



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

P.833

(02/2001)

SERIE P: CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA,
INSTALACIONES TELEFÓNICAS Y REDES LOCALES
Métodos de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad

**Metodología para la obtención de los factores
de degradación del equipo a partir de pruebas
subjetivas de escucha solamente**

Recomendación UIT-T P.833

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE P

CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA, INSTALACIONES TELEFÓNICAS Y REDES LOCALES

Vocabulario y efectos de los parámetros de transmisión sobre la opinión de los clientes	Serie	P.10
Líneas y aparatos de abonado	Serie	P.30 P.300
Patrones de transmisión	Serie	P.40
Aparatos para mediciones objetivas	Serie	P.50 P.500
Medidas electroacústicas objetivas	Serie	P.60
Medidas relativas a la sonoridad vocal	Serie	P.70
Métodos de evaluación objetiva y subjetiva de la calidad	Serie	P.80 P.800
Calidad audiovisual en servicios multimedios	Serie	P.900

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

Recomendación UIT-T P.833

Metodología para la obtención de los factores de degradación del equipo a partir de pruebas subjetivas de escucha solamente

Resumen

En esta Recomendación se expone una metodología para obtener los valores de degradación de equipo (*I_e*) de los dispositivos de tratamiento digital de la señal, es decir, los códecs de baja velocidad binaria con o sin errores de transmisión.

Los valores *I_e* se obtienen a partir de los resultados de las pruebas de escucha solamente. Están destinados a servir de contribución al modelo E (véase UIT-T G.107).

Orígenes

La Recomendación UIT-T P.833, preparada por la Comisión de Estudio 12 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 23 de febrero de 2001.

Palabras clave

Códecs a baja velocidad binaria, factor de degradación de equipo, método del factor de degradación, modelo E.

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 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

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

ÍNDICE

Página

1	Alcance	1
2	Referencias.....	1
3	Introducción	2
4	Selección de los parámetros del experimento.....	3
4.1	Preparación del material de prueba.....	3
4.2	Selección de las condiciones de referencia.....	5
4.2.1	Condiciones de referencia para códecs de baja velocidad binaria sin errores de transmisión.....	5
4.2.2	Condiciones de referencia para códecs de baja velocidad binaria con errores de transmisión.....	7
4.3	Entorno de prueba	8
4.4	Panel de oyentes.....	8
5	Método de prueba	8
5.1	Diseño del experimento	9
5.2	Elección de los estímulos de prueba	9
5.3	Método de presentación	10
5.4	Escalas de opinión	10
5.5	Instrucciones a los participantes en las pruebas.....	11
5.6	Análisis de los resultados.....	11
6	Obtención de los factores de degradación de equipo.....	11
6.1	Cantidad necesaria de datos.....	12
6.2	Transformación de escala (paso 1)	12
6.3	Interpolación lineal de los resultados de prueba (paso 2).....	13
6.4	Comprobación de la aditividad (paso 3).....	14
6.5	Obtención de valores I_e en condiciones de errores de transmisión (paso 4)	14
6.6	Comprobación de la aditividad (paso 5).....	15
7	Interpretación de los valores obtenidos de factor de degradación de equipo	15
	Apéndice I – Escala de índices relacionada con los factores de degradación	16
	Apéndice II – Bibliografía	17

Recomendación UIT-T P.833

Metodología para la obtención de los factores de degradación del equipo a partir de pruebas subjetivas de escucha solamente

1 Alcance

Esta Recomendación describe la metodología para obtener los factores de degradación de equipo (*I_e*) a partir de pruebas subjetivas de escucha solamente. Se destina principalmente a su aplicación para determinar los *I_e* de los dispositivos de tratamiento digital de la señal utilizados en la red que no han sido tratados de otro modo por el modelo E. Los factores de degradación de equipo obtenidos con esta metodología están destinados a su aplicación en el modelo E (véase UIT-T G.107). Reflejarán las degradaciones de la audición en el modo de escucha solamente.

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.

- UIT-T G.107 (2000), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- UIT-T G.108.1 (2000), *Directrices para evaluar los efectos en la calidad de transmisión de señales vocales conversacionales no abarcados por el modelo E.*
- UIT-T G.113 (2001), *Degradaciones de la transmisión debido al tratamiento de las señales vocales.*
- UIT-T G.711 (1988), *Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.*
- UIT-T G.726 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.*
- UIT-T G.727 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) jerarquizada con 5, 4, 3 y 2 bits/muestra.*
- UIT-T G.728 (1992), *Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo.*
- UIT-T G.729 (1996), *Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- UIT-T P.800 (1996), *Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión.*
- UIT-T P.810 (1996), *Aparato de referencia para ruido modulado.*
- UIT-T P.830 (1996), *Evaluación subjetiva de la calidad de funcionamiento de los códecs digitales de banda telefónica y de banda ancha.*

- UIT-T P.831 (1998), *Evaluación subjetiva de la calidad de funcionamiento de los canceladores de eco de la red*.
- Manual UIT-T, *Manual sobre Telefonometría*, 1992.

3 Introducción

El método del factor de degradación de equipo (UIT-T G.113) es actualmente el único recomendado por el UIT-T para describir los efectos subjetivos de los procesos digitales distintos de la MIC pura sobre la calidad integral para fines de planificación de la transmisión. El método se basa en el principio de que las degradaciones individuales de la transmisión pueden transformarse en "factores psicológicos", y que éstos son aditivos en una "escala psicológica". Se supone que la escala de determinación de índices de transmisión en que se basa el modelo E (UIT-T G.107) tiene las propiedades de dicha "escala psicológica".

En la planificación de la transmisión de las modernas redes de telecomunicaciones, es importante considerar los efectos combinados de diferentes tipos de degradaciones que se producen simultáneamente en una conexión. Esto se realiza mediante modelos de cálculo tales como el modelo E. Las fuentes individuales de degradaciones, tales como índice de sonoridad global no óptimo o atenuación en el trayecto de efecto local, atenuación y retardo de eco para el hablante, distorsión de cuantificación, retardo absoluto, etc., se transforman en los denominados factores de degradación. Las degradaciones debidas a códecs de baja velocidad binaria se tienen en cuenta por medio de un factor de degradación de equipo. En tanto que existen interrelaciones entre los factores de equipos debido a las magnitudes instrumentalmente medibles de la conexión (por ejemplo, índices de sonoridad), el factor de degradación de equipo es por propia definición independiente de los demás factores de degradación. Sólo es dependiente del proceso digital cuyas características perceptuales pretende modelizar. El índice final de transmisión de la conexión completa se calcula a partir de todos los factores de degradación individuales, sustrayéndolos de una relación señal/ruido básica.

En los tándems asíncronos de múltiples códecs del mismo tipo, o de múltiples códecs de diferentes tipos, se supone que los factores de degradación de equipo individuales son aditivos. El factor de degradación de equipo global de la cadena de códecs se calcula por tanto como suma simple de todos los *I_e* individuales. Los datos de prueba experimentales recogidos demuestran que esta aditividad simple no se cumple para todas las posibles combinaciones potenciales de códecs [5]. En algunos casos existen efectos de orden, es decir, el tándem formado por el códec A seguido del códec B produce una degradación diferente que el códec B seguido del códec A. Estas desviaciones con respecto a la propiedad de la aditividad pura se examinarán con más detalle.

Se han introducido factores de degradación de equipo como medida simplificada de los efectos perceptuales de los códecs sin forma de onda en la calidad de transmisión integral de boca a oído, para telefonía por microteléfono de banda estrecha (300-3400 Hz). No son en modo alguno una descripción exacta de los efectos relacionados con cada códec individual o tándem de códecs, que pueden ser muy diversos en su naturaleza perceptual. En cambio, representan la degradación relativa en comparación con otras degradaciones que se producen en una conexión. A fin de proporcionar orientación sobre la magnitud cuantitativa de la degradación introducida por dichos códecs, el UIT-T ha obtenido un marco de factores de degradación de equipo para los códecs sin forma de onda más comunes (véase apéndice I/G.113). La obtención se basa en muchas pruebas subjetivas de escucha solamente realizadas en diferentes laboratorios de prueba, a fin de garantizar valores estables para todos los códecs investigados hasta ahora, así como sus relaciones entre sí. Si han de obtenerse nuevos valores de factor de degradación de equipo para diferentes códecs, resulta de capital importancia la conformidad total con el marco establecido si han de obtenerse resultados que sean válidos en la planificación de redes. La metodología descrita en esta Recomendación estaba concebida para cumplir este requisito.

Mientras no puedan definirse métodos instrumentales, los factores de degradación de equipo tienen que obtenerse de datos de prueba subjetivos. Dichas pruebas se llevan a cabo por lo general en un modo de escucha solamente, que permite probar diferentes conexiones en una sesión de prueba. En consecuencia, los factores de degradación de equipo obtenidos de este modo sólo reflejarán la influencia de la calidad de transmisión vocal unidireccional, y despreciarán las degradaciones de la calidad conversacional. Aún no se ha demostrado que la degradación cuantitativa en el modo escucha solamente y en el modo conversacional son similares, pero por simplicidad se supone una fuerte interrelación. Los usuarios de modelos de determinación de índices de transmisión, sin embargo, deben saber que pueden existir diferencias, y que en la mayoría de los datos obtenidos sólo refleja la situación de escucha solamente.

Las pruebas subjetivas, aun si se diseñan cuidadosamente y se llevan a cabo en condiciones controladas, no pueden proporcionar índices de calidad que sean al 100% reproducibles en las mismas condiciones. La composición y la experiencia del grupo de participantes en la prueba, la elección de las condiciones de prueba y el material de estímulo, el montaje de prueba y el entorno producen una variabilidad característica. Esta variabilidad puede también encontrarse en los índices medios calculados con un gran número de respuestas individuales. En consecuencia, los factores de degradación de equipo obtenidos de una prueba variarán en cierta medida si se comparan con otros datos de pruebas. El grado de variabilidad, sin embargo, debe limitarse a la que pueda ser tolerada en la planificación de transmisión de las redes, la cual incluye un margen de seguridad razonable. La comparación y la integración de los datos de prueba obtenidos con diferentes condiciones experimentales es una forma de reducir la variabilidad. La aplicación estricta del diseño experimental y del método de prueba descritos en las cláusulas que siguen es una aplicación más.

4 Selección de los parámetros del experimento

Para obtener resultados válidos y fiables, deben satisfacerse algunos requisitos generales en el diseño de pruebas de escucha solamente. Muchos de estos requisitos se describen en detalle en UIT-T P.800 y UIT-T P.830, por lo que, cuando es posible, se hace referencia a estas Recomendaciones. Las implicaciones prácticas sobre el modo de llevar a cabo las pruebas subjetivas puede verse en el Manual UIT-T sobre Telefonometría. Por lo general, las pruebas de escucha solamente no consiguen el mismo estándar de realismo en cuanto a las condiciones de servicios reales experimentadas por los clientes telefónicos que las pruebas de conversación. Sin embargo, cuando sea posible, debe también elegirse el criterio más realista en las pruebas de escucha solamente, a fin de garantizar que los resultados obtenidos en la relativamente artificial situación de laboratorio sean significativos en el servicio real.

4.1 Preparación del material de prueba

La preparación de grabaciones de señales en la fuente debe satisfacer –con excepción de los puntos explícitamente citados a continuación– la descripción contenida en B.1/P.800 y en la cláusula 7/P.830, para los sistemas de banda estrecha. Esta regla se aplica al entorno de grabación, al sistema de emisión y al sistema de grabación, y al procedimiento de grabación.

Las Recomendaciones UIT-T P.800 y UIT-T P.830 recomiendan el uso de frases cortas, sencillas y significativas como material de lenguaje. Aunque las pruebas realizadas con este material proporcionaron resultados razonables, el realismo de las pruebas mejorará con el uso de material más largo, más variado y significativo, como son pasajes de pruebas breves y significativos. Utilizando ese material, la atención del oyente se centrará más en el contenido y no únicamente en la forma de la muestra vocal, que es un efecto que corresponde mejor a las condiciones de servicio efectivas. Puede obtenerse material de lenguaje útil por ejemplo, de literatura no técnica, periódicos, etc. La longitud total de los pasajes de prueba será similar a la máxima obtenida para las frecuencias aisladas, es decir, de unos 12-15 segundos. Si se incluyen en la prueba condiciones de error de transmisión, debe asegurarse una exposición suficiente a las partes vocales degradadas debido a la

longitud del material de prueba. Eso también es cierto para condiciones de ruido de fondo, en que se requiere una exposición suficientemente larga al ruido ambiental para obtener índices válidos.

Se aplican las recomendaciones sobre el número de hablantes indicadas en 8.1.3.1/P.830. Si el número de hablantes es el mínimo de dos hombres y dos mujeres, los resultados de las pruebas deben interpretarse teniendo esto en cuenta, especialmente cuando se detectan diferencias de datos de prueba obtenidos en otros lugares.

Dado que los códecs vocales digitales pueden ser sensibles al nivel de la señal vocal de entrada, el nuevo códec investigado debe probarse a diferentes niveles con relación al punto de sobrecarga del sistema digital. Se aplican las recomendaciones de 8.1.1/P.830. Para reducir la magnitud del experimento, las condiciones de referencia sólo pueden probarse al nivel vocal de entrada óptimo. Para todas las condiciones de prueba, el nivel de escucha debe mantenerse constante en el valor preferido, lo cual es importante porque las degradaciones debidas al *OLR* no óptimo ya son tenidas en cuenta por el factor de degradación *Iolr* del modelo E. Este efecto en los datos de prueba para obtener factores de degradación del equipo produciría por tanto estimaciones globales innecesariamente pesimistas.

Las mismas consideraciones son aplicables al ruido ambiente en el lado emisión (parámetro *Ps* del modelo E). Este efecto ya es tenido en cuenta por la relación señal/ruido básica *Ro* del modelo E, por lo que no debe investigarse en las pruebas orientadas a obtener factores de degradación de equipo.

NOTA – Si son de esperar fuertes efectos de ruido de fondo en la calidad de funcionamiento del códec, estos códecs deben probarse con y sin la aplicación de ruido ambiente en el extremo emisión, y a diversos niveles de ruido [por ejemplo, *Ps* de 35 dB(A) a 75 dB(A)] y tipos potencialmente diferentes de ruido de fondo (por ejemplo, ruido Hoth, ruido de murmullo confuso, ruido de tráfico, etc.). Las recomendaciones de 8.1.8/P.830 deben entonces respetarse con excepción de la nota 1 de esa cláusula – Se recomienda encarecidamente efectuar grabaciones de señales en la fuente en un entorno ruidoso, ya que los efectos del ruido ambiente en el comportamiento del hablante demostraron ser de cierta importancia (véase la actualización del modelo E en este aspecto). El resultado del experimento es que puede efectuarse una comparación entre los dos casos: el que incluye ambos efectos (códec y ruido ambiente) en un único factor de degradación de equipo para un códec en condiciones de ruido de sala (aplicando entonces el valor por defecto de *Ps* en el modelo E); o el que prevé ambos efectos independientemente vía un *Ie* para el códec en condiciones de ruido en el lado emisión silenciosas y una inclusión de los efectos relativos a *Ps* vía *Ro* en el modelo E. Deben resaltarse las posibles diferencias entre los dos métodos, que deben dar lugar a un cálculo del caso más desfavorable cuando se apliquen a la planificación de redes, o al aplicar una tabla de factores de degradación de equipo para el códec y para cada condición de nivel de ruido ambiente.

Si los códecs han de ser probados en condiciones de errores de transmisión, deben respetarse las directrices indicadas en 8.1.4/P.830. El resultado de esa prueba será un factor de degradación de equipo integral para el códec especificado y la condición especificada de errores de transmisión. Este valor debe entonces utilizarse en el modelo E para prever estos efectos conjuntos. La obtención de fórmulas de cálculo relativas a los factores de degradación para las tasas de errores de transmisión de una clase de códec completa está actualmente siendo investigada por la Comisión de Estudio 12 del UIT-T.

Las condiciones de las pruebas subjetivas incluirán tanto códecs simples como códecs en tándem. Es probable que los códecs simples se configuren con arreglo al esquema de transcodificación indicado en la figura 4/P.830. Los efectos de cuantificación de los codificadores y decodificadores de ley A/μ ya han sido tenidos en cuenta por el factor de degradación del modelo E para degradaciones sincronas de la señal vocal (*Is* se calcula a partir de *Iq*), y deben idealmente despreciarse en las pruebas destinadas a obtener factores de degradación de equipo *Ie*. La ligera degradación de cuantificación, sin embargo, no se cree que tenga una influencia medible en los resultados de pruebas subjetivas. Las configuraciones, que se indican en la figura 4/P.830, pueden por tanto utilizarse para condiciones de códec único. La aditividad esperada de la degradación del equipo para múltiples códecs se refiere a condiciones de tándem asíncrono. Por tanto, los múltiples códecs deben

reconfigurarse, como se indica en 8.1.6.1/P.830. Esto es aplicable a múltiples tándems del mismo códec y a combinaciones de varios tipos de códecs diferentes.

4.2 Selección de las condiciones de referencia

Por las razones indicadas en la cláusula 3, las pruebas subjetivas destinadas a la obtención de factores de degradación de equipo deben incluir cierto número de condiciones de referencia. Estas referencias son necesarias para anclar los valores del factor de degradación, y garantizarán que los nuevos valores del factor de degradación de equipo encajen en el sistema existente indicado en el apéndice I/G.113.

La elección de las condiciones de referencia viene influenciada por el elemento a prueba, es decir, el códec específico que se investiga. Por regla general, las condiciones de referencia deben ser similares en su naturaleza perceptual a las de los elementos de prueba, para que la evaluación se base en los mismos componentes perceptuales subyacentes. Por ejemplo, un códec sin forma de onda, que provoca un sonido metálico de la voz transmitida, no debe ser probado únicamente con comparación por una referencia que introduce ruido de cuantificación correlacionado con la señal. En consecuencia, el aparato de referencia para ruido modulado (MNRU de UIT-T P.810) no es en la mayoría de los casos una condición de referencia adecuada para códecs sin forma de onda de baja velocidad binaria. Hasta ahora no se ha reconocido ninguna unidad de referencia que produzca una distorsión escalable de naturaleza perceptual similar a la que se ha encontrado que existe para dichos códecs. Se recomienda por tanto que se utilicen diferentes tipos de códecs de forma de onda y sin forma de onda como referencia en los experimentos para obtener factores de degradación de equipo. Las condiciones de referencia exactas aplicables varían según que se consideren los errores de transmisión, y que haya de efectuarse una comprobación de la aditividad.

4.2.1 Condiciones de referencia para códecs de baja velocidad binaria sin errores de transmisión

Cuando se determinen factores de degradación de equipo para códecs sin forma de onda despreciando los errores de transmisión, deben incluirse en las condiciones de prueba subjetivas el conjunto de 14 condiciones de códec de referencia indicadas en el cuadro 1. La lista se ha elegido a partir de códecs bien investigados para cubrir la gama completa de valores I_e y de tipos de degradación.

Cuadro 1/P.833 – Condiciones de referencia para códecs de baja velocidad binaria sin errores de transmisión

N.º	Abreviatura	Tipo de códec	Referencia	Velocidad de funcionamiento (kbit/s)	Valor <i>Ie</i>
1	G.711	MIC log	UIT-T G.711	64	0
2	GSM-EFR	ACELP	GSM 06.60, Velocidad normal mejorada	12,2	5
3	G.726(32)	MICDA	UIT-T G.721 (1988), UIT-T G.726, UIT-T G.727	32	7
4	G.728	LD-CELP	UIT-T G.728	16	7
5	G.729	CS-ACELP	UIT-T G.729	8	10
6	G.726(32) x2	MICDA	UIT-T G.721 (1988), UIT-T G.726, UIT-T G.727	32	14
7	G.728 x2	LD-CELP	UIT-T G.728	16	14
8	GSM-FR <i>alt.</i> IS-54	RPE-LTP <i>alt.</i> VSELP	GSM 06.10, Velocidad normal, <i>alt.</i> IS-54	13 <i>alt.</i> 8	20
9	G.729 x2	CS-ACELP	UIT-T G.729	8	20
10	GSM-HR <i>alt.</i> PDC	VSELP	GSM 06.20, Media velocidad, <i>alt.</i> PDC japonés	5,6 <i>alt.</i> 6,7	23 <i>alt.</i> 24
11	G.726(24)	MICDA	UIT-T G.726, UIT-T G.727	24	25
12	G.729 x3	CS-ACELP	UIT-T G.729	8	30
13	GSM-FR x2 <i>alt.</i> IS-54 x2	RPE-LTP <i>alt.</i> VSELP	GSM 06.10, Velocidad normal, <i>alt.</i> IS-54	13 <i>alt.</i> 8	40
14	G.726(16)	MICDA	UIT-T G.726, UIT-T G.727	16	50

NOTA – x2, x3 designa respectivamente la tandemización asíncrona doble y triple del mismo códec.
alt. indica que pueden utilizarse sea dos códecs o tándems de códecs para esta condición de prueba, lo que da el valor de velocidad binaria y/o del factor de degradación.

Es importante comprobar la aditividad del factor de degradación de equipo recientemente obtenido en el marco de otros valores del factor de degradación de equipo definidos hasta la fecha. Si no se realiza dicha comprobación de aditividad, la propiedad de la suma simple de los factores de degradación de equipo para prever tándems de códecs no debe considerarse válida. El cuadro 2 da un número mínimo de 10 condiciones adicionales de referencia (números 15 a 24) que deben, en cualquier caso, incluirse en el conjunto de pruebas para permitir la comprobación de aditividad aproximada. Es preferible, sin embargo, probar las operaciones tándem intercódecs con un mayor conjunto de condiciones similares, incluidos tándems triples en diferentes órdenes de códecs.

Cuadro 2/P.833 – Condiciones de referencia para la comprobación de la aditividad en el funcionamiento en tándem de códecs de baja velocidad binaria sin errores de transmisión

N.º	Funcionamiento en tándem	Tipo de códec de referencia	Velocidad de funcionamiento (kbit/s)	Valor I_e
15	G.726(32)*(nuevo códec)	MICDA	32	$7 + I_e(\text{nuevo códec})$
16	G.728*(nuevo códec)	LD-CELP	16	$7 + I_e(\text{nuevo códec})$
17	G.729*(nuevo códec)	CS-ACELP	8	$10 + I_e(\text{nuevo códec})$
18	GSM-FR*(nuevo códec) <i>alt.</i> IS-54*(nuevo códec)	RPE-LTP <i>alt.</i> VSELP	13 <i>alt.</i> 8	$20 + I_e(\text{nuevo códec})$
19	GSM-HR*(nuevo códec) <i>alt.</i> PDC*(nuevo códec)	VSELP	5,6 <i>alt.</i> 6,7	$23 + I_e(\text{nuevo códec})$ <i>alt.</i> $24 + I_e(\text{nuevo códec})$
20	(nuevo códec)*G.726(32)	MICDA	32	$I_e(\text{nuevo códec}) + 7$
21	(nuevo códec)*G.728	LD-CELP	16	$I_e(\text{nuevo códec}) + 7$
22	(nuevo códec)*G.729	CS-ACELP	8	$I_e(\text{nuevo códec}) + 10$
23	(nuevo códec)*GSM-FR <i>alt.</i> (nuevo códec)*IS-54	RPE-LTP <i>alt.</i> VSELP	13 <i>alt.</i> 8	$I_e(\text{nuevo códec}) + 20$
24	(nuevo códec)*GSM-HR <i>alt.</i> (nuevo códec)*PDC	VSELP	5,6 <i>alt.</i> 6,7	$I_e(\text{nuevo códec}) + 23$ <i>alt.</i> $I_e(\text{nuevo códec}) + 24$

NOTA – A*B designa la tandemización asíncrona de los códecs A y B, B seguido de A.
alt. indica que pueden utilizarse sea dos códecs o tándems de códecs para esta condición de prueba, lo que da el valor de velocidad binaria y/o del factor de degradación.

4.2.2 Condiciones de referencia para códecs de baja velocidad binaria con errores de transmisión

Cuando se determinan factores de degradación de equipo en códecs sin forma de onda que operan a bajas velocidades binarias bajo los efectos de errores de transmisión, deben aplicarse las mismas condiciones de referencia indicadas en el cuadro 1. Esto permite establecer una relación entre los valores I_e definidos en el contexto del modelo E y los valores realmente medidos en el experimento concreto. Además de estas 14 condiciones, debe aplicarse un número mínimo de $n = 10$ condiciones de referencia suplementarias, incluida la degradación perceptivamente apreciable debida a errores de transmisión (errores binarios aleatorios, pérdida de paquete aleatoria, pérdida de ráfagas de paquetes, o errores de propagación en términos de los patrones de error que se definen para los códecs GSM).

Estas n condiciones de referencia suplementarias deben elegirse de entre los valores ya definidos del apéndice I/G.113 de los factores de degradación de equipo en condiciones de errores de transmisión. Deben comprender la gama de degradación completa esperada para el códec que se investiga, así como el tipo de error de transmisión aplicado a este códec. Especialmente si el códec investigado utiliza algún tipo de estrategia de recuperación tras errores (por ejemplo, repitiendo paquetes anteriores o interpolando entre tramas adyacentes), las condiciones de referencia con errores de transmisión deberán posiblemente incluir códecs que apliquen estrategias similares.

En los códecs con errores de transmisión, deben incluirse igualmente en el conjunto de pruebas condiciones de referencia que permitan una comprobación de la aditividad. Desgraciadamente, cuando han de probarse tasas de errores diferentes, esta comprobación de la aditividad puede hacer la magnitud del experimento apenas manejable. Por esta razón, no se incluye aquí una lista obligatoria de condiciones de referencia. Son válidas las consideraciones de la cláusula 6, relativas a la interpretación de los I_e que han sido obtenidos sin efectuar una comprobación de la aditividad.

4.3 Entorno de prueba

El entorno de escucha debe cumplir los requisitos indicados en B.4.1/P.800. El nivel de ruido en el lado recepción debe comprobarse para asegurar que satisface los valores de parámetros asignados por defecto del modelo E, es decir, un nivel con ponderación A de $Pr \leq 35$ dB(A), pero que también respeta los límites de NC25 o NR25 indicados en UIT-T P.800. El ruido ambiente en el lado recepción ya ha sido tenido en consideración por el parámetro R_o del modelo E, y no debe por consiguiente ser introducido en las pruebas para determinar los I_e .

Los factores de degradación de equipo han de utilizarse en unión del modelo E, que efectúa predicciones para la telefonía por microteléfono (300-3400 Hz). El sistema de escucha debe presentar la característica de recepción IRS modificada descrita en el anexo D/P.830. Deben seguirse las recomendaciones de calibración indicadas en B.4.2/P.800. Como se opinaba en 4.1, el nivel de escucha debe mantenerse constante al nivel óptimo, es decir, a un nivel de potencia vocal de 79 dB en el plano de referencia oído.

4.4 Panel de oyentes

Deben satisfacerse los requisitos generales del panel de oyentes indicados en B.4.4/P.800. Es preferible que participe un número relativamente grande de oyentes a fin de reducir la varianza interoyentes. Sin embargo, a condición de que la composición del panel de oyentes sea representativa, a menudo bastará un mínimo de 24 a 32 participantes.

5 Método de prueba

En principio, deben realizarse pruebas de audición solamente destinadas a obtener factores de degradación de equipo a fin de determinar los índices absolutos, de acuerdo con el método de la "Determinación de índices por categorías absolutas" (ACR, *absolute category rating*) véase UIT-T P.800) en los casos en que se utilicen categorías de escalas, o con un método correspondiente cuando se utilicen escalas continuas. Los participantes en las pruebas valoran cada estímulo individualmente en la escala proporcionada a este efecto.

NOTA – Los métodos de prueba de comparación por parejas [por ejemplo, "Determinación de índices por categorías de comparación" (CCR, *comparison category rating*)] pueden utilizarse para decidir sobre el orden de rango de valores de factor de degradación de equipo muy similares en códecs diferentes. Con el método CCR, puede establecerse una comparación directa de los códecs o tándems de códecs investigados (en contraste con la descripción del anexo E/P.800, ambas muestras son procesadas). Sin embargo, dichos valores tienen que obtenerse primero de los índices absolutos, y luego en una segunda sesión ad hoc posterior a la prueba, puede obtenerse el índice comparativo.

Las pruebas subjetivas de escucha solamente realizadas con el fin de obtener factores de degradación de equipo se componen de dos o tres partes, según que hayan de tenerse en cuenta o no los errores de transmisión. Estas tres partes reflejan los cinco pasos que hay que dar en la metodología de obtención de los factores de degradación (véase la cláusula 6), y no necesariamente la división en sesiones de prueba. La parte A (pasos 1 y 2) es siempre necesaria, y consiste en obtener un primer valor I_e basado en un único proceso de codificación y decodificación. Se establece una línea de interpolación que es necesaria para todas las futuras transformaciones de los datos de prueba reales al marco de los I_e que ha sido definido hasta ahora. La parte B (pasos 3 y/o 5) consiste en una comprobación de la propiedad de la aditividad, tanto en tándems puros del códec que se investiga como en tándems mixtos con otros códecs de los que ya se han definido factores de degradación de equipo. La parte C (paso 4) contiene los pasos adicionales que hay que dar cuando se investiga el códec en condiciones de errores de transmisión.

La parte B debe siempre llevarse a cabo si no se ha demostrado la aditividad del códec que investiga. Si la aditividad no parece haberse cumplido, este hecho debe resaltarse al presentar los resultados de prueba. Es cuestionable la aplicación de factores de degradación a códecs que no satisfacen la

aditividad. Como requisito mínimo, la aplicación debe limitarse a los circuitos telefónicos en los cuales se produce un único proceso de codificación y decodificación. Sin embargo, la parte B puede omitirse si los valores I_e en han de determinarse en un códec con errores de transmisión en el que ya se ha definido un valor I_e en el caso sin errores.

5.1 Diseño del experimento

Deben cumplirse los requisitos de diseño del experimento indicados en A.2/P.800. Es preferible una aleatorización de los estímulos de prueba del tipo cuadrado grecolatino (véase el Manual UIT-T sobre Telefonometría); sin embargo, debido al gran número de estímulos de prueba, dicho diseño es relativamente complicado. Otras estrategias de diseño, que se citan en UIT-T P.800, son por tanto aceptables.

5.2 Elección de los estímulos de prueba

La elección de los estímulos de prueba dependerá de si han de tenerse en cuenta los errores de transmisión. En cualquier caso, han de incluirse las 14 condiciones de referencia indicadas en 4.2.1 (números 1 a 14). Como requisito mínimo, el códec investigado debe incluirse en funcionamiento simple a tres niveles vocales de entrada diferentes. En una comprobación de la aditividad, deben incluirse en el conjunto de pruebas al menos las 10 condiciones de referencia (números 15 a 24) definidos en 4.2.1, más el códec investigado en operación de tandemización asíncrona doble y triple. Es preferible incluir más condiciones tándem con códecs bien investigados (posiblemente tándems triples) a fin de aumentar la estabilidad en los resultados con relación a una posible aditividad del factor de degradación de equipo obtenido. Si es posible, las condiciones tándem deben incluirse simétricamente (es decir, códec A seguido de códec B así como códec B seguido de códec A) a fin de detectar posibles efectos de orden. Puede omitirse la comprobación de la aditividad si han de determinarse valores I_e para condiciones de errores de transmisión en un códec en el cual el valor I_e en el caso sin errores ha sido ya definido.

Si se investiga el nuevo códec en condiciones de errores de transmisión, la gama de errores de transmisión debe incluir la que ha de encontrarse más frecuentemente en el funcionamiento de la red (m condiciones de error). Las tasas de errores específicas deben estar escalonadas de manera suficientemente fina para que el total siga siendo estable cuando puntos de datos subjetivos simples muestran las características de los valores extremos. Además de las m condiciones que intervienen en el códec han de incluirse en el conjunto de pruebas al menos $n = 10$ condiciones de referencia descritas en 4.2.2. Es preferible incluir más de estas condiciones y el diseño de la prueba si los recursos lo permiten.

El cuadro 3 resume las condiciones de prueba que han de incluirse en las diferentes partes del experimento.

Cuadro 3/P.833 – Sinopsis de las condiciones de prueba de las diferentes partes del experimento. En la cláusula 5 se describen diferentes partes de prueba

Parte	Finalidad	Condiciones de prueba	Obligatorio/Opcional	Suma total mínima de condiciones de prueba
A	Determinación de I_e para el nuevo códec en condiciones sin error	Referencias 1 a 14	Obligatorio	17
		Nuevo códec en funcionamiento simple, a 3 niveles vocales de entrada	Obligatorio	
		Referencias adicionales de códec a baja velocidad	Opcional	
B	Comprobación de la aditividad	Referencias 15 a 24	Obligatorio	12
		Nuevo códec sólo en funcionamiento tándem doble y triple	Obligatorio	
		Nuevo códec en funcionamiento tándem doble y triple con otros códecs	Opcional	
C	Determinación de I_e para el nuevo códec en condiciones de errores de transmisión	n mín. = 10 referencias conforme a 4.2.2	Obligatorio	$n + m$
		Nuevo códec en funcionamiento simple en diferentes condiciones de errores de transmisión (m condiciones)	Obligatorio	
		Referencias adicionales conforme a 4.2.2	Opcional	

5.3 Método de presentación

A fin de obtener más o menos índices "absolutos", los estímulos de prueba se presentan uno a uno a los oyentes participantes. Los participantes tienen que evaluar cada estímulo individualmente en la escala proporcionada a tal efecto. El número total de estímulos de prueba viene limitado por la máxima duración de sesión que es posible sin fatiga. Se aplican las indicaciones de B.3/P.800. Es preferible, sin embargo, que todas las condiciones de referencia y las condiciones que incluyen el códec probado se incluyan en una sesión de prueba, a fin de conseguir una mejor comparabilidad de los resultados. Si esto no es posible, (por ejemplo, porque se ha elegido un número de hablantes mayor que el mínimo) las sesiones de prueba tienen que separarse.

5.4 Escalas de opinión

La elección de una escala de medición adecuada es importante para el resultado del experimento subjetivo. Es preferible utilizar una escala de determinación de índices que guarde una estrecha relación con la escala del factor de determinación de índices de transmisión R o con la escala (adjunta, linealmente relacionada) de factores de degradación.

Desgraciadamente, no hay una metodología validada que permita realizar mediciones directas en la escala de factores de degradación. Por consiguiente, se recomienda la escala ACR tradicional de calidad de la escucha, descrita en B.4.5/P.800 (escala MOS). La utilización de la escala MOS requiere un paso no lineal en el procedimiento de transformación de resultados de la escala de categorías de cinco puntos a la escala de factores de degradación (curva de transformación en forma de S), lo cual puede producir una pérdida de información. En el apéndice I se proporciona información relativa a una escala diferente (la denominada escala CR-10), que refleja el comportamiento logarítmico de las magnitudes perceptuales, con lo que sólo necesita una transformación lineal a la escala de factores de degradación. Como la escala CR-10 aún no ha sido completamente verificada en el contexto de la determinación de escalas de degradación telefónica, la

escala MOS es actualmente la única escala recomendada para obtener factores de degradación de equipo.

5.5 Instrucciones a los participantes en las pruebas

En cada experimento de determinación de escalas, es importante que la tarea de evaluación quede absolutamente clara para los participantes en las pruebas. El texto del encabezamiento y de los rótulos de la escala debe ser seguido, con la máxima precisión posible, en el idioma nativo de los participantes, lo que puede dar lugar a pequeñas variaciones con respecto al texto inglés. Deben cumplirse las recomendaciones generales sobre instrucciones a los participantes en las pruebas, indicadas en B.4.6/P.800.

5.6 Análisis de los resultados

La evaluación estadística de los datos de pruebas debe satisfacer los requisitos generales del análisis de datos experimentales, especificados en B.4.7/P.800, así como en el Manual UIT-T sobre Telefonometría. Los valores medios y los índices subjetivos pueden calcularse primero por hablante y por nivel de entrada, para condición de circuito por separado. Si un análisis de la varianza revela diferencias estadísticamente significativas debidas a estos factores, éstas deben resaltarse en la descripción de los resultados de prueba, e interpretarse con cuidado. Si no se encuentran diferencias estadísticamente significativas, las evaluaciones con estímulos individuales pueden combinarse para formar una evaluación media por condición de circuito.

6 Obtención de los factores de degradación de equipo

La metodología para obtener factores de degradación de equipo a partir de pruebas subjetivas de escucha solamente, que se describe más arriba, consta de tres a cinco pasos, según que se tengan o no en cuenta los errores de transmisión:

Paso 1: Transformación a escala de los datos de pruebas subjetivas.

Paso 2: Obtención de un valor I_e estable para el códec probado, en funcionamiento con códec simple sin errores de transmisión, mediante una interpolación lineal de los resultados de prueba.

Paso 3: Comprobación de la aditividad.

Si se investigan los errores de transmisión, han de seguirse los siguientes pasos adicionales:

Paso 4: Obtención de valores I_e estables para diferentes condiciones de error de transmisión en funcionamiento con códec único.

Paso 5: Comprobación de la aditividad.

El paso 3 puede omitirse si ya se ha definido el factor de degradación de equipo para casos sin errores, y sólo se determinan los correspondientes valores I_e . En este caso, el valor I_e obtenido en el paso 2 no debe diferir significativamente del ya definido, de manera que la línea de interpolación refleje con exactitud el caso sin errores para el códec investigado. En las pruebas prácticas, el paso 5 puede a veces llevarse a cabo de manera aproximada. Debe señalarse que si se limita el esfuerzo aplicado en este paso, se limitará también la validez de los factores de degradación obtenidos con respecto al funcionamiento en tándem. Este hecho debe claramente especificarse en la descripción del análisis de los datos de pruebas.

6.1 Cantidad necesaria de datos

Como resultado principal del análisis de los datos, se dispondrá de los índices medios notas medias de opinión (MOS, *mean opinion scores*) de todos los oyentes, hablantes y niveles de entrada para las siguientes condiciones de prueba:

- 14 condiciones de referencia en que no interviene el códec investigado (condiciones de referencia números 1 a 14 del cuadro 1);
- la condición de prueba en que interviene únicamente el códec investigado, calculada como media de tres niveles vocales de entrada;
- a menos que se omita la comprobación de la aditividad, dos condiciones en que interviene únicamente el códec investigado, en funcionamiento tándem doble y triple;
- eventualmente otras condiciones de referencia en que no interviene el códec investigado;
- a menos que pueda omitirse la comprobación de la aditividad, 10 condiciones en las que interviene el códec investigado y los códecs de los que ya se conocen los valores I_e , es decir, condiciones tándem mixtas (condiciones de referencia números 15 a 24 del cuadro 2);
- eventualmente otras condiciones tándem mixtas;
- en el caso de investigación de errores de transmisión, un mínimo de $n = 10$ condiciones de referencia con errores de transmisión en que no interviene el códec investigado;
- en el caso de investigación de errores de transmisión, las m condiciones en que interviene el códec investigado con errores de transmisión;
- en el caso de errores de transmisión, eventualmente otras condiciones tándem en que interviene el códec investigado con errores de transmisión en funcionamiento tándem con el mismo códec u otros códecs.

Si se tienen en cuenta los errores de transmisión, cada condición de error (tasa de errores de bits aleatoria, tasa de ráfagas de errores o patrón de errores) se considera como una condición códec separada. En esta fase del análisis de datos no se hace ningún esfuerzo por extraer conclusiones relativas a la dependencia entre la calidad de funcionamiento del códec y la tasa de errores.

6.2 Transformación de escala (paso 1)

Todos los resultados de pruebas subjetivas tienen que transformarse primero en la escala del factor de degradación de equipo I_e . Los cálculos posteriores se llevan a cabo en esta escala únicamente.

Los índices subjetivos medios en la escala de calidad de escucha ACR de 5 puntos (MOS) exige una transformación no disponible en fórmulas cerradas. Los valores $I_{e,sub}$ para obtenerse de la relación entre R y MOS indicada en el modelo E (véase la ecuación (B.4)/G.107), a saber:

$$\begin{array}{ll} \text{para } MOS = 1,0 : & R = 0 \\ \text{para } 1,0 < MOS < 4,5 : & MOS = 1 + 0,035 \cdot R + R \cdot (R - 60) \cdot (100 - R) \cdot 7 \cdot 10^{-6} \\ \text{para } MOS \geq 4,5 : & R = 100 \end{array} \quad (1)$$

Esta ecuación ha de resolverse numéricamente o gráficamente, utilizando, por ejemplo, la representación contenida en la figura B.2/G.107. A partir de los valores resultantes de R , pueden calcularse los valores $I_{e,sub}$ definiendo el valor R para la condición de referencia 1 (véase el cuadro 1) o como valor de anclaje, por tanto:

$$I_{e,sub} = R(\text{condición N.º 1}) - R(\text{condición de prueba}) \quad (2)$$

Esta ecuación hace que $I_{e,sub}$ para la condición de referencia N.º 1 siempre se ponga a 0. Ha de señalarse que los valores $I_{e,sub}$ obtenidos de este modo a partir de valores MOS puedan resultar negativos si los correspondientes valores MOS son mayores que el valor para la condición de referencia N.º 1. Este efecto puede despreciarse aquí si sólo ocurre para una condición de referencia, ya que la interpolación lineal posterior puede transformar los valores de I_e pasándolos de nuevo a la parte positiva de la escala I_e .

El resultado del paso 1 es un valor Ie,sub para cada condición de prueba. Refleja la condición de prueba concreta, y no es necesariamente consecuente con los factores de degradación de equipo definidos hasta ahora.

6.3 Interpolación lineal de los resultados de prueba (paso 2)

Para las 15 condiciones de referencia del cuadro 1, así como posiblemente para todas las condiciones de referencia suplementarias en que intervienen sólo códecs en los que ya se han definido valores Ie , hay actualmente disponibles parejas de factores de degradación de equipo Ie,exp y valores observados Ie,sub . Con estas parejas puede hacerse una representación dispersa véase un ejemplo en la figura 1. Ahora puede hacerse una interpolación lineal utilizando una línea recta

$$Ie,sub = a \cdot Ie,exp + b \tag{3}$$

los coeficientes a y b se determinan numéricamente, aproximando todas las parejas de referencia por mínimos cuadrados. Otra posibilidad, de menor precisión, sería que la aproximación se hiciese también gráficamente en la representación dispersa. La figura 1 muestra el ejemplo de dicha aproximación y los correspondientes coeficientes a y b .

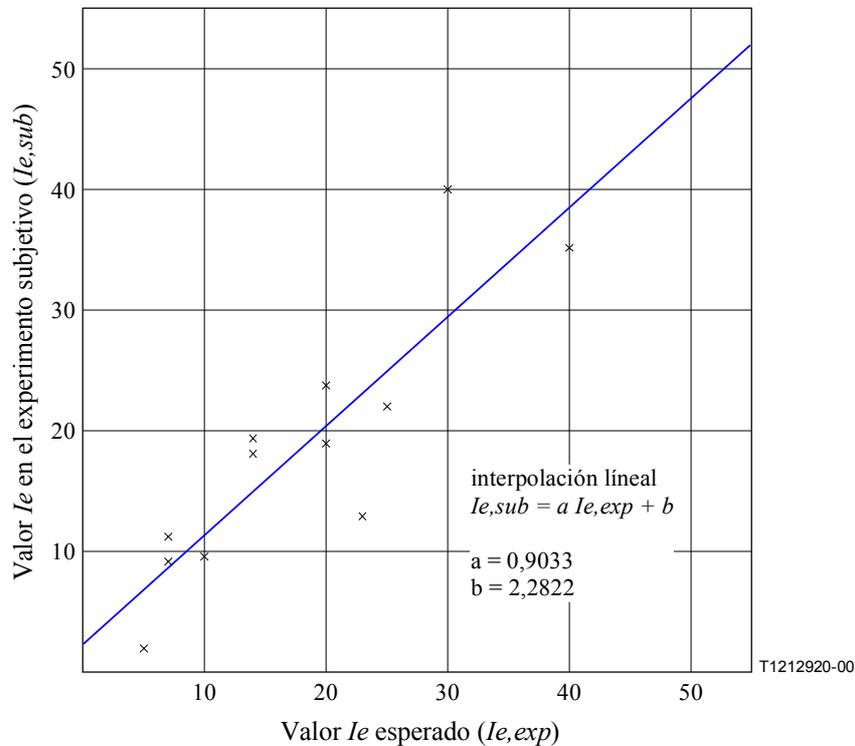


Figura 1/P.833 – Ejemplo de interpolación de datos de pruebas de referencia (los valores se extraen de [5])

De esta aproximación puede obtenerse un valor del factor de degradación de equipo estable para el códec probado (Ie,exp) utilizando la ecuación (3) o su representación gráfica. El valor Ie,exp obtenido de este modo satisfará normalmente el marco de los factores de degradación de equipo del que se ha obtenido la línea de interpolación, a saber para los códecs incluidos las condiciones de referencia N.º 1 a 14. Sin embargo, no necesariamente satisface la propiedad de aditividad que fundamenta el principio del factor de degradación.

En casos raros, la transformación lineal puede dar lugar a un valor Ie negativo para el códec investigado. Esto podría ocurrir si los índices subjetivos correspondientes están próximos o son mejores que el correspondiente a la condición de referencia N.º 1 del cuadro 1/G.711. En este caso, Ie debe fijarse a cero.

Como el valor $I_{e,sub}$ para el códec probado se ha obtenido de tres condiciones de nivel vocal de entrada, se basa en tres veces más datos que en las condiciones de referencia correspondientes, y debe por tanto considerarse relativamente estable. La interpolación lineal de las condiciones códec de referencia se desviará en cierta medida de la línea diagonal ideal $I_{e,sub} = I_{e,exp}$, debido a las características del experimento concreto. Esto no falsea en general el factor de degradación de equipo obtenido para el nuevo códec, a menos que se obtengan valores muy grandes de b (lo que indica la presencia de un sesgo en el experimento), o valores de a significativamente inferiores a 1,0 (lo que indica una utilización incorrecta de la escala). En estos últimos casos, debe investigarse la fuente de los errores, y el experimentador tiene que decidir si pueden obtenerse del experimento valores de factor de degradación de equipo razonables.

6.4 Comprobación de la aditividad (paso 3)

El factor de degradación de equipo obtenido en el paso 2 no necesariamente satisface la propiedad de aditividad de los I_e . Esto tiene que comprobarse para tándems del nuevo códec solo y tándems mixtos con códecs en los que ya se han definido valores I_e . Utilizando el valor I_e del nuevo códec obtenido en el paso 2, para todos los tándems del nuevo códec solo, para todas las condiciones de referencia del cuadro 2, así como para todas las posibles condiciones en que intervienen códecs mixtos, se dispone de parejas de valores $I_{e,sub}$ observados y de valores $I_{e,exp}$ esperados. Estas parejas pueden ponerse en la representación dispersa ilustrada en la figura 1. Todas las grandes desviaciones con respecto a la línea de interpolación deben anotarse e investigarse, y también pueden cuestionar la aplicabilidad de la aditividad de los factores de degradación.

Si más de 3 de las 12 condiciones tándem (2 tándems puros del códec investigado y 10 condiciones de tándem de referencia N.º 15 a 24, véase el cuadro 2) muestran grandes desviaciones con respecto a la línea de interpolación, no debe considerarse que se ha cumplido la propiedad de la aditividad. En este caso el factor de degradación de equipo obtenido del experimento no representará adecuadamente las degradaciones que se producen en los funcionamientos tándem del nuevo códec.

6.5 Obtención de valores I_e en condiciones de errores de transmisión (paso 4)

En las n condiciones de referencia con valores I_e definidos en condiciones de errores de transmisión (véase 4.2.2) existen parejas de factores de degradación de equipo subjetivamente determinados $I_{e,sub}$ y otros esperados $I_{e,exp}$. Estas parejas pueden añadirse a la representación dispersa obtenida en el paso 2. Una investigación de la representación dispersa puede revelar:

- a) que todo el grupo de puntos de datos están alrededor de la línea de interpolación obtenida en el paso 2; o
- b) que los nuevos puntos de datos están alrededor de una línea de interpolación diferente, con diferente cruce de ordenada b y/o diferente pendiente a ; o
- c) que no puede observarse ningún agrupamiento en absoluto.

En el caso c), es cuestionable si pueden obtenerse factores de degradación de equipo significativos para condiciones de errores de transmisión. Debe por tanto comprobarse el montaje de la prueba y su ejecución para cualesquiera errores que pudieran haberse producido, y tendrá por consiguiente que repetirse.

En el caso a), puede calcularse una nueva línea de interpolación, esta vez a partir de los puntos de datos de referencia (condiciones de referencia 1 a 14 y las n condiciones adicionales de referencia definidas en 4.2.2). El caso b) refleja sea un sesgo (diferente) para las condiciones de errores de transmisión (diferente coeficiente b) o una aplicación diferente de la escala por los participantes en la prueba, quizás debido a una dimensión perceptual subyacente diferente (diferente pendiente a). Si los coeficientes de la línea de interpolación para las n condiciones de error de transmisión son significativas (véase el paso 2 para una discusión), debe entonces utilizarse esta línea de interpolación diferente.

En ambos casos a) y b), la nueva línea de interpolación puede utilizarse para determinar valores $I_{e,exp}$ relativamente estables para el nuevo códec en condiciones de errores de transmisión, siguiendo el procedimiento del paso 2. Pueden extraerse gráficos o cuadros de estos valores, lo cual simplificará una comprobación plausible. La mínima coherencia que ha de conseguirse es tener valores de factor de degradación de equipo no decrecientes para aumentar las tasas de errores de transmisión. Los valores de factor de degradación de equipo obtenidos de este modo no necesariamente satisfacen la propiedad de la aditividad. Además, se basan en relativamente menos datos que el valor obtenido para la condición sin errores en el paso 2, porque se han omitido diferentes niveles vocales de entrada. Esta licencia ha de tomarse a menudo por razones prácticas, al ser limitado el número de condiciones de prueba debido a los recursos disponibles. Si se detectan incoherencias importantes, el experimento deberá repetirse, incluyendo esta vez más niveles vocales de entrada y/o hablantes para fundamentar una decisión al respecto.

6.6 Comprobación de la aditividad (paso 5)

Debe efectuarse una comprobación de la aditividad similar a la del paso 3 con los valores de factor de degradación de equipo obtenidos en el paso 4, aplicando todas las condiciones tándem disponibles del códec investigado con los errores de transmisión introducidos y otros códecs en los que ya se han obtenido factores de degradación. A menos que este paso se lleve a cabo en datos suficientes, la aditividad de los factores de degradación obtenidos no puede considerarse que ha sido satisfecha. El número de condiciones tándem de referencia del cuadro 2 (10), cada una aplicable a un subconjunto representativo de las m condiciones de error de transmisión en que interviene el nuevo códec, puede considerarse suficiente en este caso.

7 Interpretación de los valores obtenidos de factor de degradación de equipo

Debido a la variabilidad característica de los índices subjetivos, no puede esperarse que los valores de factor de degradación de equipo obtenidos con esta metodología representen medidas cuantitativas muy exactas de la degradación que experimentaría un participante en una situación concreta. En cambio, los valores I_e deben considerarse valores simplificados para fines de planificación de red únicamente. Los valores I_e diferirán significativamente entre los experimentos de los que se han obtenido. Los valores definidos del apéndice I/G.113 se han obtenido en su mayor parte utilizando fuentes diferentes de datos de pruebas subjetivas, por lo que pueden considerarse estables. No obstante, no han demostrado ser aditivos en todos los casos [5]. Esta propiedad es por tanto un punto que requiere más estudio.

Los factores de degradación de equipo obtenidos a partir de datos de pruebas subjetivas sólo pueden reflejar las condiciones bajo las cuales se han obtenido. En la metodología aquí descrita, el entorno de prueba de solo escucha introduce una limitación notable. Los valores I_e sólo reflejarán por consiguiente degradaciones de calidad de transmisión vocal unidireccional, y no repercusiones conversacionales concretas. Estas últimas se tratan en parte en UIT-T G.108.1. Sin embargo, por lo que respecta a los códecs de baja velocidad binaria, no se han obtenido relaciones fijas entre la degradación en la situación de escucha solamente y la correspondiente en una situación conversacional. En [6] se exponen algunas investigaciones de este aspecto, que revelan que dicha relación potencial depende de la degradación concreta así como de la dimensión de calidad.

Ha de señalarse otra limitación de la validez de los valores I_e en condiciones de errores de transmisión. Estos errores se introducen a veces con un determinado patrón de frecuencia (por ejemplo, ráfagas de errores) o en unidades de trama vocal específicas (por ejemplo, pérdidas de paquetes). A menos que se haya demostrado mediante experimentos de audición con participantes, no puede afirmarse que las predicciones obtenidas de este modo serán también válidas para otras longitudes de trama o distribuciones de errores. Seguirán en estudio el aspecto de la señal vocal en condiciones de errores de transmisión y la obtención de fórmulas para diferentes condiciones de error.

APÉNDICE I

Escala de índices relacionada con los factores de degradación

Para la determinación de los factores de degradación de equipo, es deseable una escala de índices que esté estrechamente relacionada con la escala del factor de índices de transmisión R o con la escala (adjunta, linealmente relacionada) de factores de degradación. Esta escala de índices ha sido investigada por la Comisión de Estudio 12 del UIT-T [6]. Desgraciadamente, no ha sido totalmente verificada para el fin indicado. Por tanto, la descripción de la escala y su aplicación para obtener factores de degradación de equipo se da sólo a título de información. La escala actualmente recomendada en el contexto de esta Recomendación es la escala MOS.

Cuando se consideran los inconvenientes de los métodos de determinación de índices por categorías y de estimación de magnitudes, la escala de índices de categorías tiene considerables ventajas cuando ha de utilizarse con fines de determinación del factor de degradación de equipo. Combina las ventajas de la escala de categorías (que permite la determinación de niveles absolutos) y la escala de índices (que permite la determinación de relaciones entre degradaciones, y por tanto es una característica de la escala de determinación de índices de transmisión R o de la escala de factores de degradación). La versión más fácil y más ampliamente utilizada de dicha escala es la escala CR-10 de Borg [4]. Las posiciones de los anclajes verbales de una escala de categorías se ha cambiado para reducir la función crecimiento que puede obtenerse por estimación de magnitudes. La escala CR-10 limita sus números de 0, 0,5, 1, ... 10, pero incluye la posibilidad de utilizar decimales o fracciones o de dar índices por encima de 10. Ha sido patentada por el autor [4] a fin de evitar su utilización indebida. En la figura I.1 se incluye una reproducción de la escala [4], y se facilitan copias, en unión de una descripción detallada de su utilización en [4].

<i>Degradación de la señal vocal:</i>	
0	nada en absoluto
0,5	extremadamente débil (apenas perceptible)
1	muy débil
2	débil
3	moderada
4	
5	fuerte
6	
7	muy fuerte
8	
9	
10	extremadamente fuerte (casi máx)
•	máxima

NOTA – La escala está patentada.

Figura I.1/P.833 – Escala de índices de categoría CR-10

Con la escala CR-10, deben darse dos instrucciones adicionales a los participantes en las pruebas. La primera es que el número 10 corresponde a la peor calidad de comunicación telefónica jamás experimentada. Este valor se considera como el principal anclaje de la escala, porque se supone que las intensidades perceptuales son aproximadamente las mismas para diferentes personas con cada esfuerzo máximo subjetivo de cada individuo. La segunda instrucción es que los participantes deben considerar empezar primero con la expresión verbal y luego elegir el número que corresponde a la misma. Los índices pueden proporcionarse como números enteros, números decimales o fracciones, y variar de 0 a infinito. Sin embargo, la experiencia práctica revela que los participantes raramente utilizan números superiores a 15.

Cuando se utiliza la escala CR-10 para obtener factores de degradación de equipo, los índices subjetivos medios ($CR10mean$) pueden transformarse linealmente a la escala de factores de degradación de equipo utilizando la relación

$$Ie,sub = 10 \cdot CR10mean - 5 \quad (I.1)$$

El resultado es un valor de factor de degradación de equipo en bruto Ie,sub que puede considerarse como el resultado del paso 1 de la metodología de obtención (véase 6.2).

APÉNDICE II

Bibliografía

- [1] ETSI ETS 300 961 (1997), *Digital cellular telecommunications system; Full rate speech; Transcoding* (GSM 06.10).
- [2] ETSI ETS 300 969 (1997), *Digital cellular telecommunications system; Half rate speech; Half rate speech transcoding* (GSM 06.20).
- [3] ETSI ETS 300 726 (1997), *Digital cellular telecommunications system; Enhanced full rate (EFR) speech transcoding* (GSM 06.60).
- [4] BORG (G.): Borg's Perceived Exertion and Pain Scales, *Human Kinetics Pub.*, Illinois, 1998.
- [5] ITU-T Contribution COM 12-69 (1998), *E-model predictions and the impairment factor principle for low-bit-rate codecs and quantizing distortion: Analysis of test results*. Origen: República Federal de Alemania.
- [6] MÖLLER (S.): *Assessment and Prediction of Speech Quality in Telecommunications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.

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
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
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