

INFORME 959-2

**RESULTADOS EXPERIMENTALES QUE RELACIONAN LA CALIDAD DE LA IMAGEN
CON LA MAGNITUD OBJETIVA DE LA DEGRADACIÓN**

(Cuestión 3/11, Programa de Estudios 3B/11)

(1982-1986-1990)

1. Introducción

- El *Programa de Estudios 3B/11* pide que se establezcan, en forma adecuada, las relaciones entre las características objetivas de las señales de televisión distorsionadas y la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes correspondientes.
- La *Recomendación 500* define los métodos de evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión.
- La *Recomendación 567* describe los parámetros objetivos de las degradaciones de transmisión usuales y de los métodos de medición típicos, así como las correspondientes señales de prueba.
- El Informe 1205 ——— expone la base para tratar los resultados de pruebas subjetivas y una ley de combinación que mejor recoge el efecto acumulativo de cierto número de distorsiones simultáneas, expresado individualmente por un valor numérico.
- El *Informe 313* contiene una bibliografía general de todos los documentos relacionados con la evaluación de la calidad de imagen.

2. Clasificación de los principales tipos de degradación (Sistemas de color de señal compuesta PAL, SECAM y NTSC)

Este punto se refiere sólo a las distorsiones de las señales compuestas analógicas medidas por los métodos de medición de la Recomendación 567. No se refiere a las características asociadas con los sistemas de color basados en componentes, tanto analógicos como digitales.

Se refiere a imágenes de escenarios naturales, fotografías, escenas naturales detalladas, y no a gráficos ni a imágenes alfanuméricas.

2.1 Clasificación

Se han publicado muchos resultados en la literatura técnica (véase el Informe 313). La comparación de los resultados muestra frecuentemente, para cada tipo de degradación, una gran dispersión que puede atribuirse a las considerables diferencias en las condiciones de prueba, particularmente en la elección de las imágenes, en el método de medición subjetiva (que incluye la escala de evaluación de imágenes y la distancia de observación relativa), el equipo de la fuente y el procedimiento de ajuste. El equipo de recepción y el procedimiento de establecimiento pueden influir igualmente en los resultados.

La dispersión también se debe a la variedad de equipos de televisión que se utilizan, y no es probable que nuevas mediciones produzcan cambios de importancia en la interpretación media de los resultados actualmente disponibles.

Al adoptar, para cada tipo de distorsión, una característica de degradación considerada representativa de una situación media, se puede proporcionar una base de referencia para las aplicaciones prácticas más comunes, lo que puede permitirnos introducir un factor de corrección para situaciones definidas con especial precisión.

Habida cuenta de las fuentes de degradación que suelen tener en cuenta los investigadores, parece posible hacer una clasificación compuesta por un primer grupo de distorsiones en el que conviene establecer una característica de degradación, y un segundo grupo en el que la adopción de una característica de degradación puede considerarse menos importante en la práctica o inadecuada debido al tratamiento estadístico empleado para obtenerla. En este grupo podría ser suficiente indicar algunas cifras como ejemplo.

La Recomendación 654 enumera las distorsiones y degradaciones del primer grupo y la característica de distorsión de cada una. Este primer grupo incluye las siguientes:

- 1 - Distorsión lineal de corta duración
- 2 - Ganancia diferencial
- 3 - Fase diferencial
- 4 - Desigualdad de ganancia de luminancia-crominancia
- 5 - Desigualdad de retardo de luminancia-crominancia
- 6 - Ruido aleatorio continuo (ruido blanco no ponderado)
- 7 - Eco

El segundo grupo comprende:

- 1 - Distorsión lineal de duración de línea
- 2 - Distorsión lineal de duración de trama
- 3 - Distorsión lineal de larga duración
- 4 - Ganancia de inserción de la señal de luminancia
- 5 - Ganancia de inserción de la señal de sincronismo
- 6 - Respuesta de retardo de frecuencia en régimen permanente
- 7 - Intermodulación luminancia-crominancia y crominancia-luminancia
- 8 - Distorsión lineal de la señal de crominancia
- 9 - Distorsión no lineal de la señal de luminancia
- 10 - Distorsión no lineal de la señal de crominancia
- 11 - Banda espectral de la señal de luminancia
- 12 - Banda espectral de las señales de diferencia de color
- 13 - Interferencia sinusoidal
- 14 - Ruido aleatorio de espectro estrecho
- 15 - Zumbido recurrente de baja frecuencia
- 16 - Ruido impulsivo

2.2 *Resultados experimentales*

Los cuadros I, II y III presentan resultados de particular importancia.

El cuadro I da los resultados de estudios realizados en el Reino Unido, utilizando el método de la Recomendación 500. Los demás detalles de las pruebas coinciden con el punto 1 del anexo IV del Informe 405-5 (Dübrovnik, 1986). Se aplican directamente al sistema I/PAL, pero pueden ser necesarios pequeños ajustes para otros sistemas.

Debe recurrirse a otras fuentes [Macdiarmid y Allnatt, 1978; CCIR, 1978-82a] para encontrar una lista de referencias a descripciones detalladas del trabajo original (véase el Informe 313).

El cuadro II presenta resultados de investigaciones realizadas en la República Democrática Alemana [CCIR, 1978-82b] con el sistema B/SECAM; se utilizaron en gran medida los métodos de la Recomendación 500. Para algunos tipos de degradación, no existen los coeficientes G y d_M pues en estos casos la fórmula citada a continuación no describe la relación con suficiente exactitud.



El Cuadro III contiene resultados experimentales obtenidos en la Unión Soviética [Lokshin, 1985; CCIR, 1986-1990a] para los sistemas D y K/SECAM. Las pruebas se efectuaron con el método descrito en la Recomendación 500.

En todos estos cuadros, los valores de la degradación subjetiva* pueden determinarse directamente por la fórmula:

$$I_u = (d/d_M)^G \text{ imp («impairment»: degradación)}$$

Las definiciones de la magnitud objetiva d se indican en las notas a los cuadros.

Por conveniencia, se utilizan también las magnitudes objetivas en las unidades tradicionalmente empleadas, que se enumeran también para los puntos de referencia 1, 1/2, 1/4 y 1/8 imp (véase el anexo II del Informe 1205). Las notas medias correspondientes en la escala de calidad de la Recomendación 500 son 3,0, 3,7, 4,2 y 4,6.

* Los valores de I pueden utilizarse para la adición de degradaciones aplicando una de las leyes de adición conocidas (véase el Informe 1205, anexo II, punto 2).

CUADRO I – Resultados experimentales para el sistema I/PAL

Degradación	Nota (véase a continuación)	G	d_M	Valores de los puntos de referencia (dB, salvo cuando se indica lo contrario)			
				1-imp	1/2-imp	1/4-imp	1/8-imp
Ruido aleatorio de banda ancha	1						
Ponderación de luminancia	2	2,41	0,0167	36	38	41	43
Ponderación de crominancia	2	2,79	0,0327	30	32	34	36
Ponderación unificada	3	2,5	0,0123	38	41	43	45
5 MHz no ponderado	4	2,6	0,0315	30	32	35	37
5,5 MHz no ponderado	4	2,6	0,0330	30	32	34	37
6 MHz no ponderado	4	2,6	0,0345	29	32	34	36
Ruido aleatorio localizado*	5						
3,2 kHz		1,73	0,0113	39	42	46	49
7,5 kHz		2,79	0,0271	31	33	36	38
Ruido sinusoidal*	6						
1 kHz		1,26	0,00546	45	50	55	60
3,2 kHz		1,26	0,0185	35	39	44	49
1 MHz		1,23	0,00765	42	47	52	57
3,2 MHz		1,19	0,0779	22	27	32	37
Diafotía sin distorsión	7						
Señal impulso/barra		1,28	0,0155	36	41	46	50
Señal de barra de color		1,68	0,0291	31	34	38	41
Diafotía diferencial	7						
Señal de barra de color		1,77	0,0422	27	31	34	38
Ganancia diferencial	8	2,86	0,437	44%	34%	27%	21%
Distorsión lineal*	9						
Factor K	10	2,35	0,113	11%	8,4%	6,3%	4,7%
Eco positivo, retardo (μ s):	11						
0,2		2,54	0,361	9	11	14	16
0,3		2,54	0,251	12	14	17	19
0,5		2,54	0,166	16	18	20	23
1		2,54	0,107	19	22	24	27
2		2,54	0,0814	22	24	27	29
5		2,54	0,0699	23	25	28	30
13		2,54	0,0668	24	26	28	31
Eco negativo, retardo (μ s):	11						
0,2		2,06	0,883	1	4	7	10
0,3		2,06	0,592	5	7	10	13
0,5		2,06	0,360	9	12	15	18
1		2,06	0,192	14	17	20	23
2		2,06	0,116	19	22	25	27
Desigualdad de ganancia	12	2,86	0,564	56%	44%	35%	27%
Desigualdad de retardo de grupo	13	2,41	355	350 ns	270 ns	200 ns	150 ns

* Prueba monocroma.

Notas relativas al cuadro 1:

Nota 1. — Las «pruebas de ruido aleatorio de banda ancha» se realizaron con ruido aleatorio que tenía diferentes espectros, cada uno de los cuales abarcaba toda la banda de frecuencias video. En el cuadro, d es un valor numérico que representa la tensión cuadrática media del ruido expresada como una proporción de la excursión nominal cresta a cresta de la señal de luminancia (normalmente 0,7 V). Los valores de los puntos de referencia se expresan como relaciones señal/ruido, en decibelios, dados por $-20 \log d$.

Los resultados citados se han obtenido por combinación de pruebas independientes de emisiones en blanco y negro y en color en las que el requisito para el canal de luminancia era bastante menos estricto para las pruebas de color que para las pruebas del blanco y negro. Se han adoptado los resultados más estrictos, pero la relación de los valores medios de opinión para la luminancia y la crominancia se basa en la prueba de color. Existe una gran concordancia entre los valores de G de ambas pruebas.

Nota 2. — Los puntos de referencia se basan en el efecto subjetivo del canal de luminancia o del canal de crominancia solamente, midiéndose el ruido a través de la red de ponderación apropiada (Recomendación 451, Ginebra, 1974).

Nota 3. — Los puntos de referencia se basan en el efecto subjetivo total, midiéndose el ruido a través de la red de ponderación unificada de la Recomendación 567.

Nota 4. — Los puntos de referencia se basan en el efecto subjetivo total del ruido de distribución uniforme hasta 6 MHz, pero limitado a la frecuencia superior designada antes de la medición no ponderada. Las desviaciones moderadas del espectro de ruido con respecto a la uniformidad no influyen considerablemente en los resultados.

Nota 5. — Las pruebas de «ruido aleatorio localizado» se efectuaron cada una de ellas con ruido aleatorio de banda estrecha, centrado en la frecuencia indicada, con el fin de simular el ruido producido por amplificadores video en cascada alimentados por cierta clase de fuentes. Las definiciones de d y los valores de los puntos de referencia son idénticos a los utilizados en el caso del ruido aleatorio de banda ancha (Nota 1). No interviene ninguna red de ponderación.

Nota 6. — Cada una de las pruebas de «ruido sinusoidal» se realizó en la frecuencia, próxima a la frecuencia nominal indicada, en la que era más desfavorable el efecto. En este caso, d es un valor numérico que representa la tensión cresta a cresta del ruido expresada como una proporción de la excursión nominal cresta a cresta de la señal de luminancia (normalmente 0,7 V). Los valores de los puntos de referencia se expresan como relaciones señal/ruido, en decibelios dados por $-20 \log d$.

Nota 7. — Las pruebas de «diafotía sin distorsión» y de «diafotía diferencial» se efectuaron con las señales interferentes indicadas, cuyas frecuencias de línea o de subportadora estaban desplazadas para producir el efecto menos favorable. La diafotía diferencial es aquella en que la tensión de diafotía es proporcional a la frecuencia. En ambos casos, d se considera como la tensión cresta a cresta de la parte «imagen» de la señal de diafotía, expresada como una parte de la excursión nominal cresta a cresta de la señal de luminancia (normalmente 0,7 V), cuando se mide con una señal interferente de impulso y barra de luminancia o crominancia, según proceda. Los valores de los puntos de referencia se expresan como relaciones señal/diafotía, en decibelios, dados por $-20 \log d$.

Nota 8. — Se basa en un pequeño experimento preliminar. El resultado concierne esencialmente a la ganancia de crominancia en el nivel del gris medio con relación al del negro, y probablemente tienda a sobrestimar la degradación subjetiva cuando se aplica a una medición de error máximo. Se considera que d es un valor proporcional al error de tensión. (Véase el § 2.1 de la Recomendación 654).

Nota 9. — Basado en pruebas con eco sin distorsión que cubre la gama 0,2-13 μ s (0,2-2 μ s en el caso de eco negativo).

Nota 10. — d es el valor proporcional de K conforme se define en la Recomendación 451, Ginebra, 1974. Se utilizaron resultados para el eco positivo como norma de transferencia al determinar los valores apropiados de G y d_M . Los puntos de referencia para K se expresan en porcentaje.

Nota 11. — d es la magnitud del eco expresada como una proporción de (señal + eco), teniendo en cuenta la polaridad del eco. Los valores de los puntos de referencia se expresan como relaciones (señal + eco)/eco, en decibelios, dados por $-20 \log d$.

Nota 12. — Las pruebas de «desigualdad de ganancia» concernían a las diferencias de ganancia en el canal de crominancia con respecto al de luminancia; d se considera como un valor proporcional al error de tensión de la señal de crominancia. Los valores de los puntos de referencia son simplemente los valores de d expresados en porcentaje.

Nota 13. — Las pruebas de «desigualdad de retardo» concernían a las diferencias del retardo de grupo en el canal de crominancia con respecto al de luminancia; d es el retardo de grupo relativo, en nanosegundos, de la señal de crominancia. Los valores de los puntos de referencia se expresan directamente como valores de d .

CUADRO II - Resultados experimentales para el sistema B/SECAM

Degradación	Nota	G	d_M	Valores de los puntos de referencia (dB, salvo cuando se indica lo contrario)	
				1-imp	1/8-imp
Ruido aleatorio de anchura de banda 0 a 5 MHz, ponderación de luminancia	1	3,88	0,0118	38,5	43,2
Ruido aleatorio de anchura de banda 0 a 20 kHz, luminancia	1	2,96	0,00868	41,2	47,3
Zumbido de heterodinación	2	1,08	0,0684	23,3	40,0
Diafonía:	3				
- de una señal de luminancia		2,02	0,0102	39,8	48,7
- de una señal de crominancia	3	3,27	0,240	12,4	17,9
Eco positivo, retardo (µs):	4				
0,2		2,13	0,248	12,1	20,6
0,3		2,03	0,222	13,1	21,9
0,5		1,90	0,190	14,4	23,9
1		1,74	0,149	16,5	26,9
2		1,57	0,111	19,1	30,6
5		1,35	0,0668	23,5	36,9
Desigualdad de retardo	5	2,31	543 ns	543 ns	221 ns
Tiempo de subida	6	3,64	267 ns	267 ns	151 ns
No linealidad	7			48%	14%
Desviación de nivel	8			-1,7/+2,4	-0,1/+0,8

Nota 1. - Se utilizó ruido blanco en la banda de frecuencias citada. Aquí, d es un valor numérico que representa la tensión cuadrática media del ruido expresada como una proporción de la tensión de cresta nominal de la señal de luminancia (0,7 V). Los valores de los puntos de referencia se expresan como relaciones señal/ruido, en decibelios, dados por $-20 \log d$.

Nota 2. - El efecto subjetivo del zumbido depende también del contenido en armónicos, de la frecuencia de zumbido y del tipo de receptor. El cuadro da un valor medio que constituye un buen enfoque de las condiciones presentes en la práctica. Aquí d es la relación entre el valor de cresta a cresta de la tensión de zumbido y el nivel de cresta de la señal de luminancia (0,7 V).

Nota 3. - Las señales interferentes fueron, respectivamente una imagen monocroma electrónica y una señal de barra de color.

Nota 4. - d significa la relación entre el eco y la señal.

Nota 5. - Aquí d expresa directamente el tiempo de retardo entre el canal de luminancia y el canal de crominancia.

Los experimentos no mostraron grandes diferencias en la evaluación subjetiva de las desviaciones positiva o negativa de la misma magnitud.

Nota 6. - Aquí d representa el tiempo de subida (10% a 90%) de un escalón ideal, después de pasar por el canal de transmisión en cuestión.

Nota 7. - La no linealidad de la característica de amplitud puede evaluarse mediante la medida de la amplitud de una pequeña señal, A , en frecuencia vocal, sobreimpuesta a una señal en diente de sierra.

El valor obtenido,

$$d = \frac{A_{m\acute{a}x} - A_{m\acute{i}n}}{A_{m\acute{a}x}} \times 100\%$$

no basta para indicar exactamente el efecto subjetivo sobre la calidad de la imagen porque tiene también importancia la forma de la característica de amplitud. El punto de referencia sólo es válido para características con curvaturas suaves.

Nota 8. - En el sistema SECAM, las desviaciones de nivel producen cambios de la saturación de los colores. Aquí d significa la diferencia entre la amplitud cresta a cresta de la luminancia y su valor nominal (0,7 V) dividida por este valor nominal.

CUADRO III

Datos experimentales para los sistemas D y K/SECAM

Degradación	Nota	G	d_M	Valores en los puntos característicos (dB si no se indican valores medidos)			
				1	1/2	1/4	1/8
1	2	3	4	5	6	7	8
Ruido aleatorio de banda ancha							
Ponderación mediante circuito unificado							
Banda de Frecuencia 5 MHz	1	2	0,0141	37	40	43	46
Banda de Frecuencia 6 MHz	1	2	0,0133	37,5	40,5	43,5	46,5
Eco positivo retardado en (μ s)	2						
0,2		2,6	0,245	12	14	17	19
0,3		2,4	0,191	14	17	20	22
0,5		2,17	0,140	17	20	23	25
1		1,9	0,0912	21	24	27	30
2		1,76	0,0650	24	27	31	34
5		1,67	0,0631	24	28	31	35
Eco negativo, retardado en (μ s)	2						
0,2		2,51	0,251	12	14	17	19
0,3		2,35	0,210	14	16	19	21
0,5		2,25	0,160	16	19	21	24
1		2,18	0,103	20	22	25	28
2		2,10	0,0716	23	26	29	32
5		2,05	0,0631	24	27	30	33
Divergencia de tiempo de las señales de luminancia y crominancia	3	2,32	400 ns	400 ns	300 ns	220 ns	160 ns
Alinealidad	4	2	53%	53%	37%	26%	19%

Notas al Cuadro III

1. Las pruebas se realizaron con ruido que tenía distintos espectros en la banda de frecuencias indicada. La ponderación se realizó con el circuito unificado del CCIR con una constante de tiempo de $0,245 \mu$ s; d: relación tensión eficaz de ruido/amplitud nominal de la señal de luminancia (generalmente 0,7 V). Los valores en los puntos característicos se determinan como relación la señal/ruido (en decibelios) es decir, $-20 \log d$.

2. d , designa la relación eco/señal. En los puntos característicos se indica la relación señal/eco (en decibelios), es decir, $-20 \log d$.
3. d , expresa directamente la divergencia de tiempo entre las señales de luminancia y de diferencia de color.
4. Los datos corresponden a las distorsiones de la señal de luminancia. Sus valores se determinan por la fórmula:

$$d = \frac{A_{m\acute{a}x} - A_{m\acute{i}n}}{A_{m\acute{a}x}} 100\%$$

donde A - amplitud de la señal RF superpuesta en la señal de prueba de luminancia.

3. Nuevos estudios sobre degradaciones

3.1 Los resultados que figuran en los puntos anteriores se refieren sólo a las distorsiones mantenidas por la señal compuesta analógica, medidas por los métodos de la Recomendación 567 y aplicables a imágenes de televisión correspondientes a escenas naturales.

Los nuevos adelantos en los sistemas de televisión, como son los sistemas de componentes analógicas multiplexadas (MAC), la televisión digital, los sistemas de transmisión de gráficos o imágenes alfanuméricas, conducen a nuevos métodos de medición y a nuevos resultados, algunos de los cuales ya se citan en los Informes 1205 y 956.

3.2 Anchura de banda de la componente de luminancia

En relación con la actividad y el interés recientemente demostrado por los sistemas de color basados en señales componentes separadas, tanto analógicas como digitales, el interés por la característica que relaciona la calidad subjetiva con la anchura de banda de las componentes es útil y oportuno.

A lo largo de los estudios que llevaron a la adopción de normas para estudios de televisión digital (Recomendación 601) se han realizado numerosos experimentos relativos a la anchura de banda de las señales componentes.

La anchura de banda efectiva del canal, que transporta la componente de luminancia de una señal de televisión entre el origen de la imagen y la presentación en pantalla de esa imagen, determina el grado de borrosidad de la imagen representada. En los sistemas de color de señal compuesta (PAL, SECAM y NTSC), la presencia de una subportadora de color y los medios para decodificar la señal compuesta modifican la anchura de banda de luminancia efectiva de un modo que depende de los detalles del diseño del decodificador. Sin embargo, en los sistemas de blanco y negro y en los sistemas de color de reciente aparición que emplean transmisión de componentes separadas, la anchura de banda del canal de luminancia es conocida por lo que puede determinarse su efecto sobre la calidad de imagen.

La anchura de banda se define aquí (suponiendo un canal del tipo de paso bajo) como la frecuencia en la que la pérdida de inserción del canal es 3 dB superior a la pérdida media en bajas frecuencias.

La degradación producida por una determinada reducción de anchura de banda depende en gran medida de:

- la distancia de observación: la degradación es mayor para distancias de observación más pequeñas;
- el tipo de imagen representada: los gráficos y las imágenes alfanuméricas son muy sensibles, en tanto que las imágenes con detalles de poco contraste como son las fotografías, lo son menos.

Las características de degradación ilustradas en la fig. 1 dan resultados para dos distancias de observación (4 y 6 veces la altura de la imagen) y dos clases de imagen (gráficos y escenas naturales muy detalladas).

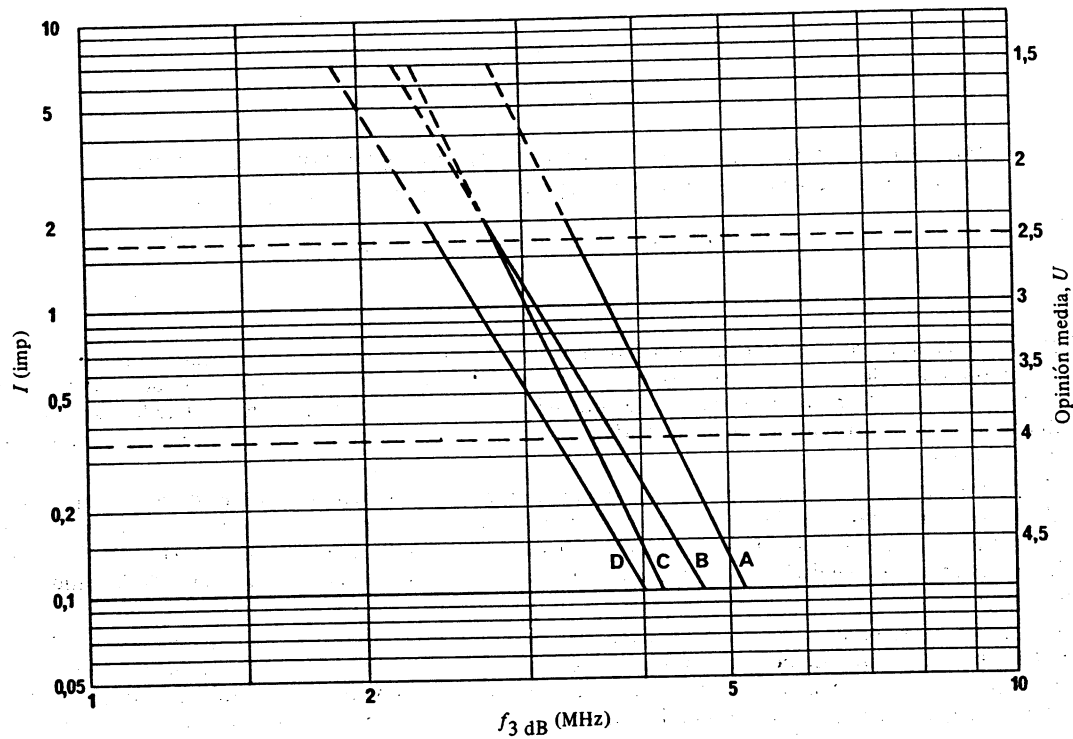


FIGURA 1 – Características de degradación para el caso en que existe una limitación de la anchura de banda de la señal de luminancia

- A: Gráficos e imágenes alfanuméricas – distancia de observación = $4H$
 B: Gráficos e imágenes alfanuméricas – distancia de observación = $6H$
 C: Escenas naturales detalladas – distancia de observación = $4H$
 D: Escenas naturales detalladas – distancia de observación = $6H$
 U: Opinión media, escala de cinco notas

Los resultados son válidos para los sistemas de 625 líneas:

- factor de degradación: $d = f_{3\text{ dB}}$
- $f_{3\text{ dB}}$: anchura de banda a 3 dB (MHz)
- valores de nota media de opinión ($I = 1$):

distancia de observación:	$4H$	$6H$
gráficos	$d_M = 3,70$	$d_M = 3,09$
escenas	$d_M = 3,02$	$d_M = 2,67$
- pendiente

distancia de observación:	$4H$	$6H$
	$G = 6,80$	$G = 5,60$

3.3 Efectos subjetivos de los errores aleatorios en los bit sobre las señales de video digitales de componentes YUV

En el Reino Unido se ha efectuado recientemente una evaluación de las señales 625/50 del tipo 4:2:2 en sistemas cuyos resultados se presentan en las figs. 2 y 3. Para medir la proporción de errores se utilizó la unidad "sucesos con errores por segundo" y se presentan las curvas correspondientes al primer bit, al segundo bit y al tercer bit más significativos. En las evaluaciones se utilizó la escala de degradación y una duración de la prueba de 20 segundos, con 20 observadores especialistas a 4H y 6H. Las imágenes utilizadas para las pruebas eran "barcos" y "pizarra con juguetes". Se evaluaron la calidad básica y la calidad procesada ulterior (mate cromático) y se adaptó a los datos un modelo logístico.

La unidad utilizada para medir la proporción de errores (sucesos con errores por segundo) está sencillamente relacionada con la proporción de bit erróneos. La velocidad de los trenes de bit de la componente Y y de la componente U/V es de 108 Mbit/s. Así, N sucesos con errores por segundo corresponde a una proporción de bit erróneos de $8N/10^8$ aproximadamente. En las componentes U y V de la fig. 3, la proporción de bit erróneos es de $N/(54 \times 10^6)$.

Los resultados revelan que, para un número determinado de sucesos con errores por segundo, el bit más significativo de la señal de luminancia es el más sensible a los errores y la sensibilidad disminuye rápidamente en los bits de menor significación. La utilización de la clave cromática en el proceso ulterior aumenta la sensibilidad a los errores de la componente U y sobre todo de la componente V. Además, en este caso la sensibilidad no disminuye tan rápidamente con la significación de los bits como en el tren de bits U/V de la fig. 2.

Se espera que otras administraciones, en particular las que utilizan señales del tipo 4:2:2 en sistemas 525/60, efectúen estudios similares a fin de que pueda incorporarse en el futuro ese material en una Recomendación 645 ampliada.

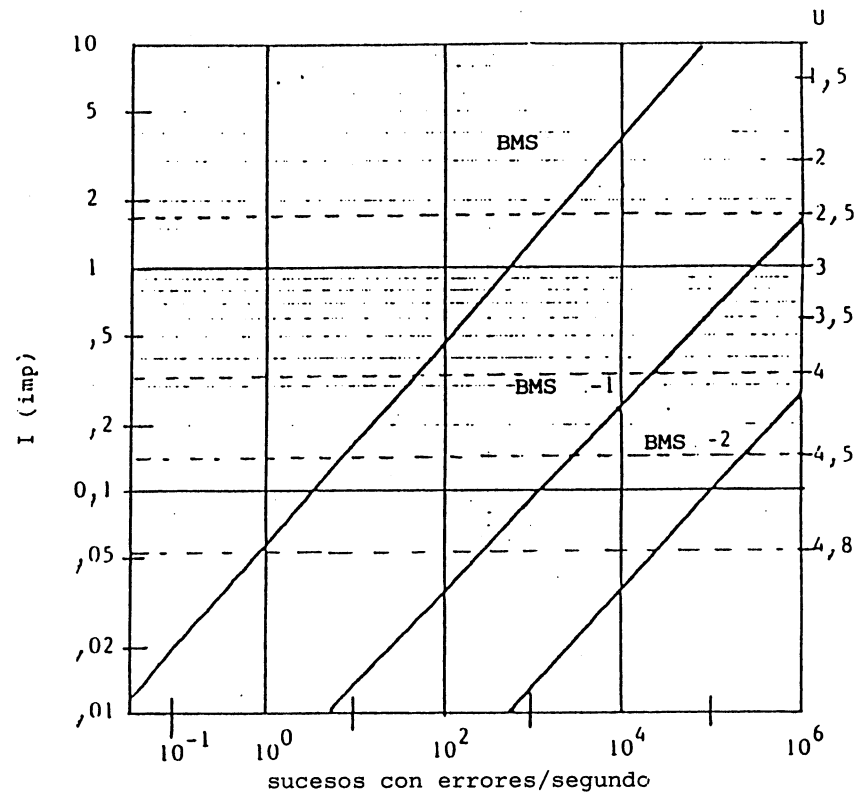
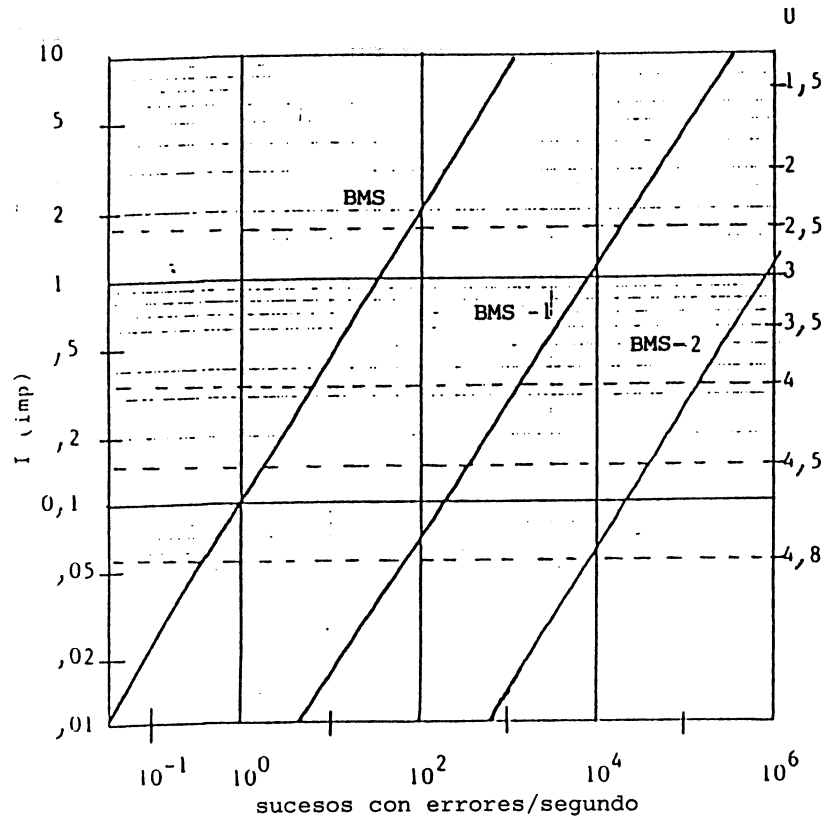


FIGURA 2 - Características de degradación por errores aleatorios de un solo bit en bits de diversa significación

a) Errores en la señal componente de luminancia (Y)

b) Errores en las señales componentes de diferencia de color (U/V)

		d_M	G
Componente Y	BMS	$3,60 \times 10$	0,64
	BMS-1	$8,45 \times 10^3$	0,61
	BMS-2	$8,28 \times 10^5$	0,64

		d_M	G
Componente U/V	BMS	$5,83 \times 10^2$	0,45
	BMS-1	$3,07 \times 10^5$	0,42
	BMS-2	$2,04 \times 10^7$	0,43

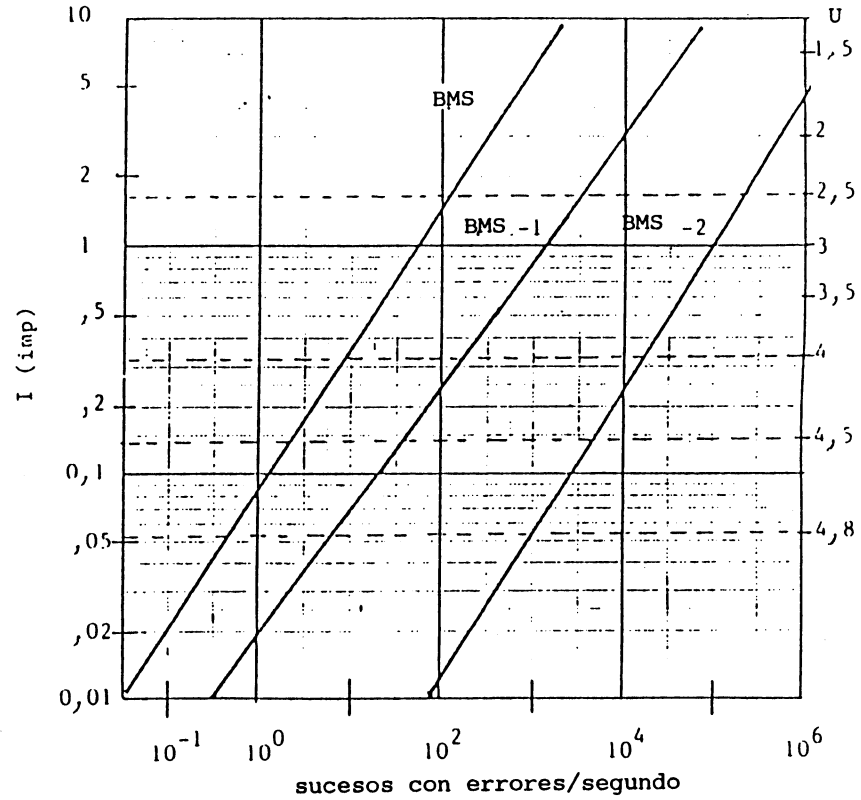
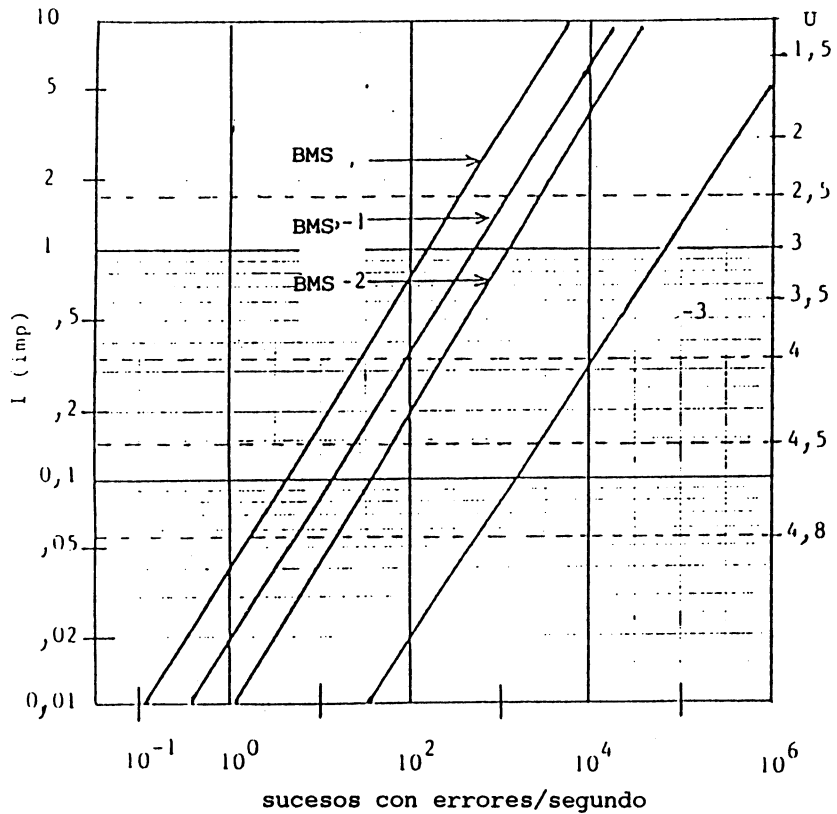


FIGURA 3 - Características de degradación por errores aleatorios de un solo bit después del proceso en clave cromática

a) errores en bits de diversa significación de la componente U

Componente U		d_M	G
BMS		$1,67 \times 10^2$	0,63
BMS-1		$5,50 \times 10^2$	0,63
BMS-2		$1,31 \times 10^3$	0,65
BMS-3		$6,44 \times 10^4$	0,60

b) errores en bits de diversa significación de la componente V

Componente V		d_M	G
BMS		$6,66 \times 10$	0,60
BMS-1		$1,37 \times 10^3$	0,55
BMS-2		$9,78 \times 10^4$	0,64



3.4 Ruido aleatorio continuo

Los estudios de posibles características de degradación [Lokshin, 1985; CCIR, 1986-1990b] sugieren que podría normalizarse el nivel de ruido con distribuciones espectrales típicas, empleando una sola característica de degradación que puede ser aplicable a todos los sistemas de televisión. Esta característica define la relación entre el nivel de la señal de imagen y el valor ponderado de la tensión del ruido, efectuándose la ponderación con la red unificada del CCIR en una anchura de banda de 5 MHz.

En la Figura 4 se muestra la característica de degradación sugerida. Esta puede describirse mediante las siguientes ecuaciones:

- valor de la distorsión

$$d = \frac{N_{r.m.s.}}{L} \quad \text{o} \quad D = 20 \lg \left[\frac{L}{N_{r.m.s.}} \right] \quad (\text{dB})$$

- valor en el centro de la escala ($I = 1 \text{ imp}$):

$$D_M = 0,0141 \text{ o } D_M = 37 \text{ dB}$$

- pendiente: $G = 2$

La relación señal/ruido (ponderado) se mide de conformidad con lo dispuesto en la sección C.3.2.1 de la Recomendación 567.

Se sugiere que prosiga el estudio de la característica de degradación propuesta.

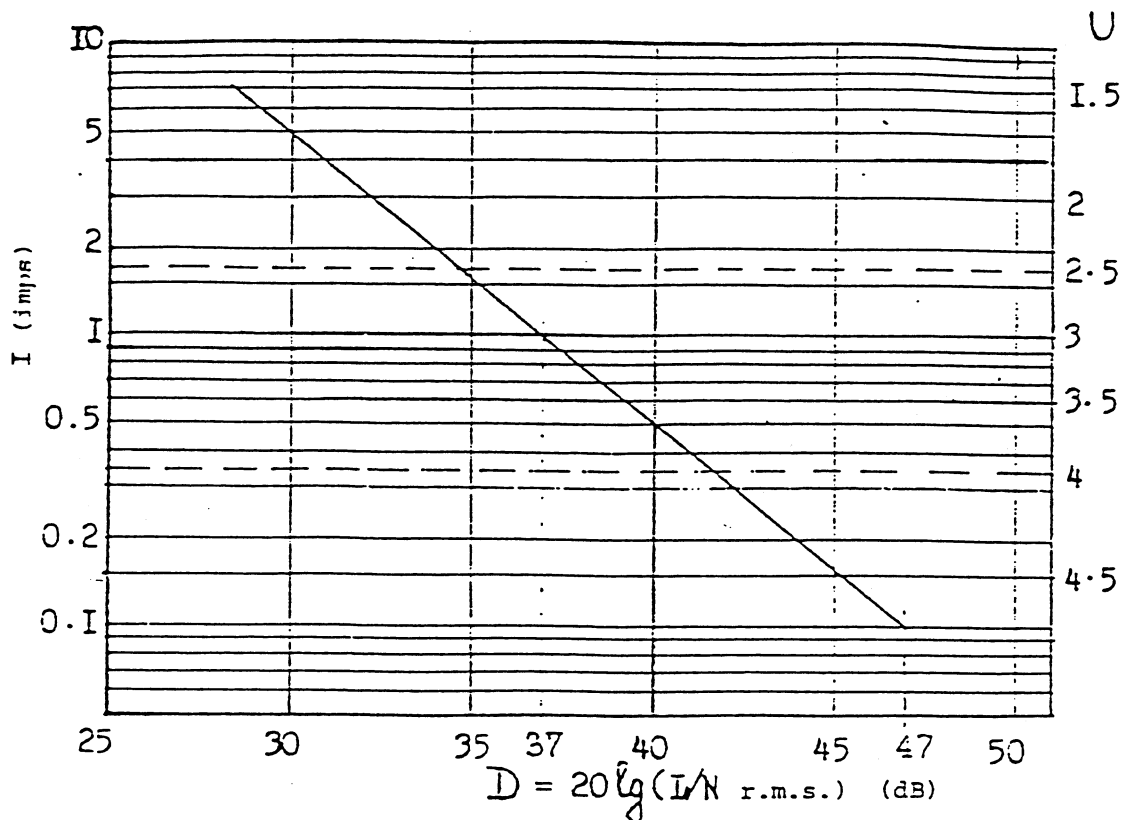


FIGURA 4

Característica de degradación del ruido (ponderado)

3.5 Efectos del ruido sinusoidal sobre la calidad de la imagen

En la República Popular de China se han realizado pruebas de evaluación subjetiva [CCIR, 1986-90] en relación con los efectos del ruido sinusoidal sobre la calidad de la imagen. Los experimentos se realizaron en dos bandas de frecuencia, 50 Hz - 10 Hz y 10 kHz - 6 MHz. Los resultados de las pruebas figuran en los cuadros del documento.

3.6 Señal de eco

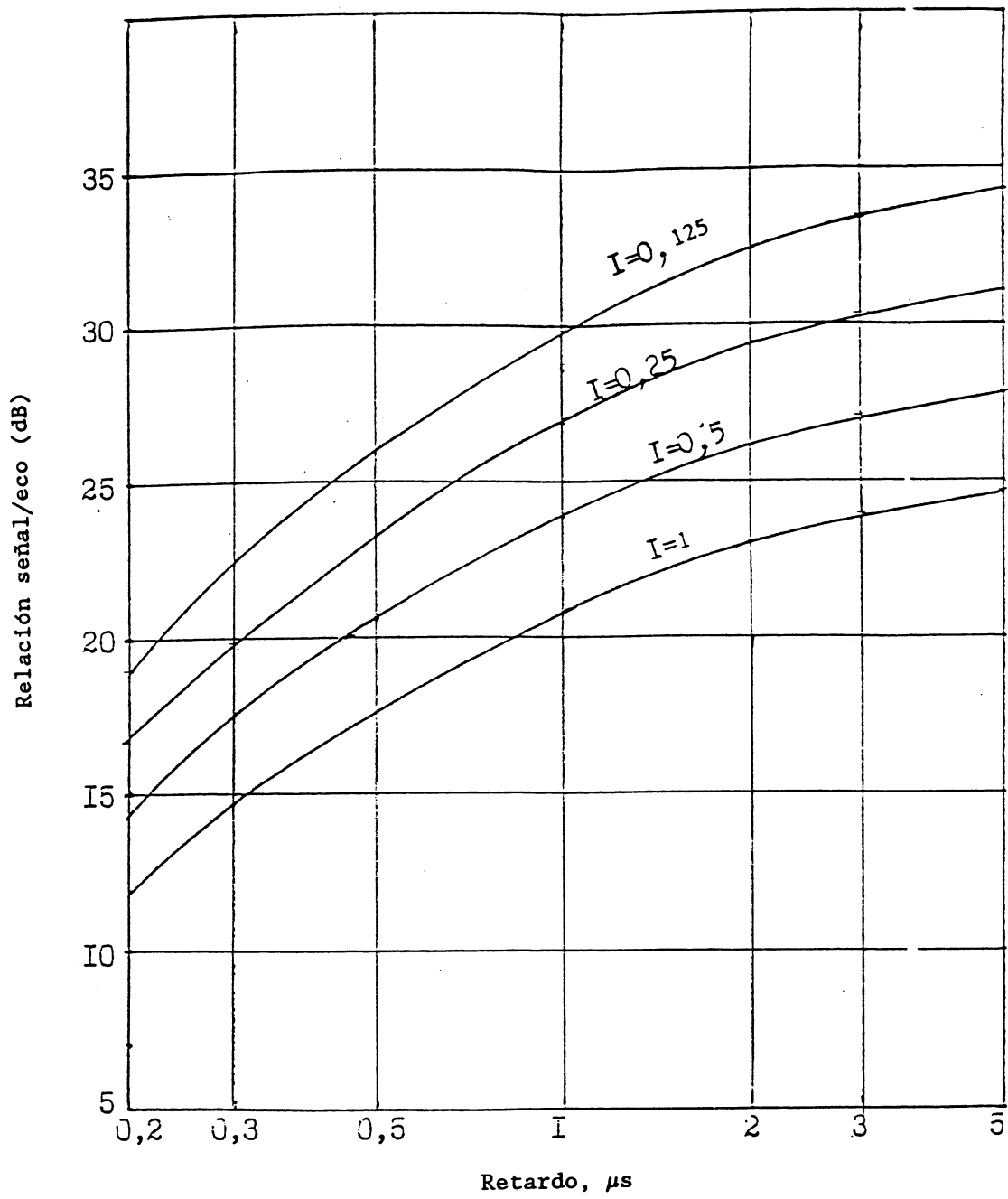
Estudios de las posibles características de degradación [CCIR, 1986-1990d] indican que el nivel de la señal de eco (positivo y negativo) no distorsionada podría normalizarse utilizando una característica de degradación unificada podría aplicarse a todos los sistemas de radiodifusión de televisión.

Las siguientes expresiones definen la característica de degradación sugerida para la señal de eco no distorsionada:

- valor de distorsión: $d = E/S$ ó $D = 20 \log (S/E)$, dB
- valor para la evaluación media ($I = 1$ unidad de degradación):
 $d_M (\Delta t) = 0,04/|\Delta t| + 0,05$, ó
 $D_M (\Delta t) = -20 \log (0,04/|\Delta t| + 0,05)$, dB;
- pendiente: $G(\Delta t) = 0,15/|\Delta t| + 1,85$;
- valor de D para diferentes valores de I y Δt (μs):
 $D = D_M (\Delta t) - (20 \log I)/G(\Delta t)$, dB.

La fig. 5 indica los valores de D para niveles característicos de degradación de la imagen.

Se sugiere que prosiga el estudio de la característica de degradación propuesta.

**FIGURA 5**

Característica de degradación para las señales de eco

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOKSHIN, M.G. [1985] - Unifitsirovannaya vzveshivayushchaya tsep dlya izmereniya shumov v sisteme SEKAM (A unified weighting network for measuring noise in the SECAM system), Tekhnika kino i televideniya, No. 10, 31-35.

MACDIARMID, I.F. y ALLNATT, J.W. [1978] Performance requirements for the transmission of the PAL coded signal. *Proc. IEE*, Vol. 125, 571-580.

Documentos del CCIR

[1978-82]: a. 11/38 (Reino Unido); b. 11/331 (República Democrática Alemana).

[1986-90]: a. 11/451 (URSS); b. 11/453 (URSS); c. 11/145 (República Popular de China); d. 11/452 (URSS).

INFORME 1082-1

MODIFICACIÓN PARA UNIFICAR LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN
DE LA CALIDAD DE LA IMAGEN

(Cuestión 3/11, Programa de Estudios 3A/11)

(1986-1990)

1. Introducción

La Recomendación 500 que se revisa regularmente tiene como fin instruir sobre los métodos disponibles que parecen más adecuados para la evaluación de la calidad de la imagen en un entorno de laboratorio controlado. Es necesario revisar los métodos periódicamente a fin de reflejar la evolución de los estudios en los nuevos sistemas y aplicar la evolución de la propia metodología.

Aunque los métodos descritos en los puntos 2 y 3 de la Recomendación 500 se han examinado y diseñado minuciosamente con los conocimientos disponibles, no están libres de inconvenientes. Si se conciben nuevos métodos alternativos que puedan evitar dichos inconvenientes, deben proponerse para sustituir a los métodos actuales.

Los inconvenientes principales de los métodos que figuran actualmente en los puntos 2 y 3, son los siguientes:

- Las diferencias conceptuales entre los significados de los descriptores de la escala de calidad no son necesariamente uniformes. Se sabe que varían de unos grupos lingüísticos a otros, entre grupos culturales y entre individuos, en un grado nada despreciable. El procesamiento de los resultados se basa actualmente en la aproximación de que la diferencia conceptual es uniforme; de esta manera la interpretación de resultados para indicar una medida coherente de calidad absoluta o de degradación es también una aproximación. De hecho, los resultados pueden incluso representar erróneamente las magnitudes de las diferencias hasta en un $\pm 50\%$.
- Por motivos que pueden referirse a las diferencias de significado asociadas a los descriptores mencionados, la correlación de los resultados entre laboratorios no se considera suficientemente buena para los sistemas alternativos con pequeñas degradaciones o los de gran calidad, de forma que puedan evaluarse fiablemente en los distintos laboratorios y compararse los resultados absolutos. No obstante, el orden de categorías es coherente.