



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**Suplemento 32**

**(Serie G)**

**(03/93)**

**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

**ASPECTOS DE LOS CIRCUITOS ESPECIALES Y  
LAS CONEXIONES QUE UTILIZAN LA RED DE  
CONEXIONES TELEFÓNICAS INTERNACIONALES  
RELACIONADOS CON EL PLAN DE TRANSMISIÓN**

---

**ASPECTOS DE TRANSMISIÓN DE LOS  
SISTEMAS RADIOMÓVILES DIGITALES**

**Suplemento 32 a las  
Recomendaciones UIT-T de la Serie G**

(Anteriormente «Recomendaciones 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.

El Suplemento 32 a las Recomendaciones UIT-T de la Serie G, preparado por la Comisión de Estudio XII (1988-1993) del UIT-T, fue aprobado 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

*Página*

1	Aspectos de transmisión del sistema radiomóvil digital paneuropeo .....	1
1.1	Introducción .....	1
1.2	Funciones de procesamiento vocal .....	1
1.3	Tiempo de propagación medio en un sentido del sistema GSM.....	4
1.4	Referencias .....	4
2	Aspectos de transmisión del sistema radiomóvil digital japonés .....	5
2.1	Introducción .....	5
2.2	Calidad de transmisión.....	5



## ASPECTOS DE TRANSMISIÓN DE LOS SISTEMAS RADIOMÓVILES DIGITALES

(Helsinki, 1993)

(citado en las Recomendaciones de la Serie G)

Este Suplemento es una introducción a las características de transmisión de redes móviles terrestres públicas específicas.

### 1 Aspectos de transmisión del sistema radiomóvil digital paneuropeo

#### 1.1 Introducción

Una serie de las Recomendaciones del Grupo Especial Móvil (GSM, *groupe special mobile*) trata de las funciones de procesamiento vocal, los aspectos del plan de transmisión y las pruebas de conformidad de las terminaciones móviles del sistema GSM.

En [1] figura una visión general de las partes de procesamiento vocal con referencia a las Recomendaciones donde se especifica cada parte en detalle. Los aspectos del plan de transmisión se tratan en [2]. La especificación detallada de las partes audio están contenidas en [2] y [3].

#### 1.2 Funciones de procesamiento vocal

##### 1.2.1 Transcodificación vocal a plena velocidad

En [4] figura la descripción detallada del proceso de transcodificación vocal a plena velocidad. Dicha Recomendación del GSM trata de la conversión entre una señal vocal digital con señal MIC uniforme de 13 bits muestreada a 8 kHz, y una señal codificada que tiene una velocidad binaria media de 13 kbit/s. Los requisitos del transcodificador se basan en tres parámetros:

- calidad de transmisión;
- retardo;
- consumo de energía (complejidad).

El método utilizado es la excitación por impulsos regulares/codificación lineal predictiva (RPE-LTP, *regular pulse excitation/linear predictive coding using long term prediction*) que utiliza la codificación a largo plazo. El tren de bits codificado consiste en tramas de 260 bits, que corresponden a 20 ms de palabra. La trama vocal es entregada a la función de codificación del canal definida en [9] para producir un bloque codificado que consiste en 456 bits con una velocidad binaria bruta de 22,8 kbit/s.

En la Recomendación [4] se describe el códec hasta el nivel de bits, permitiendo así la verificación de la conformidad con la Recomendación en un alto grado de confianza mediante la utilización de un conjunto de secuencias de pruebas digitales, que se describen también en la Recomendación.

Para las pruebas de caracterización subjetiva en el códec RPE-LTP, se realizaron varios experimentos para determinar los efectos del nivel de entrada vocal, del nivel de escucha, de la relación portadora/interferencia (C/I, *carrier-to-interference*), de la transcodificación, de los circuitos de entrada de audio y del ruido ambiente.

El funcionamiento del códec fue satisfactorio con todos los niveles de entrada y de escucha y no fue afectado esencialmente hasta una relación portadora/interferencia (C/I) de 10 dB, por lo que puede considerarse que tiene un comportamiento aceptable hasta 7 dB. Las relaciones portadora/interferencia (C/I) inferiores producen una degradación inadmisibles de la calidad vocal (véase la Figura 1-1) y por tanto deben evitarse.

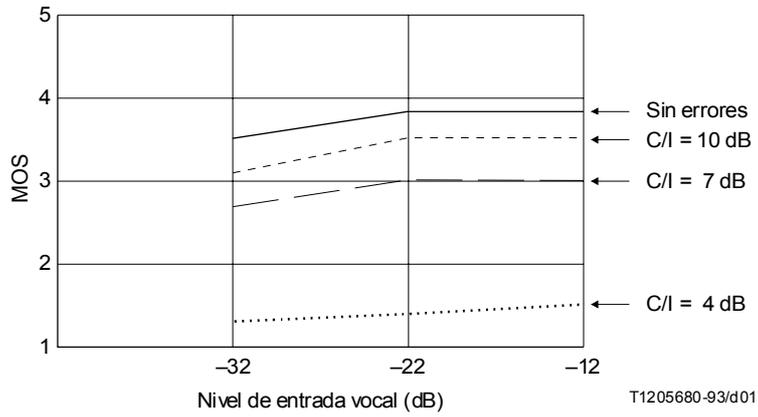


FIGURA 1-1

**Nota media de opinión (MOS) en función del nivel de entrada vocal para diferentes relaciones portadora/interferencia**

En condiciones de transmisión sin errores, la calidad percibida del códec es menor que la de los codecs conformes a las Recomendaciones G.711 y G.721. El valor de unidad de distorsión de cuantificación para el códec RPE-LTP es aproximadamente 7-8 y debe utilizarse para la planificación. Actualmente no hay reglas específicas para determinar las unidades de distorsión de cuantificación para la codificación por debajo de 32 kbit/s. Un valor de unidad de distorsión de cuantificación de 4,6 se mide en condiciones sin error y nivel de entrada nominal.

Cuando se conecta en cascada con un códec conforme a la Recomendación G.721 se obtuvo la misma calidad de funcionamiento, independientemente de si el códec RPE-LTP estaba antes o después del códec G.721 (véase la Figura 1-2). Dos codecs RPE-LTP conectados en cascada funcionan mucho peor que un solo códec.

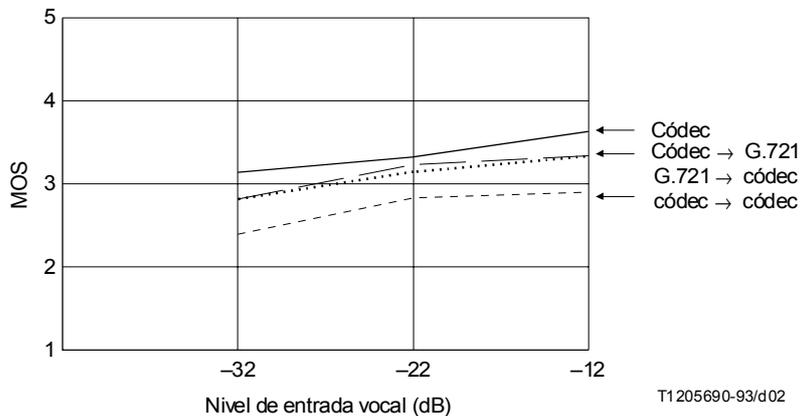


FIGURA 1-2

**MOS en función del nivel entrada vocal para diferentes transcodificaciones**

El retardo mínimo teórico del códec RPE-LTP es 20 ms. Sin embargo, en la práctica pueden tener un tiempo de procesamiento adicional del orden de 3 a 8 ms.

Debe señalarse que el códec RPE-LTP es un sistema adaptativo que se ha optimizado para entradas vocales. Debe tenerse mucho cuidado al efectuar mediciones con señales no vocales porque no pueden formularse las hipótesis normales de invarianza en el tiempo y linealidad.

### 1.2.2 Transcodificación vocal a velocidad-mitad

Se ha previsto la introducción de un transcodificador vocal denominado de velocidad-mitad en una etapa ulterior. La velocidad binaria bruta del transcodificador de velocidad-mitad será de 11,4 kbit/s. El algoritmo para el transcodificador vocal de velocidad-mitad queda en estudio.

### 1.2.3 Estrategia general para el funcionamiento de transmisión discontinua

Durante una conversación normal, los participantes hablan alternadamente, de modo que por término medio cada sentido de transmisión está ocupado aproximadamente al 50% del tiempo. Si los transmisores se activan solamente para estas tramas que contienen señales vocales, se obtendrá una ganancia en dos aspectos:

- en la estación móvil, se prolongará la vida de la batería o podrá utilizarse una batería más pequeña para una duración operativa;
- la interferencia media en el «aire» se reduce, con el resultado de una utilización más eficaz del espectro.

El proceso global para las distintas acciones cuando se utiliza este modo de funcionamiento [transmisión discontinua (DTX, *discontinuous transmission*)] y la ocurrencia de tramas faltantes se describen en la Recomendación [7]. Esta Recomendación define diagramas de dos estados, uno para el lado transmisión y otro para el lado recepción. La Recomendación controla las funciones definidas en [5], [6] y [8].

### 1.2.4 Detección de actividad vocal

La Recomendación [8] describe los objetivos de calidad de funcionamiento para la función del detector de actividad vocal (VAD, *voice activity detection*) en el sistema GSM. El VAD forma parte del sistema para transmisión discontinua que se define en la Recomendación [7]. El VAD genera una señal activa/no activa para cada 20 ms de trama de señales vocales.

El objetivo básico del VAD es:

- evitar una degradación inadmisible de la calidad vocal; y
- lograr el porcentaje requerido de detección de pausas en la conversación.

La detección de la actividad vocal se logra supervisando y analizando varias características de la señal que discriminan efectivamente entre palabra (o palabra + ruido) y ruido. Como ejemplos de estas características cabe citar el nivel de la señal, la velocidad de paso por cero, los coeficientes de autocorrelación, etc. La detección puede mejorarse con la utilización de información de entrada adicional como, por ejemplo, un micrófono adicional o información disponible en el codificador vocal.

Para separar al máximo la palabra y el ruido, hay que tener en cuenta las propiedades de ambas señales al seleccionar las características de las señales y el diseño de un algoritmo de detección. Para verificar la calidad de funcionamiento, el dispositivo VAD se probará con grabaciones reales de palabra y ruido, donde las secuencias activado-desactivado de la palabra se han marcado en un fichero de referencia.

Los criterios básicos de calidad de funcionamiento del VAD son:

- recorte en la unidad de acceso de ráfagas vocales;
- recorte de mitad de palabra;
- características de supresión de ruido (ruido detectado como palabra).

### 1.2.5 Inserción de ruido nivelador

Cuando la señal activa/no activa producida por el VAD se utiliza para conmutar el transmisor a activado y desactivado, el efecto será una modulación del ruido de fondo en el extremo receptor. En la situación «conversación activa» el ruido de fondo se transmite junto con la palabra al extremo receptor. Cuando la ráfaga vocal termina, la conexión se interrumpe y el ruido recibido desciende a un nivel muy bajo. Esta modulación por pasos de ruido se percibe como muy molesta y puede reducir la inteligibilidad de la palabra. El efecto de contraste de ruido en el sistema GSM se reduce insertando ruido en el extremo receptor.

La Recomendación [6] trata todos los aspectos detallados del proceso global de generación de ruido nivelador, es decir, la evaluación en el transmisor, la codificación (tramas SID) y la decodificación de parámetros de ruido y la inserción en el receptor. Se define también el algoritmo para actualizar los parámetros de ruido durante las pausas de la conversación.

La generación de ruido nivelador se basa en la Recomendación relativa al códec vocal.

### 1.2.6 Extrapolación de tramas vocales

En el receptor, pueden faltar tramas debido a una de las tres causas siguientes:

- funcionamiento con transmisión discontinua;
- errores de transmisión (borrado); y
- robo de tramas.

Para enmascarar el efecto de las tramas faltantes, debe utilizarse un esquema de extrapolación de tramas vocales: como mínimo, una trama faltante debe sustituirse mediante la repetición de la trama anterior, no se admiten tramas de silencio. Para las siguientes tramas faltantes, debe utilizarse algún tipo de silenciador. Se invita a los fabricantes a que realicen esquemas de extrapolación más efectivos.

## 1.3 Tiempo de propagación medio en un sentido del sistema GSM

Para todo el sistema GSM con un transcodificador vocal a plena velocidad entre la interfaz acústica y el punto de conexión de red, hay que considerar el tiempo de propagación (retardo). En el Cuadro 1-1 se enumeran los retardos inherentes y dependientes de la realización del sistema GSM.

CUADRO 1-1

### Retardos del sistema GSM

Retardo del códec RPE-LTP	20,0 ms
Retardo de codificación de canal	37,5 ms
Retardo de procesamiento	27,5 ms aprox.
Sistema de transmisión (enlace de la estación de base al centro de conmutación de servicios móviles)	5,0 ms aprox.
Retardo global previsto	90,0 ms aprox.

## 1.4 Referencias

- [1] Recomendación GSM 06.01 *Speech Processing Functions, General Description (Descripción general de las funciones de procesamiento vocal)*.
- [2] Recomendación GSM 03.50 *Transmission Planning Aspects of the Speech Service in the GSM PLMN System (Aspectos del servicio vocal del sistema RMTTP GSM relacionados con la planificación de la transmisión)*.
- [3] Recomendación GSM 11.10 *Mobile Station Conformity Specification (Especificación de conformidad de las estaciones móviles)*.
- [4] Recomendación GSM 06.10 *13 kbit/s Regular Pulse Excitation-Long-Term Prediction-Linear Predictive Coder for use in the Pan-European Digital Mobile Radio System (Codificador de excitación por impulsos regulares con predicción lineal predictiva a largo plazo para uso en el sistema radiomóvil digital paneuropeo)*.
- [5] Recomendación GSM 06.11 *Speech Frame Extrapolation (Extrapolación de tramas vocales)*.
- [6] Recomendación GSM 06.12 *Comfort Noise Receiver Functions (Funciones del receptor con ruido nivelador)*.
- [7] Recomendación GSM 06.31 *DTX Control and Operation (Control y funcionamiento de la transmisión discontinua)*.
- [8] Recomendación GSM 06.32 *Voice Activity Detector (Detector de actividad vocal)*.
- [9] Recomendación GSM 05.03 *Channel Coding (Codificación de canal)*.

## 2 Aspectos de transmisión del sistema radiomóvil digital japonés

### 2.1 Introducción

Esto es un informe preliminar sobre los aspectos de transmisión del sistema radiomóvil digital japonés, que está siendo normalizado actualmente. La calidad de transmisión indicada fue obtenida por el Centro de Investigación y Desarrollo para Radiosistemas (RCR, *research and development center for radio systems*) mediante la normalización del método de codificación vocal a velocidad completa. Todos los datos deberán actualizarse una vez completado el procedimiento de normalización.

### 2.2 Calidad de transmisión

#### 2.2.1 Calidad vocal

La calidad vocal indicada a continuación se evaluó utilizando codecs vocales que trabajan en tiempo real a 11,2 kbit/s, mediante pruebas de escucha subjetivas. En las pruebas se evaluaron al mismo tiempo muestras de referencia del aparato de referencia para la producción de ruido modulado con el fin de traducir los valores de la nota media de opinión en valores Q equivalentes de opinión y en valores de qdu.

##### 1) Error de transmisión

En la Figura 2-1 se muestra la calidad vocal en función de los errores de transmisión. En este caso el nivel de entrada vocal se ajustó a  $-18$  dBm0 (21 dB más bajo que el nivel de sobrecarga) y no se añadió ruido de fondo.

Se logró una calidad excelente de aproximadamente 4 qdu en un canal sin errores. En canales con errores la calidad vocal fue peor que 5 qdu. Sin embargo, esta calidad es mejor que la de los sistemas FM analógico convencionales.

##### 2) Nivel de entrada vocal

En la Figura 2-2 se muestra la calidad vocal en función del nivel de entrada vocal, sin añadir error de transmisión ni ruido de fondo.

##### 3) Ruido de fondo

En la Figura 2-3 se muestra la calidad vocal en función del ruido de fondo, cuando el nivel de entrada vocal se ajusta a  $-18$  dBm0 y no se añade error de transmisión.

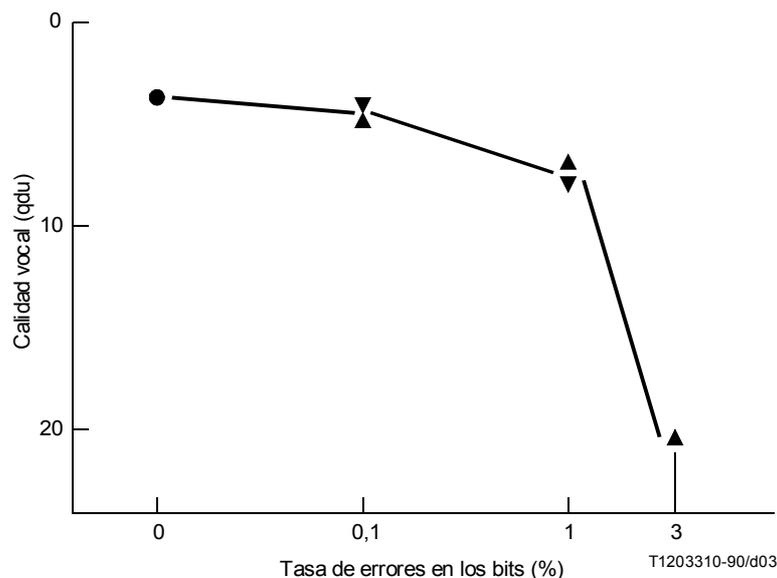


FIGURA 2-1

Calidad vocal en función del error de transmisión

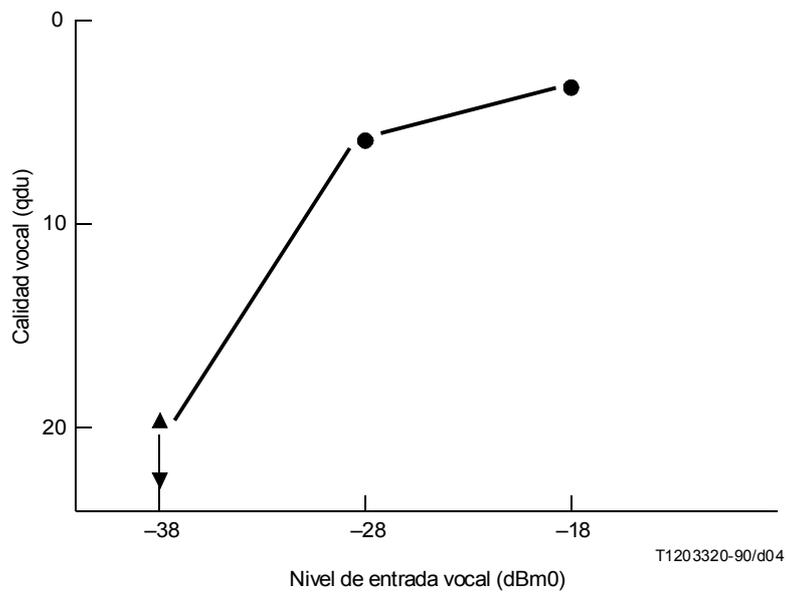


FIGURA 2-2  
**Calidad vocal en función del nivel de entrada vocal**

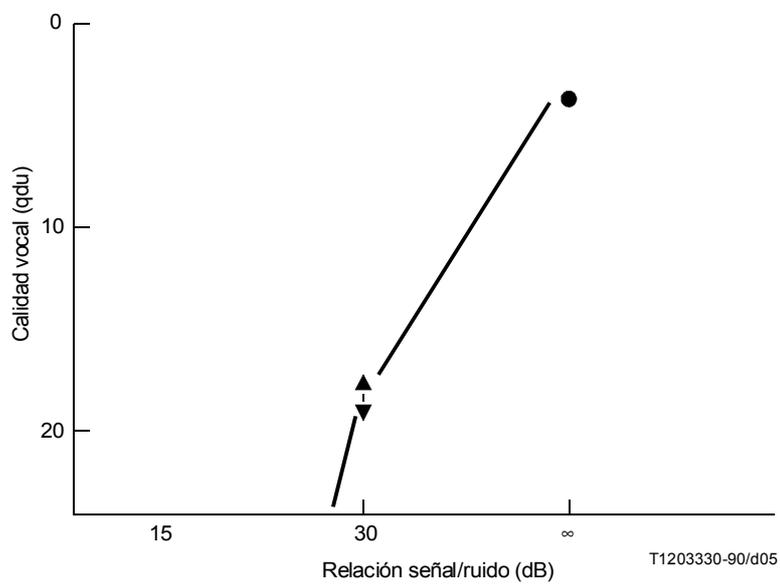


FIGURA 2-3  
**Calidad vocal en función de la relación señal/ruido (ruido de fondo)**

### **2.2.2 Retardo de transmisión en un sentido**

El retardo de transmisión en un sentido de todo el sistema puede definirse como una suma del:

- retardo algorítmico de la codificación/decodificación vocal, incluida la protección contra errores;
- retardo de procesamiento del códec que funciona en tiempo real;
- retardo de transmisión del radioenlace TDMA (acceso múltiple por división de tiempo);
- retardo de transmisión entre la estación de base y el centro de conmutación de servicios móviles.

Los valores aproximados de los elementos mencionados son 27-55 ms, 6,7 ms y 20 ms. Por tanto, el retardo global previsto en un sentido es aproximadamente 73,7-101,7 ms.





