipos de red de procesamiento de señales .....	5
5.1	Interacción de los supresores de eco .....	5
5.2	Interacción de los compensadores de eco.....	7
5.2.1	Interacción de los compensadores de eco con la transmisión de facsímil.....	7
5.2.2	Interacción de los compensadores de eco con los módems.....	9
5.2.3	Interacción entre los compensadores de eco (compensadores de eco en tándem) .....	10
5.2.4	Interacción de los compensadores de eco con el equipo de multiplicación de circuitos (CME) .....	12
5.2.5	Interacción con casos de no linealidad y técnicas de tratamiento de señales variables en el tiempo .....	14
5.2.6	Deformación en la modulación por impulsos codificados (MIC).....	15
5.3	Interacción de los dispositivos de mejora de la voz .....	16
5.3.1	Interacción entre los dispositivos de mejora de la voz (VED) las aplicaciones móviles y las redes del sistema móvil.....	16
5.4	Interacción de los controladores automáticos de nivel.....	18
5.5	Interacción del equipo de multiplicación de circuitos.....	18
5.5.1	Interacción del equipo de multiplicación de circuitos en lo relativo a los efectos sobre la calidad de las señales vocales.....	18
5.5.2	Reposición sincrónica en el equipo de multiplicación de circuitos (CME) ...	18
5.6	Interacción de los controladores de eco acústico .....	19
5.6.1	Campo de aplicación .....	19
5.6.2	Codificación de señales vocales en el trayecto de $R_{in}$ .....	19
5.6.3	Codificación de señal vocal en el trayecto $S_{out}$ .....	20
5.6.4	Interfuncionamiento de los AEC con los compensadores de eco en la red....	20
5.6.5	Interfuncionamiento de los controladores de eco acústico con el equipo de multiplicación de circuitos.....	22
5.7	Interacción de las pasarelas de señales vocales.....	22
5.7.1	Variación de nivel.....	22
5.7.2	Ruido de fondo .....	22
5.7.3	Codificación de señales en tándem.....	22
5.7.4	Pasarelas de señales vocales en tándem .....	22
5.7.5	Codificación a baja velocidad binaria y otros efectos no lineales.....	22

	<b>Página</b>
5.7.6 Señales de datos en la banda de señales vocales, tonos de señalización, tráfico de facsímil, tonos para el tratamiento de llamadas, señales vocales...	22
5.7.7 Interacción de las redes inalámbricas de la tercera generación para lo relativo a la calidad de señales vocales .....	22
Apéndice I – Explotación sin transcodificación (TFO) .....	23
I.1 Introducción.....	23
I.2 Esencia de las normas actuales.....	24

# Recomendación UIT-T G.161

## Aspectos de la interacción de equipos de red de procesamiento de señales

### 1 Alcance

Debido a la evolución a aplicaciones multimedios interactivas y la implementación de nuevos dispositivos de tratamiento de señales, tanto en los terminales como en las redes de comunicación, se van a introducir complejos algoritmos de tratamiento de señales para supresión de eco, supresión de ruido, control de nivel, detección de actividad de voz, codificación de señales vocales, reconocimiento de señales vocales y tecnologías de tráfico en la banda de voz. La posible interacción entre estos sistemas podría degradar la comunicación vocal y afectar la transmisión de señales en la banda vocal.

El objetivo de esta Recomendación es presentar las posibilidades de interacción y especificar los requisitos para el interfuncionamiento de los equipos de red para el tratamiento de las señales vocales (SPNE), entre los distintos SPNE, entre los SPNE y los terminales, y entre los SPNE y otros dispositivos de la red telefónica general conmutada, entre los que se incluyen redes de sistemas móviles.

### 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.

- Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación.*
- Recomendación UIT-T G.113 (2001), *Degradaciones de la transmisión debido al tratamiento de las señales vocales.*
- Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante.*
- Recomendación UIT-T G.164 (1988), *Supresores de eco.*
- Recomendación UIT-T G.165 (1993), *Compensadores de eco.*
- Recomendación UIT-T G.168 (2002), *Compensadores de eco de redes digitales.*
- Recomendación UIT-T G.169 (1999), *Dispositivos de control automáticos de nivel.*
- Recomendación UIT-T G.711 (1988), *Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.*
- Recomendación UIT-T G.712 (2001), *Características de la calidad de transmisión de los canales de modulación por impulsos codificados.*
- Recomendación UIT-T G.722 (1988), *Codificación de audio de 7 kHz dentro de 64 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T G.723.1 (1996), *Codificadores vocales: Códec de voz de doble velocidad para la transmisión en comunicaciones multimedios a 5,3 y 6,3 kbit/s.*

- Recomendación UIT-T G.729 (1996), *Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- Recomendación UIT-T G.763 (1998), *Equipos de multiplicación de circuitos digitales que emplean modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (Recomendación G.726) e interpolación digital de la palabra.*
- Recomendación UIT-T G.766 (1996), *Demodulación/remodulación facsímil para equipo de multiplicación de circuitos digitales.*
- Recomendación UIT-T G.767 (1998), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplea predicción lineal con excitación por código de bajo retardo a 16 kbit/s, interpolación digital de la palabra y demodulación/remodulación facsímil.*
- Recomendación UIT-T G.768 (2001), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplea predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada de 8 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T P.340 (2000), *Características de transmisión y parámetros de calidad vocal de los terminales manos libres.*
- Recomendación UIT-T P.342 (2000), *Características de transmisión en la banda telefónica (300-3400 Hz) de los terminales telefónicos digitales con altavoz y manos libres.*
- Recomendación UIT-T Q.50.1 (2001), *Señalización entre los centros de conmutación internacional y equipo digital de multiplicación de circuitos que incluyen el control de compresión/descompresión.*
- Recomendación UIT-T Q.115 (1999), *Lógica para el control de los dispositivos de control de eco.*
- Recomendación UIT-T Q.761 (1999), *Sistema de señalización N.º 7 – Descripción funcional de la parte de usuario de la RDSI, más Enmienda 1 (2001).*
- Recomendación UIT-T Q.764 (1999), *Sistema de señalización N.º 7 – Procedimientos de señalización de la parte usuario de la RSDI, más Enmienda 1 (2001).*
- Recomendación UIT-T T.30 (1999), *Procedimientos de transmisión de documentos por facsímil por la red telefónica general conmutada.*
- Recomendación UIT-T V.17 (1991), *Módem de dos hilos para aplicaciones facsímil con velocidades de hasta 14 400 bit/s.*
- Recomendación UIT-T V.18 (2000), *Requisitos operacionales y de interfuncionamiento de los equipos de terminación del circuito de datos que funcionan en el modo teléfono con texto.*
- Recomendación UIT-T V.21 (1988), *Módem dúplex a 300 bits/s para uso en la red telefónica general con conmutación.*
- Recomendación UIT-T V.23 (1988), *Módem a 600/1200 baudios normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación.*
- Recomendación UIT-T V.26 (1988), *Módem a 2400 bits/s normalizado para uso en circuitos arrendados de tipo telefónico a cuatro hilos.*
- Recomendación UIT-T V.27 ter (1988), *Módem a 4800/2400 bits/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación.*
- Recomendación UIT-T V.29 (1988), *Módem a 9600 bits/s normalizado para uso en circuitos arrendados de tipo telefónico punto a punto a cuatro hilos.*

- Recomendación UIT-T V.32 (1993), *Familia de módems dúplex a dos hilos que funcionan a velocidades binarias de hasta 9600 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados de tipo telefónico.*
- Recomendación UIT-T V.34 (1998), *Módem que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33 600 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados punto a punto a dos hilos de tipo telefónico.*

### 3 Términos y definiciones

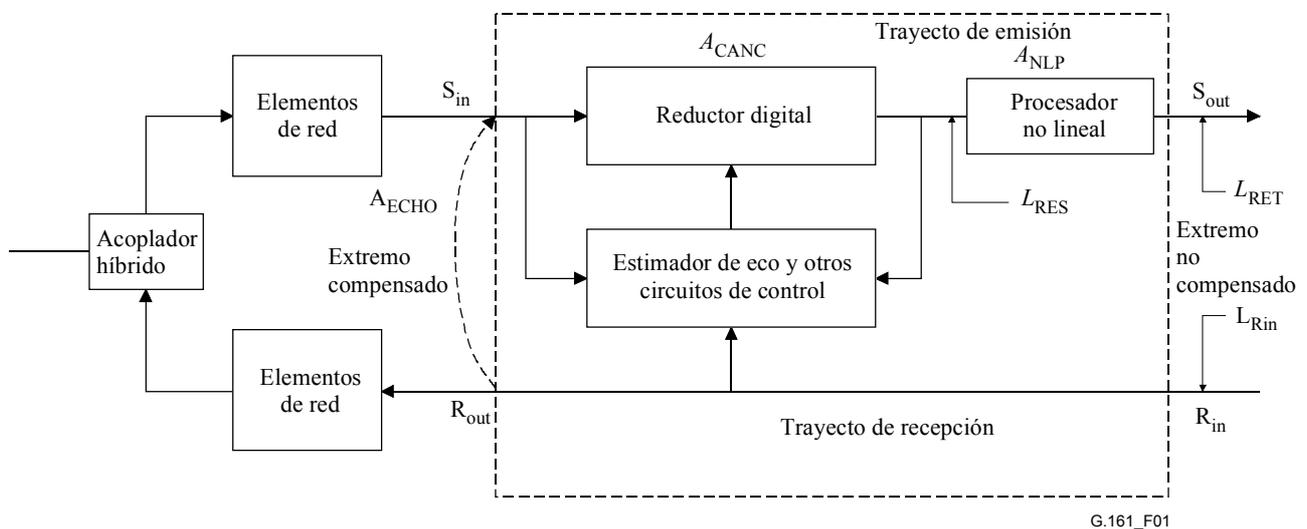
En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

**3.1 eco acústico:** El eco acústico es la señal reflejada correspondiente al trayecto acústico entre el auricular/altavoz y el micrófono de un terminal de una estación móvil de mano o del tipo manos libres.

**3.2 extremo compensado:** En un compensador de eco, es el lado al que corresponde el trayecto de eco al que se va a aplicar dicho compensador. En este concepto se incluyen todas las instalaciones y los equipos de transmisión que forman parte del trayecto de eco (incluido el acoplador híbrido y el teléfono de terminación).

**3.3 supresores de eco de la red:** El supresor de eco de la red es un dispositivo accionado por la voz instalado en el tramo de circuito de cuatro hilos, que introduce atenuación en el trayecto de transmisión para suprimir el eco. El dispositivo puede funcionar en un determinado trayecto de un circuito o en un trayecto que transporta señales multiplexadas.

**3.4 compensador de eco de la red:** El compensador de eco de la red es un dispositivo accionado por la voz instalado en el tramo de cuatro hilos de un circuito, que se utiliza para reducir el eco del trayecto de emisión en el extremo compensado, reduciendo el eco de este extremo compensado en una cantidad estimada (véase la figura 1).

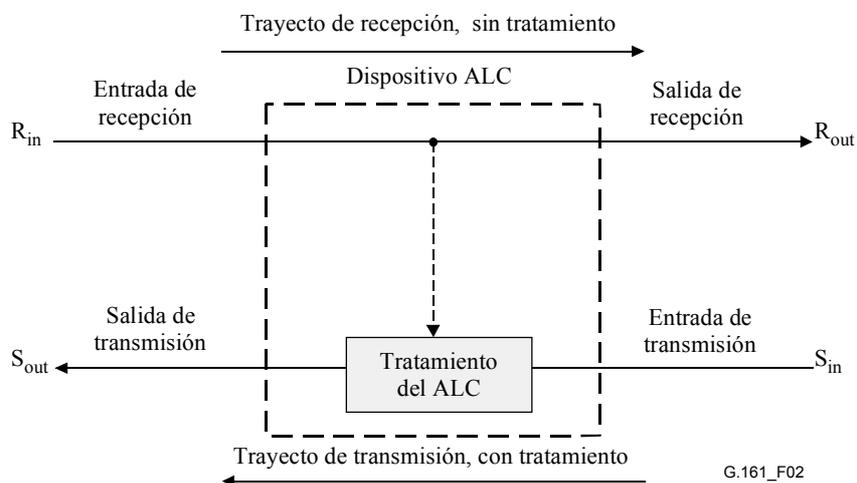


**Figura 1/G.161 – Diagrama de un compensador de eco (G.168)**

**3.5 controlador de eco acústico en el terminal:** Los controladores de eco acústico en el terminal son dispositivos accionados por la voz que forman parte de los terminales de audio en la instalación del cliente, utilizados para eliminar los ecos acústicos y evitar que se produzca un efecto de silbido en la comunicación debido a una retransmisión acústica del altavoz al micrófono.

**3.6 controlador de eco acústico de la red:** Los controladores de eco acústico de la red son dispositivos instalados en el tramo de cuatro hilos de un circuito, que se utilizan para reducir el eco acústico en el extremo compensado.

**3.7 dispositivo de control automático de nivel:** El dispositivo de control automático de nivel es una función de tratamiento de señales que forma parte del trayecto de transmisión digital, que ajusta automáticamente el nivel de una señal a un valor predeterminado. A los fines de esta Recomendación, también son considerados dispositivos de control automático de nivel (ALC) otros dispositivos que modifican la respuesta de frecuencia o el contenido de espectro de la señal para influir en el nivel general de esta señal. El dispositivo de control automático de nivel trata las señales en una dirección de transmisión (véase la figura 2).



**Figura 2/G.161 – Diagrama de un dispositivo de control automático de nivel (G.169)**

**3.8 dispositivo de mejora de la voz:** Los dispositivos de mejora de la voz se utilizan en equipos de redes digitales para aplicaciones del sistema móvil. Las funciones de mejora de la voz son el control del eco acústico generado por los microteléfonos inalámbricos, la reducción de ruido y el reconocimiento y la corrección de las señales de la función de interfuncionamiento (IWF) y de la explotación sin transcodificación (TFO).

**3.9 equipo de multiplicación de circuitos:** Los dispositivos de multiplicación de circuitos son equipos de tipo general utilizados para concentrar varios canales troncales de entrada con modulación con impulsos codificados (MIC) a 64 kbit/s, en un número más reducido de canales de transmisión.

**3.10 pasarelas de voz:** La pasarela de voz es un subconjunto de una pasarela que se reserva para el tratamiento de la voz y del tráfico de banda vocal, sin tráfico de datos ni de vídeo.

#### 4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

A/D	Convertidor analógico a digital ( <i>analogue-to-digital converter</i> )
AEC	Controlador de eco acústico ( <i>acoustic echo controller</i> )
ALC	Control automático de nivel ( <i>automatic level control</i> )
BSC	Controlador de estación base ( <i>base station controller</i> )
BTS	Estación transmisora de base ( <i>base transmitter station</i> )
CEST	Umbral de señal vocal en el extremo compensado ( <i>cancelled-end speech threshold</i> )
CME	Equipo de multiplicación de circuitos ( <i>circuit multiplication equipment</i> )
CPE	Equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
D/A	Convertidor digital a analógico ( <i>digital-to-analogue converter</i> )

DCME	Equipo digital de multiplicación de circuitos ( <i>digital circuit multiplication equipment</i> )
DTDT	Umbral de detección de habla simultánea ( <i>double talk detection threshold</i> )
EC	Compensador de eco ( <i>echo canceller</i> )
ERL	Pérdida de retorno del eco ( <i>echo return loss</i> )
ERLE	Mejora de la atenuación de adaptación para el eco ( <i>echo return loss enhancement</i> )
GSM	Sistema mundial de comunicaciones móviles ( <i>global system for mobile communications</i> )
IP	Protocolo Internet ( <i>Internet protocol</i> )
IWF	Función de interfuncionamiento ( <i>interworking function</i> )
L <sub>RET</sub>	Nivel del eco devuelto ( <i>returned echo level</i> )
MS	Estación móvil ( <i>mobile station</i> )
MSC	Centro de conmutación de servicios móviles ( <i>mobile switching center</i> )
NLP	Procesador no lineal ( <i>non-linear processor</i> )
NR	Reducción del ruido ( <i>noise reduction</i> )
MIC	Modulación por impulsos codificados
MICDA	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptable
PBX	Centralita privada ( <i>private branch exchange</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SPNE	Equipo de red para el procesamiento de señales ( <i>signal processing network equipment</i> )
TCE	Equipo transcodificador ( <i>transcoder equipment</i> )
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo ( <i>time division multiple access</i> )
TFO	Explotación sin transcodificación ( <i>tandem free operation</i> )
VED	Dispositivo de mejora de voz ( <i>voice enhancement device</i> )
VoIP	Voz sobre el protocolo Internet ( <i>voice over IP</i> )

## **5 Asuntos relativos a la interacción de equipos de red de procesamiento de señales**

### **5.1 Interacción de los supresores de eco**

Principio de funcionamiento de los supresores de eco: cuando se detectan señales vocales en el trayecto de recepción se introduce una atenuación muy significativa en el trayecto de transmisión. Cuando se detecta conversación simultánea se cierra el trayecto de transmisión y se introduce una atenuación de recepción en el trayecto de recepción. De esta forma, no hay supresión de eco en el trayecto de transmisión en las situaciones de conversación simultánea, pero el eco está mucho más atenuado que la señal vocal directa. El sistema puede tener otras funciones, descritas en la Rec. UIT-T G.164. El siguiente texto es válido para los supresores de eco del tipo descrito en la Rec. UIT-T G.164.

Son frecuentes los problemas de funcionamiento de los supresores de eco, porque son los niveles de transmisión los que determinan esencialmente cuál es el extremo que habla y el extremo que escucha. En una situación de fuerte nivel de eco y bajo nivel de señales vocales directas, existe el riesgo de que se supriman partes del habla, y también podría ser difícil distinguir entre el habla de una sola fuente y una conversación simultánea. Esta situación también podría presentarse al principio y al final de una ráfaga de señales vocales.

Los problemas se agravan en los trayectos de transmisión con largo tiempo de propagación, porque generalmente se altera la estructura de la conversación. Además, no se recomienda la instalación de supresores de eco en cascada. Para la transmisión de datos en la banda de frecuencias vocales, la introducción de un tono de 2100 Hz permite inhabilitar el supresor de eco antes de empezar la transmisión de datos. Hay dos motivos para hacerlo:

- para no introducir atenuación en los módems con un canal secundario;
- para evitar un retardo por bloqueo en los cambios de sentido, y aumentar así el caudal de transmisión.

El caso del facsímil es particular. El supresor de eco inhabilitado por un tono de 2100 Hz puede habilitarse nuevamente durante la transmisión de facsímil. En 5.7/G.164 se especifica un tiempo de bloqueo de  $250 \pm 150$  ms para la inhabilitación del supresor de eco mediante un tono especial. Esto significa que si el tiempo de silencio en el supresor de eco está comprendido entre 100 ms y 400 ms, el supresor de eco permanece inhabilitado, pero podría habilitarse nuevamente si hubiera más de 400 ms de silencio. En una llamada de facsímil hay varios periodos de silencio que podrían ser más largos que el umbral de habilitación del supresor de eco. Por otra parte, algunos fabricantes de equipos de facsímil han decidido adoptar intervalos de separación de señales más grandes que los que se especifican en la Rec. UIT-T T.30, lo que significa una posibilidad de habilitación de los supresores de eco.

Un supresor de eco habilitado puede deformar las señales de facsímil. Entre otras cosas, se podrían trincar las señales de inversión rápida. Un supresor de eco funciona normalmente en modo de habla de una sola fuente: cuando la señal llega al puerto de recepción, el conmutador de supresión se activa y permanece activado durante cierto tiempo mientras no lleguen otras señales. En los cambios de estado hay un tiempo de bloqueo comprendido entre 24 y 36 ms, véase el cuadro 4/G.164. Este tiempo de bloqueo para la supresión permite evitar el almacenamiento de eco en el trayecto de eco local.

En la Rec. UIT-T T.30 se especifica un tiempo de espera de  $75 \pm 20$  ms entre transmisiones V.21 y V.29. Podría producirse atenuación si una de las señales de retorno del aparato local de facsímil [en una secuencia mensaje-respuesta V.21 o una secuencia V.21/V.29, por ejemplo una confirmación para recibir (CFR, *confirmation to receive*) seguida del acondicionamiento] llegara al puerto de transmisión del supresor de eco en un periodo comprendido entre 24 y 36 ms desde la terminación de la señal en el puerto de recepción, porque el sistema introduce atenuación o se encuentra en estado de circuito abierto. En esta situación, el supresor de eco mutila la porción inicial de esa señal de inversión rápida. Si se trata de una señal de control de acondicionamiento/acondicionamiento, se podría interrumpir el proceso de acondicionamiento, lo que supone una reducción de velocidad de transmisión, y en el peor de los casos se podría interrumpir la llamada.

Cuando se dan determinadas combinaciones de tiempo de propagación y atenuación de inserción, el eco de oyente puede hacer que se mantenga el tono de 2100 Hz y llegue a inhabilitar los supresores de eco. En estos casos, el eco puede contribuir a la degradación de la calidad de imagen reduciendo la relación señal-ruido durante la transmisión de una página.

Por otra parte, el supresor de eco habilitado podría bloquear una señal de bajo nivel en el canal secundario. Si la señal alcanza un nivel suficiente, el supresor podría pasar al modo de conversación simultánea en el que se introduce una atenuación de recepción. Así se reduciría el nivel de las señales de transmisión y de recepción, cuando hay supresores de eco en los dos extremos de la conexión y los dos se encuentran en modo de conversación simultánea.

La habilitación de los supresores de eco puede ocasionar errores en una transmisión de facsímil y otras transmisiones módem de baja velocidad. Sin embargo, tal vez sea preferible habilitar los supresores de eco durante la transmisión de facsímil para proteger contra los ecos de hablante y de

oyente, y evitar su interferencia con el facsímil al establecer la conexión o durante la transmisión de la imagen.

## **5.2 Interacción de los compensadores de eco**

Los compensadores de eco son dispositivos que utilizan un tratamiento adaptable de la señal para reducir o eliminar ecos. Los compensadores de eco se instalan en el tramo de cuatro hilos de un circuito y reducen (o anulan) el eco restando un determinado valor de la señal de eco de retorno. Algunos sistemas son "semicomensadores" de eco, que sólo hacen la compensación en el trayecto de transmisión teniendo en cuenta señales presentes en el trayecto de recepción. Dos semicomensadores de eco que funcionan en direcciones contrarias pueden formar un compensador de eco completo. En las Recomendaciones UIT-T G.165 y G.168 se especifican las condiciones de calidad de funcionamiento de los compensadores de eco.

El objetivo de los compensadores de eco es:

- cancelar señales lineales en el trayecto de eco, lo que supone encaminar únicamente elementos lineales de adaptación combinados con una codificación/decodificación estándar (véase la Rec. UIT-T G.711);
- no intervenir para cancelar el eco cuando se produce una determinada señal de inhabilitación dentro de la banda;
- salir del estado de inhabilitación y retornar al modo de funcionamiento si el nivel de potencia de esa señal dentro de la banda se reduce a menos de un determinado nivel durante un determinado periodo. Esta característica permite transportar datos en la banda de señales vocales por los mismos canales de habla. También permite que el compensador de eco se habilite nuevamente durante una llamada de voz, si había sido desactivado por error (periodo de silencio).

Éstas son las principales ventajas de los compensadores de eco comparados con los supresores de eco:

- mayor transparencia del trayecto de transmisión;
- menos perturbaciones por bloqueo del procesador no lineal (NLP, *non-linear processor*);
- no hay atenuación de inserción en recepción;
- se mantiene la compensación de eco durante situaciones de conversación simultánea;
- se pueden instalar en cascada (si los compensadores de eco se diseñan correctamente).

Algunos compensadores de eco se inhabilitan con el tono de 2100 Hz especificado en la Rec. UIT-T G.164 para los supresores de eco, y otros se inhabilitan con un tono de 2100 Hz con inversiones de fase periódicas a  $180^\circ \pm 25^\circ$ , según las especificaciones de las Recomendaciones UIT-T G.165 y G.168 para compensadores de eco. El tono especificado en G.165/G.168 permite inhabilitar los compensadores de eco independientemente de los supresores de eco.

En algunos casos se podrá mejorar el funcionamiento del compensador de eco para las señales de fax y datos en la banda vocal de baja velocidad inhabilitando el procesador no lineal (NLP). El compensador de eco permanecería habilitado en caso de detectar tonos de 2100 Hz sin inversión de fase, y se podrá inhabilitar el procesador no lineal.

### **5.2.1 Interacción de los compensadores de eco con la transmisión de facsímil**

Los aparatos de facsímil pueden transmitir un tono de inhabilitación G.164 al principio de una llamada, pero no se exige garantizar que la potencia de la señal dentro de la banda mantendrá a los sistemas de compensador de eco inhabilitados durante toda la llamada. Los compensadores de eco conformes a las Recomendaciones UIT-T G.165 y G.168 se habilitan nuevamente cuando el nivel de la señal cae por debajo de un determinado umbral durante un determinado periodo en el proceso de la llamada. Es así porque los compensadores de eco conformes a las Recomendaciones

UIT-T G.165 y G.168 deben habilitarse nuevamente si no hay potencia de señal en las dos direcciones de transmisión durante un tiempo comprendido entre 100 ms (mínimo) y 400 ms (máximo) (véanse 5.2 y 5.5/G.164 y 7.8/G.168).

Los principios de modulación de las Recomendaciones UIT-T V.27 *ter* y V.17 adoptados en la Rec. UIT-T T.30 están protegidos contra la mutilación de la secuencia de acondicionamiento por los supresores de eco (introduciendo una portadora no modulada antes de la señal de acondicionamiento). El principio de modulación V.29 carece de esta protección. En algunos sistemas se introducen soluciones del fabricante para este problema (particularmente la introducción de una portadora no modulada antes de las transmisiones V.29, similar a la que se utiliza para las transmisiones V.27 *ter* y V.17). El inconveniente de estos sistemas es que no son reconocidos por todos los terminales de los diferentes fabricantes de módems.

El eco puede afectar a una transmisión de facsímil de dos formas:

- el eco podría ser interpretado erróneamente como un mensaje de protocolo T.30, que interrumpiría la secuencia de entrada en contacto de los dos aparatos terminales. Es de especial importancia cuando los aparatos de fax no están protegidos contra el eco;
- el eco podría reducir la relación señal/ruido necesaria para transmitir correctamente datos de imágenes.

Motivos para la presencia de eco:

- cuando se inhabilitan los compensadores de eco conforme a los procedimientos de la Rec. UIT-T G.164 (tono de 2100 Hz sin inversión de fase), podría haber eco durante la secuencia inicial de entrada en contacto, dependiendo del tiempo de propagación y del tiempo de respuesta del aparato de facsímil. Este eco puede interrumpir el establecimiento de la comunicación. Para habilitar nuevamente el dispositivo de control de eco es necesario que transcurra un tiempo de 400 ms como mínimo sin transmisión de energía en ninguna de las dos direcciones. Si los compensadores de eco permanecen inhabilitados, el eco de la señal V.21 puede producir un error de interpretación del aparato de facsímil en el otro extremo o en el demodulador de facsímil del equipo de multiplicación de circuitos de la red (CME, *circuit multiplication equipment*). También podría resultar afectada la calidad de la imagen.

Durante la conexión, el sistema también es vulnerable cuando se intercambian mensajes de entrada de contacto entre páginas. Si los compensadores de eco están inhabilitados, podría producirse eco en estas situaciones. Al contrario, un compensador de eco habilitado controla incluso el eco del oyente.

En determinadas circunstancias, los compensadores de eco inhabilitado por los procedimientos G.164 (2100 Hz) pueden perturbar el establecimiento de la conexión o la calidad de la transmisión de facsímil, si el tono de identificación de la estación llamada (CED, *called station identification*) los inhabilita de forma imprevista. En estos casos no habrá el control de eco que se espera.

Obsérvese que algunos de los compensadores instalados en la red telefónica pública conmutada no logran eliminar completamente las breves ráfagas de eco que pueden producirse cuando el compensador se reposiciona después de las transiciones entre las señales de banda estrecha (por ejemplo el tono CED o la secuencia de toma de contacto para el control de enlace de datos de alto nivel (HDLC, *high-level data link control*) V.21, las señales de imagen de banda ancha (por ejemplo, señales V.29 o V.27 *ter*), y nuevamente señales de banda estrecha. Sigue siendo imposible garantizar que todos los compensadores de eco podrán evitar este problema en el futuro.

De acuerdo con las actuales Recomendaciones, los compensadores de eco se deben habilitar durante una transmisión de facsímil. La principal conclusión es que es preferible utilizar compensadores de eco controlados por los procedimientos G.165/G.168, y no los procedimientos G.164.

NOTA – En esta Recomendación no se considera explícitamente el caso de sistemas con un compensador de eco en un extremo de la conexión y un supresor de eco en el otro.

### 5.2.2 Interacción de los compensadores de eco con los módems

La mayoría de los fabricantes de módems considera oportuno inhabilitar los compensadores de eco si el módem tiene un compensador de eco integrado (por ejemplo Recomendaciones UIT-T V.32 y V.34), porque la activación simultánea del compensador de eco de la red y el compensador de eco integrado en el módem puede producir un comportamiento anormal en determinadas circunstancias, poco probables. Puede ocurrir, por ejemplo, en los siguientes casos:

- el compensador de eco identifica erróneamente la señal del extremo compensado como un eco y trata de compensarla;
- en caso de separación de frecuencia en el trayecto de eco, el compensador de eco introduce ráfagas de eco reforzado intercaladas con periodos de silencio.

Si bien estos dos casos son poco probables, se decidió que los usuarios finales serán los responsables de la decisión de inhabilitar el compensador de la red. Los fabricantes de sistemas de módem deben adoptar una sola técnica para inhabilitar los supresores y los compensadores de eco.

Los fabricantes de módems con compensadores de eco integrado suelen disponer sus sistemas para inhabilitar los compensadores de eco de la red (compensadores de eco eléctrico). Estos módems inhabilitan los compensadores de eco de la red mediante el tono de inhabilitación especificado en las Recomendaciones UIT-T G.165 y G.168. El compensador de eco de un módem debe reconocer tres clases de eco simultáneamente:

- 1) eco en el extremo cercano;
- 2) eco en el extremo lejano; y
- 3) cualquier eco generado entre los extremos cercano y lejano.

Sabiendo que los valores necesarios de capacidades de trayecto de eco son muy diferentes en cada caso, probablemente haya que prever tres compensadores de eco.

Antes de la Rec. UIT-T V.32 se utilizaba el sistema de división de frecuencias en la mayoría de los módems de dos hilos para el funcionamiento dúplex (frecuencias portadoras diferentes en cada dirección de transmisión). La información disponible en los primeros años 1980 demostró que algunos sistemas de compensadores de eco mejoraban el funcionamiento (reducían o eliminaban errores en los bit) de los sistemas de módems de baja velocidad conformes a las Recomendaciones UIT-T V.21, V.23, V.26 (alternativa B), V.27 *ter* y V.29. Desde entonces se consideró que estos módems se podían mejorar activando un compensador de eco y desactivando el supresor de eco. En este contexto, la Rec. UIT-T G.165 fue modificada en 1984 para recomendar que se inhabilitaran los compensadores de eco con un tono de 2100 Hz con inversiones de fase.

La información disponible indica que hay problemas de calidad de funcionamiento en algunas combinaciones de sistemas de módem con protocolos y principios de modulación diferentes (Recomendaciones UIT-T V.18, V.21 y V.23, DTMF y algunas implementaciones V.34), así como algunos compensadores de eco, en distintas configuraciones de red simuladas y en la red, cuando se habilitan los compensadores de eco. Por tanto, se recomienda resueltamente adoptar como sistema obligatorio el tono de respuesta de 2100 Hz con inversiones de fase en todas las Recomendaciones para módems y protocolos, si la presencia de un sistema compensador de eco de la red puede afectar la calidad de funcionamiento de la transmisión de módem.

No deben confundirse los compensadores de eco integrados en sistemas módem de datos de banda vocal, como el módem V.32 provisto de compensador de eco full dúplex, con los compensadores de eco de la red definidos según las Recomendaciones UIT-T G.165 y G.168, porque las condiciones de calidad de funcionamiento de unos y otros son muy diferentes.

### 5.2.3 Interacción entre los compensadores de eco (compensadores de eco en tándem)

Se considera generalmente que se pueden poner en tándem compensadores de eco correctamente diseñados sin afectar, o muy poco, la calidad de funcionamiento. En la Rec. UIT-T G.131, en la cláusula "Reglas para conexiones con sistemas de control de eco", se indica que los circuitos equipados con compensadores de eco se pueden conectar en tándem sin provocar una degradación significativa de la calidad de funcionamiento por eco. Es muy posible que algunas conexiones tengan varios compensadores de eco, para adaptarse a las opciones de encaminamiento dinámico, cada vez más frecuente, de reenvío de llamada y otras condiciones particulares, y al largo tiempo de transmisión propio de los sistemas de codificación de voz a baja velocidad binaria en aplicaciones celulares.

Las pruebas subjetivas realizadas en algunos compensadores de eco demuestran que la instalación en tándem no presenta problemas en la mayoría de los casos. Sin embargo, hay otros documentos que indican que la instalación de determinados compensadores de eco en tándem siempre presenta problemas.

De los resultados de pruebas se deduce que el diseño incorrecto de algunos de los circuitos auxiliares, como los NLP, puede ocasionar problemas cuando el retardo del trayecto de eco de uno de los compensadores de eco instalados en tándem es superior a su capacidad de trayecto de eco. Por ejemplo, el NLP de algunos compensadores de eco podría funcionar en un momento inoportuno durante una conversación simultánea. Esto ocurre cuando el tiempo de bloqueo en el circuito NLP no coincide con las características de retardo del trayecto de eco.

A manera de ejemplo, supóngase que el NLP tiene un algoritmo basado en el valor CEST/DTDT [umbral de señal vocal del extremo compensado (CEST, *cancelled-end speech threshold*)/umbral de detección de habla simultánea (DTDT, *double talk detection threshold*)]. Si el retardo de un compensador de eco fuera superior a su capacidad para el trayecto del eco, el eco llegará después del momento "previsto". Entonces se estaría comparando en realidad entre los niveles de potencia de una ráfaga posterior de señales vocales del extremo distante y una ráfaga de señales vocales no relacionada en el extremo cercano. En estas condiciones puede producirse una mutilación.

El problema es sólo relativamente grave porque sólo se presenta en los casos de habla simultánea, y que sólo en pocos casos de compensadores de eco en tándem se observa un retardo muy superior a la capacidad del trayecto de eco. De otra parte, se puede mejorar parcialmente ajustando las constantes de tiempo del NLP.

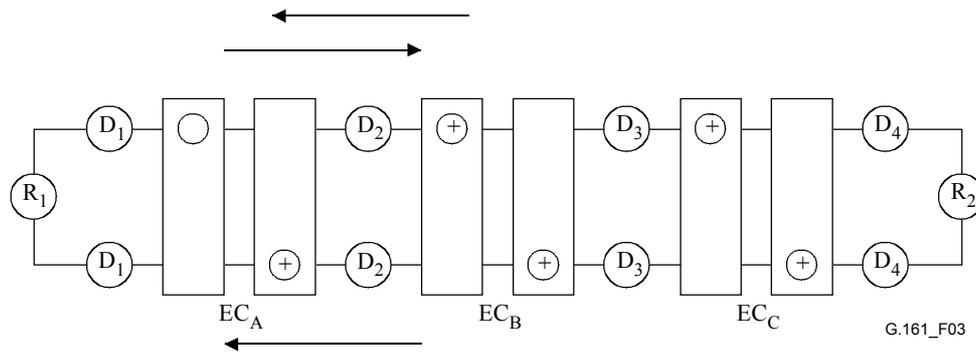
Se ha observado que una convergencia demasiado rápida del compensador de eco puede tener consecuencias negativas, en el caso de rebasar la capacidad del trayecto de eco (lo que ocurre algunas veces en el funcionamiento del compensador de eco en tándem). De lo anterior se desprende que la capacidad de trayecto de eco de un compensador debe ser superior al máximo retardo de red previsto más 4 a 6 ms. En esto se tiene en cuenta el efecto de dispersión. Por ejemplo, si el retardo puro máximo es de 58 ms, se especificaría un compensador de 64 ms.

En la figura 3 se representan tres pares de compensadores de eco dorso con dorso ( $EC_A$ ,  $EC_B$ , y  $EC_C$ ), cuatro generadores de retardo ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ ), y dos acopladores híbridos (designados por las pérdidas de retorno  $R_1$  y  $R_2$ ) en una conexión de referencia para compensadores de eco en tándem. Deben seleccionarse valores de  $R_1$  y  $R_2$  apropiados para el correcto funcionamiento del compensador más cercano (por ejemplo 6 dB como mínimo). La inhabilitación selectiva de los EC (individualmente o en pares) y la modificación de los retardos permiten asegurar los atributos pertinentes de las conexiones telefónicas con compensadores de eco. Véase la Rec. UIT-T Q.115 para el control de los compensadores de eco, y el apéndice I para el funcionamiento sin tándem.

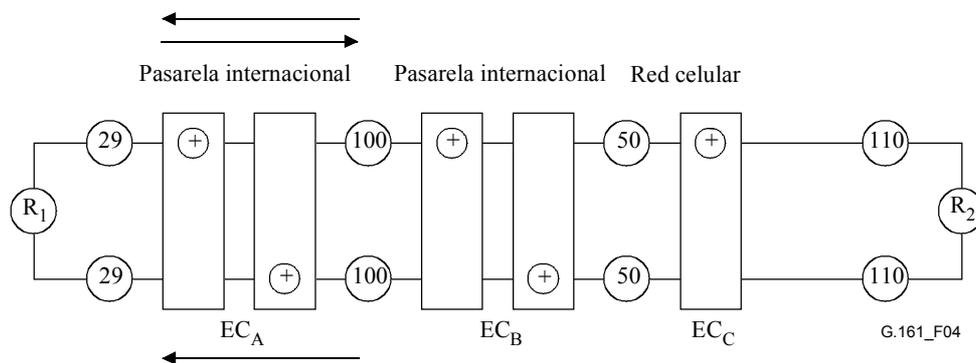
A modo de ejemplo (véase la figura 4), un retardo de 29 ms en  $D_1$ , de 50 ms en  $D_3$ , de 100 ms en  $D_2$ , de 80-110 ms en  $D_4$ , y una terminación de cuatro hilos en lugar de  $R_2$ , sería una representación razonable de una llamada internacional originada en una estación analógica y terminada en una red

celular digital. En este caso,  $EC_A$  y  $EC_B$  podrían encontrarse en extremos opuestos de la instalación internacional, con  $EC_C$  en la red celular (en dicha situación, no tendría que haber el compensador hacia la derecha en el par, o este compensador podría estar inactivo). Otra posibilidad (véase la figura 5) es que  $EC_A$  esté en una red nacional (terrestre), y que  $EC_B$  y  $EC_C$  estén en los extremos de una instalación internacional. En este caso,  $D_1$ ,  $D_2$  y  $D_4$  serían bastante breves, y el retardo de  $D_3$  correspondería a los criterios de una conexión internacional.

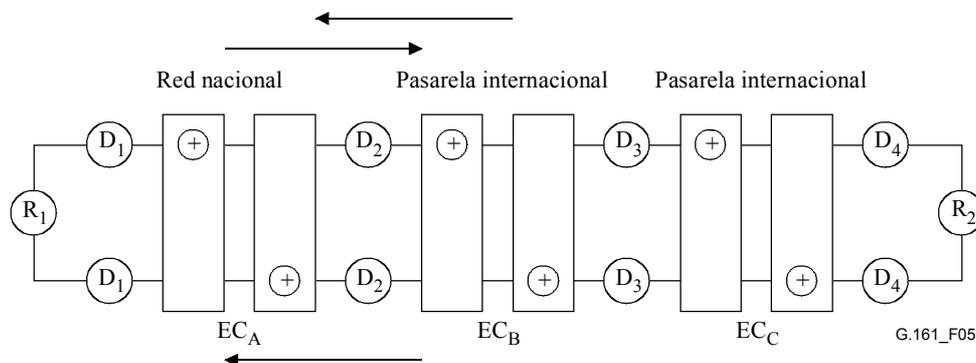
La configuración representada en la figura 5 se podría ampliar fácilmente si fueran necesarios otros compensadores de eco. En particular, puede incluirse un cuarto par de EC (y otro generador de retardo) para satisfacer las características importantes de una conexión internacional con EC en las redes nacionales y en los extremos de la instalación internacional.



**Figura 3/G.161 – Conexión de referencia para compensadores de eco en tándem**



**Figura 4/G.161 – Ejemplo de una conexión internacional que se origina en una estación analógica y termina en una red celular digital**



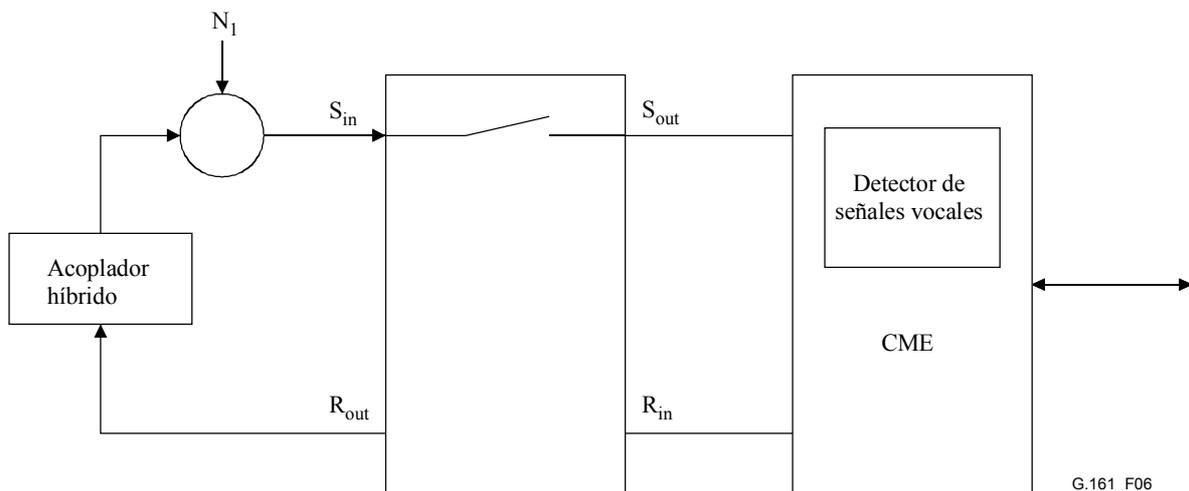
**Figura 5/G.161 – Ejemplo de una conexión internacional**

## 5.2.4 Interacción de los compensadores de eco con el equipo de multiplicación de circuitos (CME)

En algunos casos será necesario un compensador de eco para el equipo de multiplicación de circuitos, incluso en circuitos terrenales cortos, debido al retardo adicional de almacenamiento temporal en dichos equipos. En las Recomendaciones UIT-T G.763, G.766, G.767 y G.768 se determinan las condiciones de calidad de transmisión de los CME.

El compensador de eco introduce un ruido de confort en el CME, y el posible efecto de carga es una de las formas de interacción (véase la figura 6). El problema de ruido de confort se puede tratar de dos formas. La primera solución consiste en introducir ruido pseudoaleatorio durante el intervalo de silencio. La segunda solución es permitir que una parte del ruido de fondo o del canal en reposo pase por el procesador no lineal (NLP).

El funcionamiento del compensador de eco puede modular el ruido analógico del extremo cercano introducido en la puerta  $S_{in}$  del compensador de eco. El detector adaptable de señales vocales del CME interpretaría erróneamente esta modificación del nivel de ruido como la presencia de señales vocales. En este caso, el CME transmite la ráfaga de ruido como si se tratara de señales vocales, lo que aumenta el factor de actividad del circuito. Esto hace que se reduzca la ganancia de compresión y que aumente, en algunos sistemas, el número de casos de exclusión por ocupación. También afecta negativamente la calidad subjetiva.



**Figura 6/G.161 – Interacción entre el detector de señales vocales y el sistema de control de eco**

### 5.2.4.1 Interacción puntual

Descripción de esta forma de interacción:

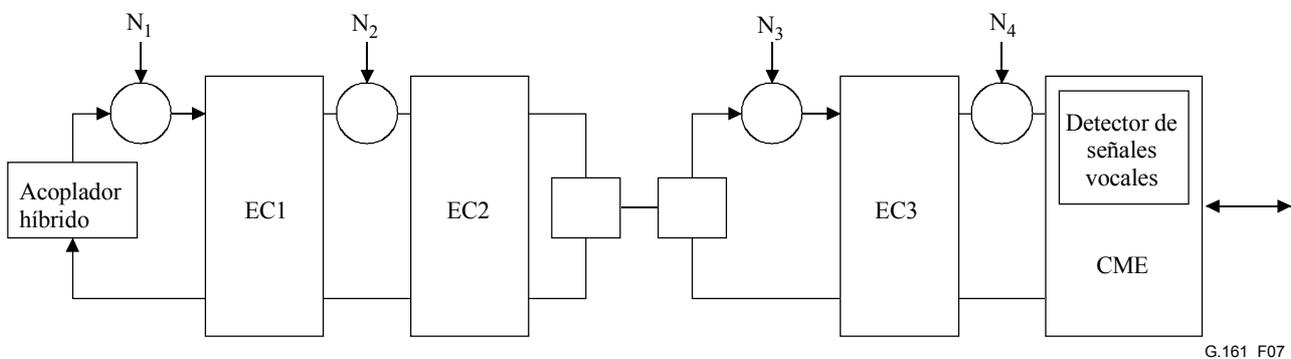
- 1) Las señales vocales en el trayecto de recepción llegan al puerto de entrada en recepción ( $R_{in}$ , *receive input port*) del sistema de control de eco.
- 2) Se activa el NLP del compensador o el conmutador de supresión de eco para eliminar el eco o el eco residual y atenuar el ruido del sistema terrenal analógico generado en el extremo cercano ( $N_1$ ) presente en el puerto de entrada de emisión ( $S_{in}$ , *send input port*).
- 3) Cuando se produce muy poco ruido entre el puerto de salida en emisión de control de eco ( $S_{out}$ ) y la entrada del detector de señales vocales del CME, el umbral del detector de señales vocales se adapta a su nivel mínimo (habitualmente  $-50$  dBm0).
- 4) Al terminar las señales vocales en recepción, después de un periodo apropiado de bloqueo del sistema de control de eco, el NLP del compensador o del conmutador de supresión de eco se cierra y el ruido terrenal generado en el extremo cercano ( $N_1$ ) aparece nuevamente

como una variación de nivel de ruido (desde el punto de vista del detector de señales vocales del CME).

- 5) Si la variación de nivel de ruido rebasa el umbral del detector de señales vocales, el CME transmitirá una ráfaga de ruido como si fueran señales vocales. La duración de la ráfaga de ruido depende de la velocidad de adaptación del detector de señales vocales y del nivel de ruido terrenal generado en el extremo cercano.

Esta secuencia se repite para cada ráfaga de señales vocales y produce una ráfaga de ruido muy molesta, relacionada con las señales vocales, que perciben los hablantes en el extremo lejano cada vez que dejan de hablar.

Esta interacción no ocurre únicamente en las configuraciones de red con un solo sistema de control de eco. En la figura 7 se representa otra configuración de red con varios compensadores de eco en interacción con el detector de señales vocales del CME. En esta configuración, el detector de señales vocales del CME puede responder a los aumentos de un escalón en el nivel de ruido, resultantes de la activación del recortador de centro del compensador de eco en los trayectos de emisión, en los compensadores 1 y 3 (el NLP elimina los ecos residuales de una compensación parcial). El detector de señales vocales del CME detecta inicialmente una variación de un escalón en la intensidad de ruido resultante de la activación del conmutador del control de eco 3, y luego otro escalón por la activación del conmutador del compensador de eco 1. La respuesta del detector de señales vocales del CME a estas variaciones de un escalón en la intensidad de ruido puede ser incorrecta según los niveles de intensidad de ruido  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  y  $N_4$ , y según el algoritmo de adaptación de umbral del detector de señales vocales del CME. Por ejemplo, un nivel  $N_4$  demasiado alto puede impedir que el detector de señales vocales del CME perciba el aumento de ruido de dos escalones resultante de la activación del recortador de centro o del conmutador en 1 y 3. De la misma forma, un nivel de ruido muy alto en  $N_2$  o  $N_3$  puede impedir que se perciban las variaciones de un escalón en la intensidad de ruido resultantes de la unidad de control de eco 1.



**Figura 7/G.161 – Varios dispositivos de control de eco en una configuración de red de CME**

#### 5.2.4.2 Posibles soluciones

Hay varias formas de tratar las interacciones entre los compensadores de eco y el detector de señales vocales del CME. Se podría modificar el compensador de eco para supervisar el ruido de origen terrenal en el puerto de entrada de transmisión. Cuando se interrumpe el trayecto de transmisión, se introduce el nivel apropiado de ruido en la salida de transmisión hacia el CME, para que el ruido percibido por el detector de señales vocales sea constante (ruido de confort) y evitar la activación del detector de señales vocales. Esta solución no es posible en todos los compensadores de eco, porque se trata de un procedimiento particular y existen distintos sistemas de compensadores.

La segunda solución es fijar el umbral adaptable del detector de señales vocales del CME cuando hay señales vocales en el correspondiente canal de recepción.

La tercera solución es utilizar un detector de señales vocales adaptable con características de adaptación rápida, que perciba las variaciones de un escalón de ruido y reduzca al mínimo las ráfagas de ruido.

Las soluciones descritas no son necesariamente viables, porque son particulares y existen muchos sistemas diferentes de compensadores de eco. De otra parte, hay muchos sistemas en uso y no es realista pensar que se podrán incorporar nuevos sistemas compensadores de eco.

El tema necesita más estudio y probablemente habrá que modificar la Rec. UIT-T G-165 y/o la Rec. UIT-T G.168 para la nueva generación de compensadores de eco. Lo esencial es que la solución depende de los procedimientos de detección de señales vocales en el CME y el compensador de eco.

## **5.2.5 Interacción con casos de no linealidad y técnicas de tratamiento de señales variables en el tiempo**

### **5.2.5.1 Efectos de un trayecto de eco no lineal**

En la teoría de compensación de eco se supone que el trayecto de eco es lineal y que no varía con el tiempo. Por eso es fundamental que no haya recorte ni deformación no lineal en el trayecto de eco entre  $R_{out}$  y  $S_{in}$  de un compensador de eco. Si hubiera alguna forma de recorte, es importante que sea muy parcial y poco frecuente, y que sólo ocurra en situaciones de conversación simultánea. Si así no fuera, será necesario corregir el entorno, por ejemplo eliminando los cambios de frecuencia o adoptando un plan de transmisión aceptable.

En las señales vocales de alto nivel puede haber problemas debido a las no linealidades resultantes en el trayecto de eco. El compensador de eco no funcionará de forma óptima si la señal que llega a la puerta  $R_{in}$  del compensador de eco no está relacionada linealmente con la señal en la puerta  $S_{in}$  del mismo compensador. En caso de distorsión no lineal de señales vocales de alto nivel, es importante que esta distorsión ocurra antes de la intervención del compensador de eco, para garantizar la transmisión de la misma señal recortada a la puerta  $R_{out}$ . Sin embargo, siempre podrá resultar afectada la calidad de funcionamiento del compensador de eco si el trayecto de eco no es lineal.

Un ejemplo de compensación imperfecta es el caso de las redes conformes a la Rec. UIT-T G.108 en las que se introducen unidades de distorsión de cuantificación (qdu) en un trayecto de eco (véase el cuadro 1/G.113). La distorsión de cuantificación acumulada de estos códecs puede impedir que un compensador de eco logre el nivel necesario de eco de retorno ( $L_{RET}$ ) únicamente con técnicas de compensación lineales. Por tanto, se recomienda integrar sistemas de NLP apropiados en todos los compensadores de eco que sólo pueden modelar los componentes lineales de los trayectos de eco, si se destinan a un uso general en la red. En algunos entornos de red particulares con poco retardo o una fuerte pérdida de retorno del eco (ERL, *echo return loss*) podría inhabilitarse el NLP en un compensador de eco, mejorando suficientemente la atenuación de adaptación para el eco (ERLE). Sabiendo que los NLP pueden degradar la señal vocal, es una forma de mejorar la calidad general.

Algunos compensadores de eco utilizan la señal de  $R_{in}$  como señal interna de recepción  $R_{rev}$ , y transmiten  $R_{in}$  al puerto  $R_{out}$ . Puede hacerse siempre que no haya recorte ni otras formas de distorsión no lineales de un tramo de señal, que no ocurren en el otro. Si así no fuera, el trayecto de eco no es lineal desde el punto de vista del compensador de eco, y esto afecta la calidad de funcionamiento.

Debido a la creciente utilización de técnicas digitales para el tratamiento de señales en la banda vocal, es cada vez más frecuente la integración de atenuadores digitales. Esa forma de atenuación digital es frecuente en las centrales locales de las redes RTPC que albergan un módulo digital de línea distante, así como en las centralista privadas (PBX, *private branch exchange*) y otros equipos

de la instalación del cliente (CPE, *customer premises equipment*). Un atenuador digital mal diseñado puede alterar considerablemente la señal transmitida con condiciones no lineales, incluida la señal de eco de retorno, lo que degradaría la calidad de funcionamiento del compensador. Es importante afirmar la necesidad de mantener la linealidad en las señales atenuadas por sistemas digitales.

Tampoco se puede "modificar" la señal en la puerta  $S_{in}$  con recorte o alguna otra forma de distorsión no lineal. Es muy importante cuando

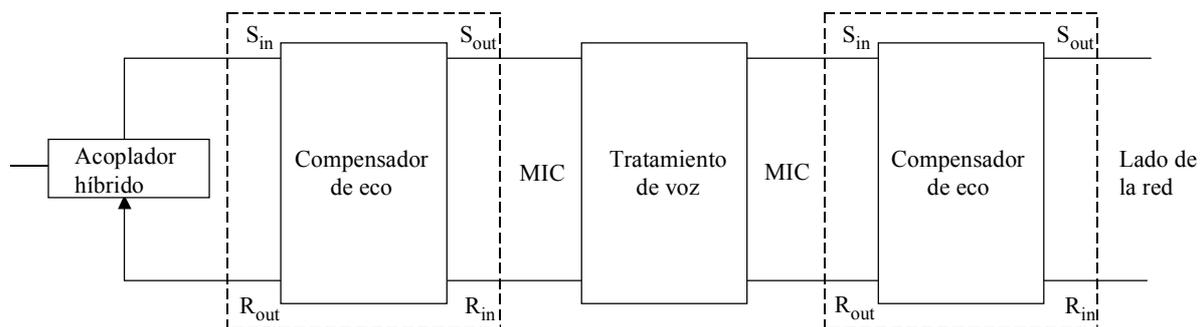
- 1) hay eco únicamente en el puerto  $S_{in}$ , o
- 2) hay eco y señales vocales del extremo compensado, y no se ha activado el detector de conversación simultánea, porque el recorte (distorsión) de uno afecta al otro.

### 5.2.5.2 Compresión de voz en el trayecto de eco

Sabiendo que la compresión de voz en las redes de voz públicas y privadas es cada vez más frecuente, en particular la modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa a 32 kbit/s (MICDA, véase la Rec. UIT-T G.726), es más probable que haya un códec de compresión de voz en el trayecto de eco. Las mediciones realizadas en compensadores de eco que tienen un circuito MICDA en el trayecto de eco indican que puede haber una deterioración del nivel de eco residual de más de 8 dB y una disminución de velocidad de convergencia. La activación del NLP podría afectar la calidad de las señales vocales debido, por ejemplo, a una señal de eco perturbada resultante de una conmutación no intencional del NLP. Un compensador puede mejorar hasta cierto punto la atenuación de adaptación para el eco.

### 5.2.5.3 Compresión de la voz entre compensadores en tándem

La compresión de voz en el trayecto de transmisión también podría afectar a las conexiones con compensadores en tándem. En la figura 8 se representa un circuito con compensadores en tándem, en el que se realiza una compresión de voz únicamente entre los dos compensadores. El compensador más cercano al acoplador híbrido no resultaría afectado, pero el compensador del lado de la red percibiría trayectos de eco no lineales o variables en el tiempo. El sistema en tándem funcionará de forma aceptable si el compensador más cercano a la red permanece estable y mantiene una mejora de la atenuación de adaptación para el eco. En teoría, el compensador del lado de la red no debe percibir eco, porque el compensador en el extremo distante lo ha eliminado. Sin embargo, se recomienda retirar efectivamente de la conexión los compensadores del lado de la red, o inhabilitarlos.



G.161\_F08

Figura 8/G.161 – Compresión de voz entre compensadores en tándem

### 5.2.6 Deformación en la modulación por impulsos codificados (MIC)

La deformación en la MIC es una causa de distorsión. Se trata de un nivel fijo de señal de c.c., no deseado, provocado por un convertidor analógico a digital o un filtro en el trayecto de eco, en la relación entre la señal  $S_{in}$  y la señal  $R_{out}$  de un compensador de eco. También puede haber

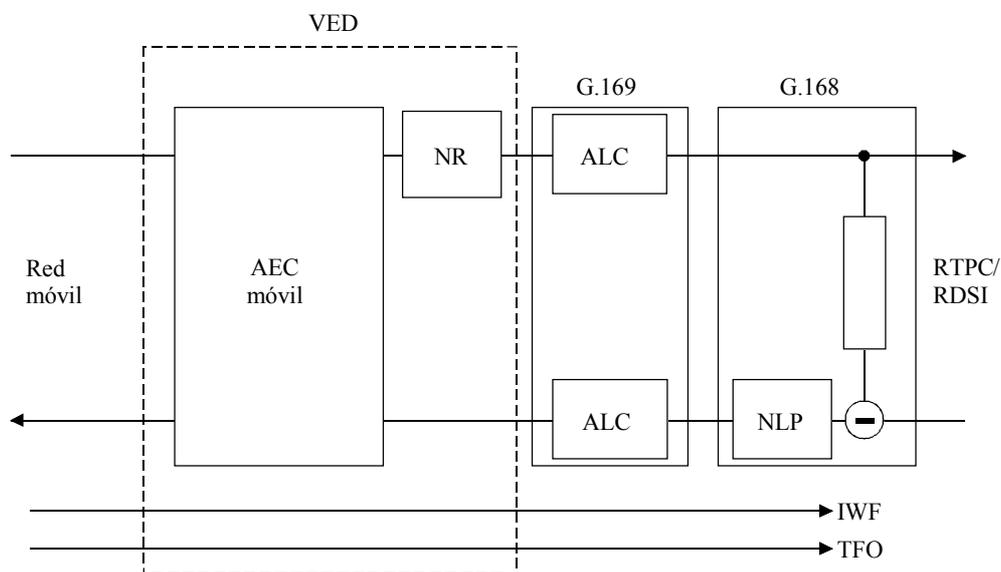
deformación en la MIC en la señal  $R_{in}$ . Puede afectar al funcionamiento de un compensador de eco y a otros equipos de red para el procesamiento de señales (SPNE), limitando el efecto de compensación o incluso recortando las señales vocales de forma no intencional.

### 5.3 Interacción de los dispositivos de mejora de la voz

#### 5.3.1 Interacción entre los dispositivos de mejora de la voz (VED) las aplicaciones móviles y las redes del sistema móvil

El VED es cualquier forma de tratamiento de las señales en el trayecto de transmisión digital, que realiza funciones de mejora de la voz en las señales de banda vocal de las redes del sistema móvil (figura 9).

Las funciones de mejora de la voz incluyen el control del eco acústico generado por los teléfonos inalámbricos, la reducción de ruido así como el reconocimiento y la adaptación de las señales de explotación sin transcodificación (TFO, *tandem free operation*) y de interfuncionamiento (IWF, *interworking function*).



G.161\_F09

**Figura 9/G.161 – Configuración de red de equipos para el procesamiento de señales (SPNE) con dispositivos de mejora de la voz (VED) en una red del sistema móvil**

En los casos de redes móviles con VED, las siguientes consideraciones son las más importantes en lo que concierne al interfuncionamiento entre los VED y la red móvil:

- la calidad de funcionamiento del terminal móvil, que incluye:
  - la presencia de ecos acústicos,
  - la presencia de sistemas compensadores de eco en el terminal, en los que se incluyen sistemas de adaptación adicional de nivel como los NLP o los recortadores de centro,
  - la introducción de ruido de confort,
  - algoritmos de reducción de ruido;
- la parte de transcodificador de señales vocales, que incluye los efectos del tratamiento de señales vocales y la transmisión radioeléctrica entre los terminales móviles y el punto de conexión de la red.

Por tanto, en algunos sistemas se instalarán equipos en tándem para el de tratamiento de la señal, por ejemplo compensadores de eco, NLP y distintos algoritmos para introducción de ruido de confort o reducción de ruido.

#### **5.3.1.1 Interacción entre los VED y el eco acústico – Normalmente, el eco acústico en las aplicaciones móviles digitales es variable en el tiempo**

El eco acústico en una red móvil digital puede afectar al sistema. El micrófono del terminal móvil recibe señales generadas localmente: señales vocales, diferentes ecos provocados por reflexiones y ruido del entorno.

En el controlador de eco acústico debe tenerse en cuenta el tiempo de reverberación del entorno. De otra parte, las señales que controlan el sistema pueden ser componentes periódicas y aperiódicas que tienen magnitudes y pausas muy variables. Esto altera continuamente las características del eco acústico, y el controlador de eco acústico debe adaptarse a estos cambios en la respuesta de impulsos.

La forma de reducir correctamente el eco acústico en las redes móviles sin afectar negativamente al proceso de compensación dependerá de la capacidad del sistema controlador de eco acústico para reconocer una señal como eco acústico. No puede funcionar correctamente si no se determina con precisión. Los errores de clasificación pueden afectar mucho la calidad de funcionamiento de los VED.

#### **5.3.1.2 El eco acústico en las aplicaciones móviles digitales no es lineal**

Las señales vocales procedentes del extremo lejano (eco acústico) introducidas en el micrófono del teléfono móvil son modificadas por técnicas de compresión de la voz. De la modificación de estas señales resultan características de no linealidad.

Los altavoces y los micrófonos de los terminales introducen características de no linealidad, especialmente si se trata de terminales manos libres. Los altavoces de este tipo de equipos suelen ser pequeños y tienen que reproducir señales de un nivel suficientemente alto para entregar la señal vocal recibida, lo que suele provocar fuertes distorsiones no lineales.

Las interfaces radioeléctricas en el trayecto de eco también producen características de no linealidad.

Para garantizar unas condiciones óptimas de funcionamiento del controlador de eco, es importante que la señal introducida en el puerto  $R_{in}$  del controlador de eco acústico sea lineal con respecto a la señal en el puerto  $S_{in}$  del compensador de eco. Tampoco deben "añadirse" efectos de recorte ni otras formas de distorsión no lineal de la señal en el puerto  $S_{in}$ . Es especialmente importante cuando sólo hay eco en el puerto  $S_{in}$ , o hay eco y señales vocales del extremo compensado, y no se ha activado el detector de conversación simultánea, porque el efecto de recorte (distorsión) de uno pueda afectar al otro.

#### **5.3.1.3 Interacción entre los compensadores de eco/VED en tándem, o entre los sistemas de reducción de ruido/algoritmos en tándem**

Cada vez es más frecuente la instalación de controladores de eco acústico y algoritmos de reducción de ruido en microteléfonos móviles y terminales manos libres. Debe considerarse con particular atención la posibilidad de interacción entre los controladores de eco acústico (AEC, *acoustic echo controller*) en tándem implementados en los dispositivos de mejora de voz (VED, *voice enhancement device*) y en los terminales móviles. Podría agravarse el recorte de las señales vocales debido a la presencia de procesadores no lineales (NLP) en tándem o de recortadores de centro, o debido a la interacción entre los distintos tipos de introducción de ruido de confort, y se produciría un ruido audible, pasando entre distintas formas de ruido.

También es importante considerar la posible alteración de calidad de las señales vocales debido a los algoritmos de reducción de ruido en tándem.

## **5.4 Interacción de los controladores automáticos de nivel**

Queda en estudio.

## **5.5 Interacción del equipo de multiplicación de circuitos**

### **5.5.1 Interacción del equipo de multiplicación de circuitos en lo relativo a los efectos sobre la calidad de las señales vocales**

Las pruebas subjetivas realizadas indican que el efecto de un equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME, *digital circuit multiplication equipment*) depende básicamente de tres factores:

- el tipo de ruido de confort general;
- el número total de saltos;
- la carga del portador.

También se han hecho pruebas de conversación y análisis de expertos, registrando las características de las eventuales alteraciones (ruido, corte, etc.) que se presentan durante la conversación.

Se han observado distintos tipos de degradación de la voz:

- cortes durante la comunicación;
- modificación del timbre de la voz;
- variación del nivel de la voz;
- variación del nivel de ruido de confort.

El número de saltos, es decir, el número de acciones sucesivas de codificación/decodificación, es el parámetro que más influye en la degradación de calidad de las señales vocales. Cuando se hacen dos o más saltos, el timbre de la voz parece diferente, es menos claro, y suele haber algunas variaciones en el nivel de la voz. Es muy notoria la pérdida de calidad proporcional al número de saltos. Por eso se recomienda evitar la instalación de CME en tándem. Hay dos soluciones para evitar la instalación de CME en tándem: el control a partir de un equipo de conmutación mediante interfaces de señalización, o un sistema interno de control entre los CME. En la Rec. UIT-T Q.50.1, la enmienda 1/Q.761 y la enmienda 1/Q.764 se describe el sistema de control de un equipo de conmutación para evitar la instalación de CME en tándem.

También influye la sobrecarga del portador, que puede provocar microcortes (bloqueos) y que se traduce muchas veces por una voz distorsionada y metálica. Un aumento del nivel de carga del sistema afecta tanto a la calidad de la voz como a la calidad general.

En relación con el ruido de confort, se ha observado que siempre es preferible un nivel de ruido "adaptable" y no un ruido "fijo": la calidad general de la comunicación siempre es mejor cuando se introduce un nivel de ruido adaptable. Cuando es "fijo", el ruido de confort percibido es molesto (un nivel demasiado alto o demasiado bajo).

### **5.5.2 Reposición sincrónica en el equipo de multiplicación de circuitos (CME)**

Los DCME del tipo especificado en las Recomendaciones UIT-T G.763, G.767 y G.768 tienen un número limitado de codificadores y decodificadores agrupados y asignados a los canales activos de señales vocales que utilizan principios externos VAD/DTX/CNG.

En estos DCME, los codificadores de señales vocales y los correspondientes decodificadores no siempre están conectados unos con otros durante toda la llamada, únicamente cuando hay señales vocales activas en los canales. El grupo de códec es compartido para la comunicación a varios destinos, especialmente si se trata de DCME que funcionan en una configuración multidestinos, y el codificador no se utiliza siempre con un determinado decodificador.

Por lo anterior, los parámetros internos de un codificador y el correspondiente decodificador no siempre coinciden al principio de una nueva ráfaga de señales vocales una vez terminado el silencio, y esto puede hacer que el tiempo de convergencia sea más largo y provocar una degradación de calidad de la señal vocal.

El procedimiento de reposición sincrónica entre el codificador y el decodificador evita esta posible degradación de calidad de las señales vocales decodificadas, más eficiente que reposicionar los parámetros internos a un nivel predeterminado cuando el par codificador recibe la nueva asignación después del periodo de silencio (véanse las Recomendaciones UIT-T G.763 y G.768). La transición del cuadro de asignación del DCME determina la necesidad de una reposición sincrónica.

No será necesario un proceso de reposición sincrónica externa si el sistema soporta la supresión de silencio correspondiente al códec de señales vocales utilizado, por ejemplo anexo B/G.729, o anexo A/G.723.1, y tampoco cuando el sistema soporta la generación de ruido de confort conforme con el códec de señales vocales utilizado, por ejemplo apéndice II/G.711, anexo B/G.729, o anexo A/G.723.1.

## **5.6 Interacción de los controladores de eco acústico**

### **5.6.1 Campo de aplicación**

Las siguientes especificaciones son las condiciones necesarias para los controladores de eco acústico (AEC) que se pueden instalar sea en el mismo terminal (controlador de eco acústico en el terminal) o a distancia en la red (controlador de eco acústico en la red), para que puedan funcionar correctamente con otros dispositivos de red. Son válidos para las aplicaciones de equipos con interfaces de línea analógica o digital utilizadas para los siguientes tipos de telecomunicaciones (tipos de aplicaciones):

- teleconferencias;
- teléfonos de altavoz (manos libres);
- terminales de videoteléfono;
- aplicaciones móviles y personales;
- interfuncionamiento con los códecs de señales vocales.

Hay dos aspectos a considerar: la codificación de señales vocales en el trayecto de  $R_{in}$  y la codificación de señales vocales en el trayecto de  $S_{out}$ .

### **5.6.2 Codificación de señales vocales en el trayecto de $R_{in}$**

#### **5.6.2.1 Velocidad binaria**

Es evidente que la velocidad binaria en la frontera del sistema de tratamiento del que forma parte el controlador de eco acústico (AEC) en  $R_{in}$  debe coincidir con la velocidad entrante.

#### **5.6.2.2 Ancho de banda**

Otra condición es que el ancho de banda del AEC debe coincidir con el ancho de banda entrante, cuando es posible y con tolerancias razonables.

Cuando se activa el AEC, el proceso de tratamiento debe mantener las condiciones de ancho de banda especificadas en la Rec. UIT-T G.712 para señales vocales en la banda telefónica, y la Rec. UIT-T G.722 para señales vocales de banda ancha.

El AEC deberá introducir filtros de compensación cuando no pueda igualar el ancho de banda entrante.

### **5.6.2.3 Efectos de la codificación de señales vocales en tándem**

Si la señal vocal se recodifica durante el procesamiento en el AEC, es necesario considerar los efectos de una codificación aceptable en tándem de las señales vocales en  $R_{in}$ . Obsérvese que el método de cambio de frecuencia para controlar el efecto de silbido se puede considerar en esta categoría. También se considerarían en esta categoría todos los casos de detección de actividad vocal que pudieran provocar el tratamiento de la señal  $R_{in}$  antes de su difusión en  $R_{out}$ . Asimismo, se está estudiando la oportunidad de incluir en esta categoría la eliminación de c.c.: actualmente se piensa que no es oportuno. En general, se considera que estos efectos de tándem son menos significativos que otros que se aplican al trayecto  $S_{in}$  a  $S_{out}$  (5.6.3.3), porque todos sus efectos están limitados al usuario del AEC.

### **5.6.3 Codificación de señal vocal en el trayecto $S_{out}$**

#### **5.6.3.1 Velocidad binaria**

Es evidente que la velocidad binaria en la frontera del sistema de tratamiento del que forma parte el controlador de eco acústico (AEC) en  $S_{out}$  debe coincidir con la velocidad de la línea saliente.

#### **5.6.3.2 Ancho de banda**

Otra condición es que el ancho de banda del AEC debe coincidir con el ancho de banda saliente, cuando es posible y con tolerancias razonables.

Cuando se activa el AEC, el proceso de tratamiento debe contener las condiciones de ancho de banda especificadas en la Rec. UIT-T G.712 para señales vocales en la banda telefónica y la Rec. UIT-T G.722 para señales vocales de banda ancha.

El AEC deberá introducir filtros de compensación cuando no pueda igualar el ancho de banda saliente.

#### **5.6.3.3 Efectos de la codificación de señales vocales en tándem**

Si la señal vocal se recodifica durante el procesamiento en el AEC, es necesario considerar los efectos de una codificación aceptable en tándem de las señales vocales en  $S_{out}$ . El proceso de compensación de eco es una forma de codificación de las señales vocales como se considera en esta cláusula, y podría influir en el funcionamiento del codificador externo de señales vocales en  $S_{out}$ . En general, todo tratamiento que se pueda considerar como un filtro lineal no presenta problemas, pero el tratamiento que no es lineal puede presentar problemas. Obsérvese que el método de cambio de frecuencia para controlar el efecto de silbido se puede considerar en esta categoría. También se incluirían en esta categoría todos los casos de detección de actividad de señal vocal que resultaran en la modulación de la señal de  $S_{in}$  antes de su difusión en  $S_{out}$ . Asimismo, se está estudiando la oportunidad de incluir en esta categoría la eliminación de c.c.: actualmente se piensa que no es oportuno. Se considera que estos efectos de tándem son más significativos que otros que se aplican al trayecto  $R_{in}$  a  $R_{out}$  (5.6.2.3), porque los percibe el resto de la red y el usuario que no depende (posiblemente) del AEC. Es de especial importancia que el AEC no interfiera negativamente con la calidad de funcionamiento del equipo de red en cascada.

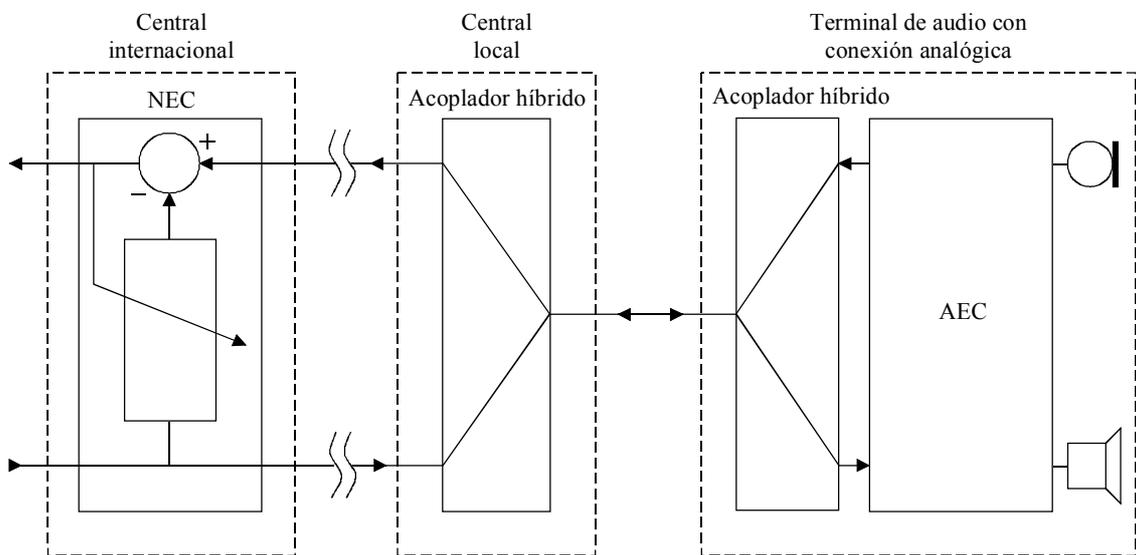
### **5.6.4 Interfuncionamiento de los AEC con los compensadores de eco en la red**

El control de eco acústico es ahora una consideración importante, porque ha aumentado el número de teléfonos manos libres. El control de eco acústico y la compensación de eco en la red son temas similares, pero también hay muchas diferencias. En un estudio de compensadores de eco acústico son importantes las consideraciones de niveles, de atenuación (o ganancia) natural en el trayecto de eco, de variación de atenuación y de la importancia o del tipo de protección contra el efecto de silbido o de pitido. En los teléfonos manos libres deben integrarse sistemas para controlar su propio eco acústico. Si el compensador de eco en la red se utiliza para reducir el eco acústico producido por equipos terminales, la ventana de tratamiento deberá ser suficientemente amplia para cubrir el

retardo entre extremos de ida y vuelta entre el compensador y el local, además de los trayectos de eco acústico en el mismo local. Véase la información sobre trayectos de eco acústico en la Rec. UIT-T P.340. De otra parte, es importante que el controlador de eco acústico pueda funcionar combinado con un compensador de eco eléctrico en la red.

Los teléfonos manos libres analógicos que permiten una verdadera conversación simultánea pueden producir una señal de eco acústico. Esta señal de eco se suma a la señal de eco eléctrico procedente de la conexión de tetrafililar/bifilar de la terminación híbrida, y no se podrá reducir suficientemente si no está correlacionada. Los teléfonos manos libres analógicos con dispositivos de compresión dinámica pueden amplificar el ruido ambiente del local durante las pausas de la conversación, y transferirlo a la entrada del compensador de eco en el trayecto de emisión. Dado que la conmutación de los teléfonos de manos libres depende de la señal, el nivel de una señal de conversación simultánea se puede reducir en la entrada del compensador de eco en el trayecto de emisión. Podría resultar un mayor efecto de recorte por el procesador no lineal, si el nivel de esta señal de conversación simultánea fuera inferior al nivel de umbral.

La consideración primordial, desde el punto de vista de los compensadores de eco en la red, es que ninguna señal (o componente de señal) en  $S_{out}$  sea percibida como señal correlacionada con  $R_{in}$  (teniendo en cuenta las condiciones de retardo de cola para el compensador de eco en la red) excepto en un caso evidente de conversación simultánea. A los efectos de este análisis, se considera que un caso evidente de conversación simultánea es la situación en que la intensidad de la señal vocal  $S_{out}$  es superior a la intensidad en  $R_{in}$ . Esta condición podría ser demasiado permisiva si se deduce, incorrectamente, que autoriza las distorsiones no lineales en el trayecto de eco de  $R_{in}$  a  $S_{out}$ . Tal vez sea más seguro (aunque probablemente demasiado riguroso) establecer que después de la convergencia inicial del AEC, el nivel en  $S_{out}$  sea superior a lo especificado en la Rec. UIT-T P.342, incluyendo el tratamiento no lineal, en relación con el nivel en  $R_{in}$ , excepto en un caso de conversación simultánea. Esta última condición protege al compensador de eco en la red evitando la necesidad de adaptación a un eco acústico (véase la figura 10).



G.161\_F10

**Figura 10/G.161 – Ejemplo de una configuración de red en la que puede haber interacción perturbadora entre los controladores de eco acústico y los compensadores de eco en la red**

### **5.6.5 Interfuncionamiento de los controladores de eco acústico con el equipo de multiplicación de circuitos**

Las anteriores condiciones para la codificación de señales vocales y los compensadores de eco en la red son, normalmente, muy suficientes para las necesidades de los equipos de multiplicación de circuitos (CME). También es importante considerar los efectos del ruido de fondo. El controlador de eco acústico (AEC) debe mantener el nivel de ruido de fondo en  $S_{out}$  tan constante y tan bajo como sea posible. Si el AEC tiene un dispositivo no lineal, por ejemplo un recortador de centros, o introduce una atenuación importante en el trayecto de emisión cuando sólo hay señales vocales en el lado de recepción, el AEC deberá introducir el nivel apropiado de ruido de confort para evitar la falsa activación de los detectores de señales vocales del CME (provocada por el ruido de fondo modulado) en situaciones de tratamiento no lineal o introducción de atenuación.

## **5.7 Interacción de las pasarelas de señales vocales**

### **5.7.1 Variación de nivel**

Queda en estudio.

### **5.7.2 Ruido de fondo**

Queda en estudio.

### **5.7.3 Codificación de señales en tándem**

Queda en estudio.

### **5.7.4 Pasarelas de señales vocales en tándem**

Queda en estudio.

### **5.7.5 Codificación a baja velocidad binaria y otros efectos no lineales**

Queda en estudio.

### **5.7.6 Señales de datos en la banda de señales vocales, tonos de señalización, tráfico de facsímil, tonos para el tratamiento de llamadas, señales vocales**

Queda en estudio.

### **5.7.7 Interacción de las redes inalámbricas de la tercera generación para lo relativo a la calidad de señales vocales**

Queda en estudio.

## Apéndice I

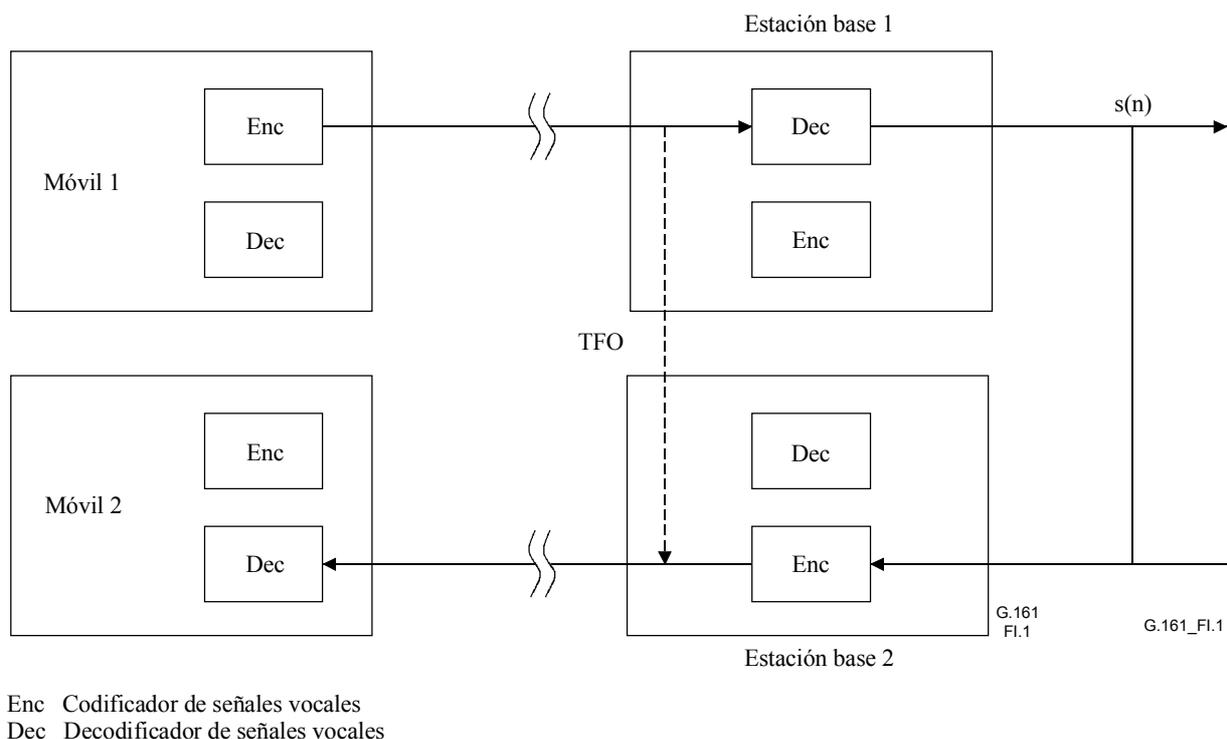
### Explotación sin transcodificación (TFO)

#### I.1 Introducción

La codificación de las señales vocales es una solución muy utilizada en la red de telecomunicaciones para reducir el ancho de banda de transmisión y elevar la capacidad. Uno de los factores que han permitido la creación de redes de voz por paquetes y, en particular, sistemas inalámbricos digitales, es la instalación de códecs de señales vocales eficientes que funcionan a velocidades bajas a medias (4 a 16 kbit/s). Los códecs de baja velocidad binaria G.729 y G.723.1 del UIT-T son utilizados frecuentemente.

Son códecs de excelente calidad, pero imperfectos en cuanto la señal vocal no es reconstruida totalmente y la señal sintetizada no tiene exactamente la misma calidad de la señal vocal original. La utilización de códecs en tándem agrava la distorsión de la señal tratada. Esta agravación provocada por el funcionamiento de códecs en tándem puede ser significativa, dependiendo de la relación calidad/velocidad binaria de estos códecs y de las características de la señal tratada. Esta degradación adicional de un sistema de códecs dorso a dorso será notoria, por ejemplo, en los casos de transmisión de señales de música y señales vocales con ruido. El sistema de códecs en tándem es una de las dificultades tecnológicas para la normalización de códecs de señales vocales a baja velocidad binaria.

El problema de un tándem de códecs es frecuente en la telefonía inalámbrica digital, porque las llamadas de móvil a móvil necesitan el tratamiento de la señal en las dos direcciones mediante dos códecs dorso a dorso. En la figura I.1 se representa un ejemplo de transmisión de señal vocal del móvil 1 al móvil 2. El móvil 1 codifica la señal vocal de origen y transmite los datos codificados de la señal vocal a la estación base 1. La estación base 1 decodifica los datos de señal vocal recibidos del móvil 1 y produce una señal  $s(n)$ . En este caso de conexión de llamada móvil a móvil, la estación base 2 vuelve a codificar la señal vocal decodificada  $s(n)$  y transmite los datos codificados al móvil 2. Como puede verse, la señal del móvil 1 al móvil 2 se codifica dos veces y hay mayor pérdida de calidad de las señales vocales que en el caso de una sola codificación. Ha sido necesario poner a punto soluciones para cumplir con los objetivos de la telefonía inalámbrica: ofrecer servicios comparables a los servicios de las líneas telefónicas terrestres.



**Figura I.1/G.161 – Tándem de códecs de señales vocales en una conexión simple móvil a móvil**

## I.2 Esencia de las normas actuales

En general, el sistema de explotación sin transcodificación (TFO) se consigue adoptando un protocolo de señalización en la banda para detectar las conexiones que pasan por los códecs en tándem. Cuando se presentan estas situaciones y se ha determinado que los códecs pueden interfuncionar, se altera el flujo de tratamiento suprimiendo las etapas adicionales de codificación/decodificación en las estaciones de base. Para los dispositivos terminales que soportan el funcionamiento con varios códecs, se prevé lo necesario para permitir la negociación al códec de mayor calidad soportado por los dos terminales.

La reciente definición de normas TFO pretende garantizar el funcionamiento sin transcodificación incluso en sistemas con diferentes tecnologías de acceso, por ejemplo, GSM/TDMA, si los códecs de señales vocales en los dos extremos pueden interfuncionar.

Con el tiempo se han definido varias normas TFO para distintas técnicas de acceso inalámbrico. Todas estas normas TFO estaban basadas en el mismo principio, pero se adaptaban para la utilización con diferentes códecs de señales vocales en diferentes tecnologías de acceso inalámbrico. Las normas TFO actuales son [1]-[3]. [2] y [3] tienen el mismo contenido.

Los servicios inalámbricos son la principal finalidad de las normas TFO, pero estas normas también pretenden garantizar el interfuncionamiento con redes de líneas para la transmisión de voz por paquetes, como VoIP. Las normas TFO se pueden aplicar fácilmente a cualquier tipo de transmisión de voz por paquetes. El protocolo TFO puede funcionar sin señalización fuera de banda ni protocolos de capas superiores, lo que facilita su aplicación. El objetivo final de las normas TFO es crear una norma universal compatible con las normas actuales, que permita un funcionamiento sin interrupción entre las distintas redes y los distintos servicios.

## **Bibliografia**

- [1] TIA/EIA-895, *Tandem Free Operation*.
- [2] GSM 08.62, *Inband Tandem Free Operation (TFO) of Speech Codecs; Service Description; Stage 3*.
- [3] ETSI 3G TS 28.062, *Inband Tandem Free Operation (TFO) of Speech Codecs; Stage 3 – Service Description*.

## 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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
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