

RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1117-2

PARÁMETROS DEL FORMATO DE ESTUDIO PARA LOS SISTEMAS DE TELEVISIÓN MEJORADA 16:9 DE 625 LÍNEAS (D-MAC Y D2-MAC, PALplus, SECAM MEJORADO)

(Cuestión UIT-R 42/11)

(1994-1995-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que ya hay servicios de radiodifusión que ofrecen programas en formato 16:9;
- b) que existen varias propuestas para introducir nuevos sistemas de difusión de televisión con calidad de imagen y sonido mejorada y, en particular, un formato de imagen más ancho;
- c) que la mayoría de organizaciones de radiodifusión tienen que mantener el servicio que prestan a sus espectadores, basado en televisores equipados sólo para recepción terrenal;
- d) que muchas organizaciones de difusión desearán mejorar la calidad de sus actuales servicios;
- e) que las mejoras de las normas terrenales existentes deberán seguir siendo compatibles con las actuales atribuciones de canal;
- f) que las mejoras introducidas en las normas terrenales actuales deberán conservar una elevada compatibilidad de imagen;
- g) que algunas de las mejoras principales para perfeccionar la imagen y el sonido en emisiones de televisión mejorada son:
 - imagen* – formato de imagen más ancho;
 - menores efectos cruzados;
 - eliminación de imágenes fantasma;
 - resolución mejorada;
 - sonido* – sonido digital, multicanal;
- h) que no se ha conseguido hasta ahora una decodificación completamente satisfactoria de señales codificadas PAL y SECAM;
- j) que convendría lograr la máxima uniformidad posible en cuanto a los parámetros del formato de estudio a emplear en diversas normas de transmisión/emisión, por ejemplo los sistemas MAC/paquetes y PALplus;
- k) que introduciendo cambios en el formato y en las prácticas de estudio/producción es posible aumentar la compatibilidad de una señal de televisión mejorada facilitando así la introducción de sistemas mejorados;
- l) que el establecimiento de un formato mejorado de estudio contribuirá al proceso de conversión ascendente en la televisión de alta definición (TVAD),

recomienda

1 que las organizaciones que deseen producir programas para televisión mejorada adopten normas de componentes basadas en algunas o en la totalidad de las técnicas indicadas en el Anexo 1. En el Anexo 3 se analiza brevemente en qué casos y en qué momento se debe utilizar cada opción,

invita

1 a las administraciones a que aporten contribuciones sobre el tema, con objeto de completar esta Recomendación.

Técnicas y módulos en los programas producidos para sistemas de 625 líneas en formato 16:9 mejorados

1 Utilización de sistemas de producción convencionales de 625 líneas

1.1 Formato de la señal de imagen

1.1.1 Sistemas digitales

Se ha examinado la cuestión de si los sistemas de radiodifusión 16:9 de 625 líneas actuales y previstos exigirán cambios en las normas digitales utilizadas para la producción.

La Recomendación UIT-R BT.601 abarca las frecuencias de muestreo de 13,5 MHz y 18 MHz para el formato de imagen 16:9. La Parte A se refiere a 13,5 MHz y la Parte B a 18 MHz.

Dadas las especificaciones de la norma D/D2-MAC, la calidad prevista del sistema PALplus y las prestaciones probables de un sistema SECAM mejorado, algunas administraciones consideran que la Parte A (13,5 MHz) de la Recomendación UIT-R BT.601 se adecua a la producción de televisión de 625 líneas en formato 16:9 para estos sistemas de emisión.

1.1.2 Sistemas analógicos

Se ha comprobado que la utilización de sistemas de componentes analógicos es satisfactoria siempre que las señales se encaminen por equipos con anchura de banda mayor o igual a la del sistema de emisión al que atacan (véase la Nota 1).

NOTA 1 - Entre tanto, algunas organizaciones de radiodifusión pueden preferir utilizar sistemas de componentes analógicos antes de que puedan transformar sus instalaciones para los componentes digitales. En este caso, deben de adoptarse todas las medidas razonables para utilizar algún tipo de métodos de codificación y decodificación compuestos mejorados y «limpios».

1.1.3 Una solución: el formato compuesto digital y analógico

1.1.3.1 El sistema Com³

Una opción especificada en el Anexo 2 es el sistema Com³ que explota la anchura de banda adicional que ofrecen los formatos de grabación compuestos digitales D2 y D3 en cinta de vídeo logrando una anchura de banda de luminancia de 6,6 MHz para el PAL equivalente a una anchura de banda de unos 5,0 MHz en un sistema convencional 4:3. El método emplea un nuevo tipo de codificación del color que da libertad respecto a los efectos cruzados, al tiempo que mantiene la compatibilidad con el actual equipo de estudio PAL, y un filtrado de Nyquist para mantener la calidad de la imagen a lo largo de una transcodificación repetida desde los formatos de componentes y a éstos.

1.1.3.2 El proceso de color con adaptación al movimiento Plus

Una segunda opción es utilizar el proceso de color con adaptación al movimiento Plus (MACP-Motion Adaptive Colour Plus) (método mejorado de codificación del color utilizado en el sistema PALplus). Véase la Recomendación UIT-R BT.1197. Este proceso ha sido diseñado para su utilización en entornos PAL compuestos donde la anchura de banda de la señal codificada se limita a unos 5-6 MHz. Entre las aplicaciones pueden incluirse los enlaces de estudio a estudio.

1.2 Ajustes en los equipos convencionales de producción

1.2.1 Cámaras

Actualmente se han generalizado las cámaras CCD conmutables entre los formatos 16:9 y 4:3. Los nuevos sensores 16:9 tienen la misma diagonal de imagen que la de los antiguos sensores 4:3. Pueden utilizarse lentes para el último formato sin cambiar la gama de la aproximación (o el ángulo de visión). Al cambiar al formato 4:3 se reduce la diagonal de la imagen y, consecuentemente, el ángulo de visión.

Se dispone ya de lentes para cámaras de estudio que compensan esta reducción del ángulo visión. Estas lentes disponen de una torreta de ampliación de la gama equipada con una unidad para reducir el tamaño de la imagen en la misma proporción que se reduce la diagonal.

Al conmutar entre los dos formatos, deben cambiarse de forma correspondiente los ajustes de la unidad de mejora de la imagen para mantener la calidad óptima en ésta.

La exploración de los tubos de cámara puede modificarse para lograr la nueva relación de formato. A fin de mantener el mismo rendimiento de la lente con la relación de formato 16:9, debe mantenerse fija la diagonal de la imagen. Si se desea mantener la calidad óptima de la imagen con el formato 16:9, puede ser necesario optimizar los ajustes de varias funciones de la cámara. Algunos de estos ajustes pueden ser engorrosos. Si se utiliza el mismo grupo de tubos para ambos formatos, es probable que las marcas de exploración sean visibles en la imagen.

1.2.2 Telecine

En los telecines de punto móvil, los métodos para conmutar entre funcionamiento 4:3 y 16:9 son sencillos. Se utiliza un cambio de puerta (16 mm - Super 16 mm) o se vuelve a explorar el telecine. Pueden presentarse problemas de «quemado» de la trama visual si se utiliza el mismo tubo de exploración para ambas relaciones.

Los tipos modernos de telecines CCD con un sensor adecuado de grupos de líneas permiten un cambio sencillo y fiable entre los formatos 4:3 y 16:9. Pueden utilizarse bloques ópticos separados junto con circuitos integrados que establecen el tamaño y la aproximación para la reproducción de cualquiera de los diversos formatos actuales de película.

1.2.3 Procesamiento

Pueden utilizarse equipos tales como los mezcladores de imagen, generadores digitales de efectos de vídeo, generadores de subtítulos y sistemas gráficos con formato 16:9 sin modificar los circuitos. Sólo hay que actualizar el soporte lógico para encajar la geometría del nuevo formato de imagen.

1.2.4 Magnetoscopios

Para los magnetoscopios de componentes analógicos, la anchura de banda es de unos 5,5 MHz. Si se toma en cuenta el cambio de formato de imagen, el nuevo formato equivaldrá a una resolución de unos 4 MHz en un sistema convencional, con un formato de imagen de 4:3. Esta resolución se considera suficiente para los sistemas de emisión mejorada examinados aquí. Así pues, pueden utilizarse los actuales magnetoscopios de componentes analógicos en esta aplicación.

En el caso de los magnetoscopios de componentes digitales con 720 muestras por línea activa, la resolución es la misma que la prevista para los sistemas de emisión examinados aquí. En consecuencia, los actuales magnetoscopios de componentes digitales están perfectamente adaptados a esta aplicación en Europa.

La Unión de Radiodifusión Asia-Pacífico (ABU) opina que debe considerarse también la adopción de un valor de 960 muestras por línea activa.

En el caso de los grabadores compuestos digitales D2 y D3, se dispone de anchuras de bandas superiores a 8,8 MHz en PAL para una sola señal compuesta. La anchura de banda de imagen que puede lograrse utilizando estos formatos depende del carácter de la señal modificada compuesta que se describe en el § 1.1.3.

1.2.5 Comprobación

Los monitores de imagen con tubos de rayos catódicos de formato 4:3 pueden ajustarse para lograr una imagen de formato 16:9 de tipo buzón. Es probable que haya que realinear totalmente el monitor para lograr dicho reajuste de la exploración.

Actualmente se dispone de monitores de imagen conmutables entre los dos formatos. Un requisito de dichos monitores debe ser que no sea necesario volver a alinearlos al conmutar entre formatos.

Puede utilizarse equipo de comprobación de la onda para ambos formatos, sin modificaciones.

2 Conversión descendente a partir de fuentes TVAD

La utilización de equipos TVAD da lugar a una fuente única que es posible utilizar para todos los servicios 16:9 actualmente previstos, tanto de televisión mejorada como de alta definición.

Aunque para los servicios de definición mejorada esta circunstancia podría proporcionar considerablemente más «margen» del requerido, la ventaja de este método es que probablemente sólo será necesario reequipar los aparatos una vez. Así, los programas grabados tendrían también una calidad adecuada para la TVAD analógica a corto plazo y digital a largo plazo, así como para la distribución y archivado de película de 35 mm.

La fuente de estudio TVAD sufriría una conversión descendente para adecuarla a las necesidades de entrada de los codificadores de los sistemas de TV mejorada. Este método de producción y conversión descendente ha sido ya realizado con éxito.

Las ventajas de utilizar fuentes de estudio TVAD para servicios mejorados frente a otras fuentes de menor definición, dependerán del tiempo que abarque el montaje de las instalaciones de estudio y la implantación de los servicios TVAD.

La elección puede estar también influida por la gama de servicios a los que probablemente irán destinados los programas, es decir, la prestación de un único servicio mejorado o de servicios con diversos grados de definición.

3 Métodos de producción de películas mejorados

La película constituye un soporte de grabación y almacenamiento adecuado para la futura producción de programas de pantalla ancha.

Para la producción de programas 625/50 con formato de imagen 16:9 sobre película, la solución más rentable sería adoptar la apertura normalizada de cámara de 16 mm con formato de imagen 1,37:1 y reducirla mediante plantilla a una presentación 16:9 en pantalla ancha. Si el objetivo principal fuese la transmisión en pantalla ancha para televisión sería preferible utilizar, para la captación de imágenes, el formato Super 16 mm con un formato nominal de 1,66:1, ya que este formato permite grabar en película una mayor superficie de imagen. Esta apertura normalizada de cámara de 16 mm tendría que ser transformada en Super 16 mm, y habría que centrar de nuevo el eje de la lente. Las cámaras cinematográficas modernas de 16 mm permiten efectuar un cambio sencillo y rápido entre el modo de funcionamiento normalizado y el modo de funcionamiento Super 16 mm.

Para poder difundir en el futuro programas en película mediante sistemas de televisión de mayor calidad (por ejemplo, TVAD), la mejor elección sería la película de 35 mm. Una solución intermedia que permitiría adaptar el formato de imagen grabado para ser proyectado en receptores TV de 16:9 y 4:3 sería el denominado «rodar y proteger». En la actualidad, las organizaciones de radiodifusión europeas se sirven, para la producción de películas en esta doble vertiente, de una de estas dos posibilidades:

- o bien la apertura de cámara tipo «Academy», con formato de imagen 1,37:1 (protegiendo las zonas por encima y por debajo de la zona 16:9);
- o bien una apertura de cámara de formato 1,66:1 (protegiendo las zonas situadas a ambos lados de la zona central 4:3).

La selección de la superficie de imagen deseada para transmisión 16:9 ó 4:3 puede efectuarse en la etapa de transferencia de película a cinta:

Véanse también las Recomendaciones UIT-R BR.782, UIT-R BR.783 y UIT-R BR.716.

ANEXO 2

Sistema Com³ – sistema de codificación digital de componentes compatible con PAL

1 Introducción

En el presente Anexo se describe un sistema de codificación de vídeo que transporta las señales de componente de vídeo con una calidad próxima a la de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A) (13,5 MHz), a través de las actuales infraestructuras de PAL o NTSC compuestas digitales o analógicas.

Las características principales de este sistema, conocido como Com³, son las siguientes:

- anchura de banda de luminancia comparable a la indicada en la Recomendación UIT-R BT.601;
- resolución de crominancia isótropa para un formato de visualización de 16:9;
- completa libertad respecto a la diafotía de la señal de color y la diafotía de luminancia;
- la señal codificada puede utilizarse en la mayoría de los equipos PAL/NTSC compuestos;
- la anchura de banda de luminancia de 5 MHz y la libertad respecto a los efectos cruzados se mantienen tras limitar la banda de la señal codificada a las anchuras de banda PAL/NTSC normales;
- la señal codificada de componente de un solo hilo puede decodificarse mediante decodificadores PAL/NTSC convencionales con una reducción de la calidad apenas perceptible;
- las señales PAL/NTSC codificadas de forma convencional pueden decodificarse mediante el decodificador de componente de un solo hilo con una ligera mejora en la calidad.

El desarrollo y las pruebas prácticas de este sistema se encuentran actualmente en un estado en el que es posible definir una especificación completa, como precursora del proceso de normalización.

2 Formato básico de la señal

La señal codificada (Fig. 1) incorpora áreas de los espectros de frecuencia de luminancia y crominancia mostrados en la Fig. 2. La señal se forma procesando en primer lugar una señal *RGB* para obtener unas señales de luminancia y crominancia limitadas en banda, utilizando la disposición representada en la Fig. 3. A continuación, se procesan las señales de luminancia y crominancia para constituir una señal codificada, utilizando el montaje indicado en la Fig. 4; esta disposición incorpora un *ensamblador Weston PAL* para estructurar la parte de la señal similar al sistema PAL, junto con los circuitos adicionales relativos a la señal de luminancia de alta frecuencia. En un decodificador, la señal se separa en las componentes de luminancia y crominancia mediante la disposición mostrada en la Fig. 5. Estas señales se filtran posteriormente y se reconvierten en la señal *RGB*, como se representa en la Fig. 6.

FIGURA 1
Espectro de la señal Com³

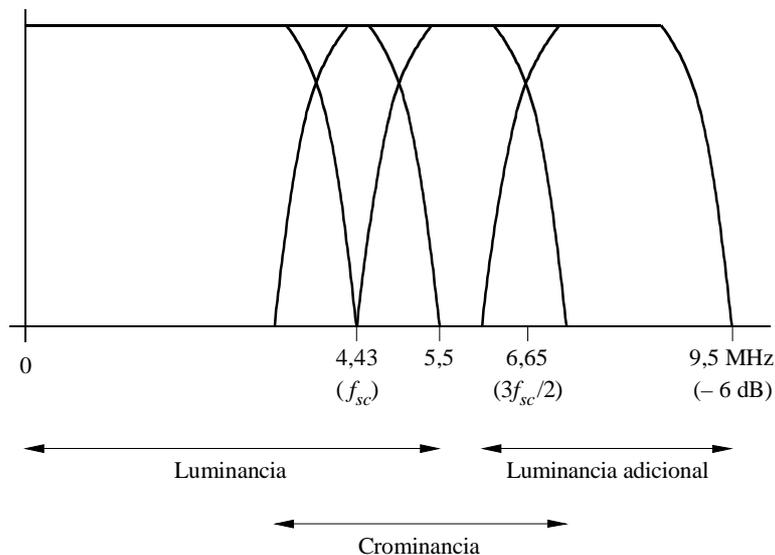


FIGURA 2

Espectro bidimensional de las señales de luminancia y crominancia que puede transportar la señal codificada; representado para un formato de imagen 16:9

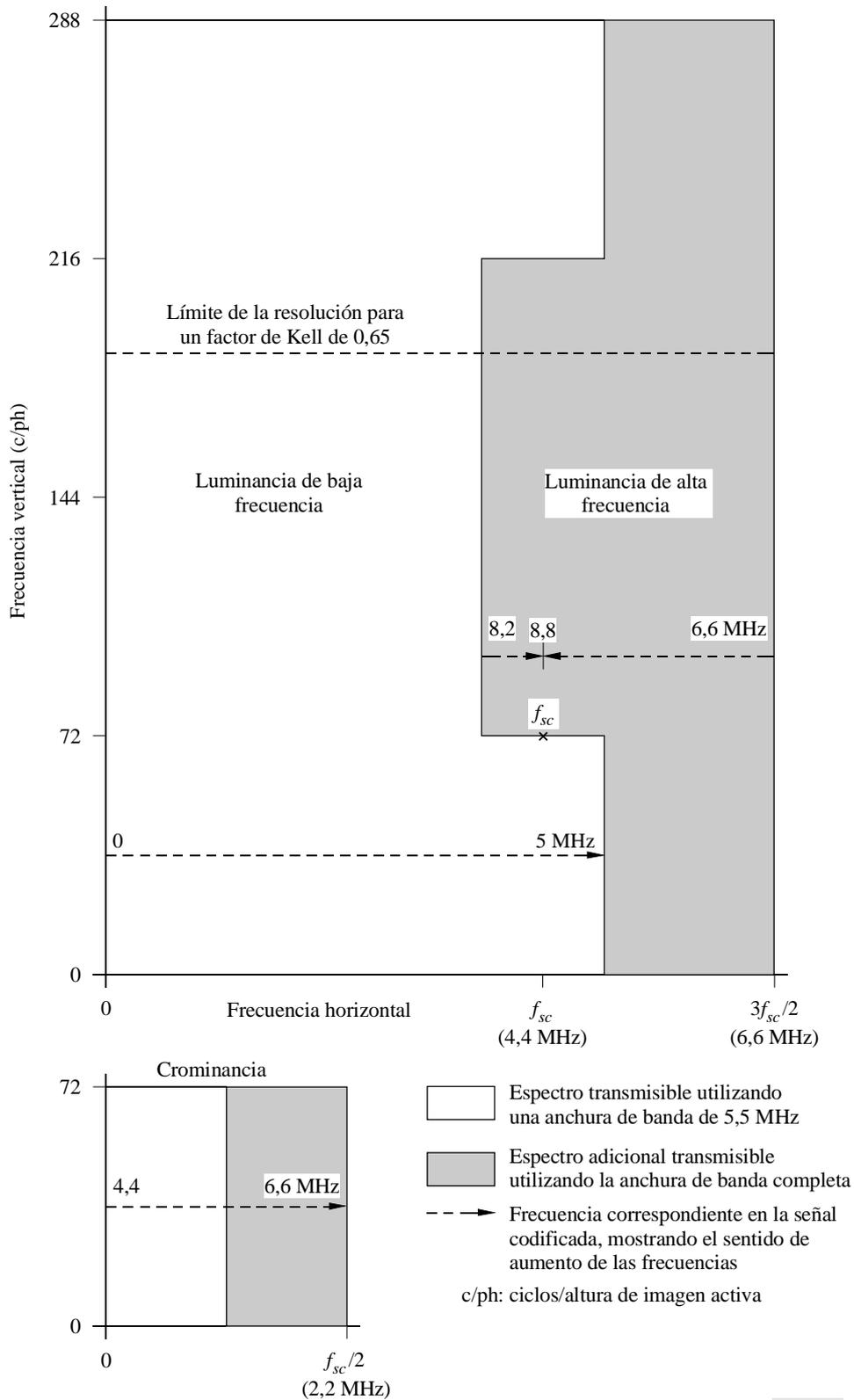
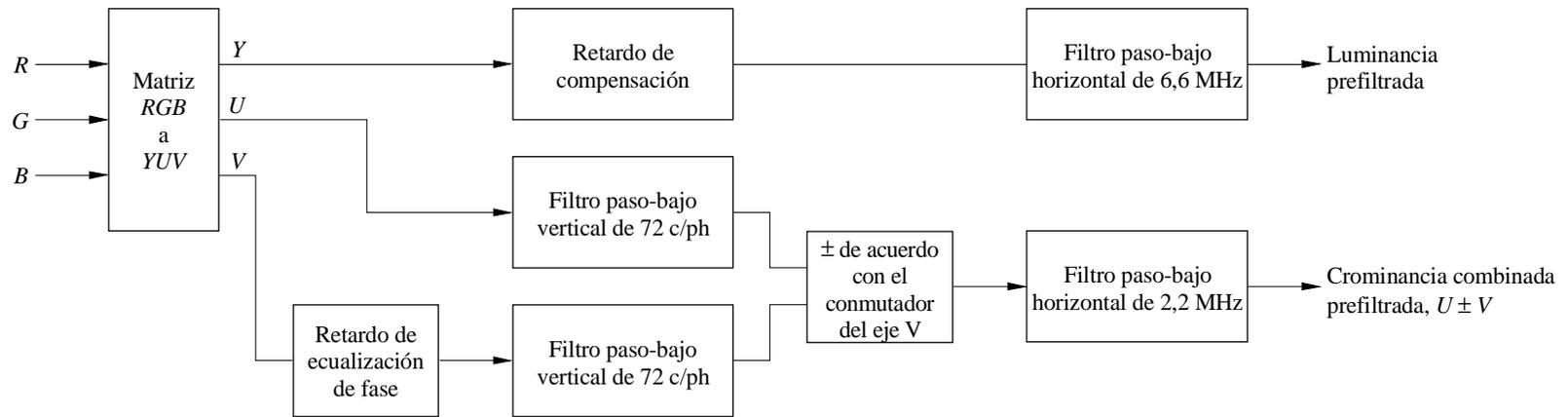


FIGURA 3

Filtros previos y muestreador de crominancia vertical en un codificador



1117-03

FIGURA 4

Diagrama de bloques de los circuitos para formar una señal codificada a partir de las señales de luminancia y de crominancia combinada prefiltradas

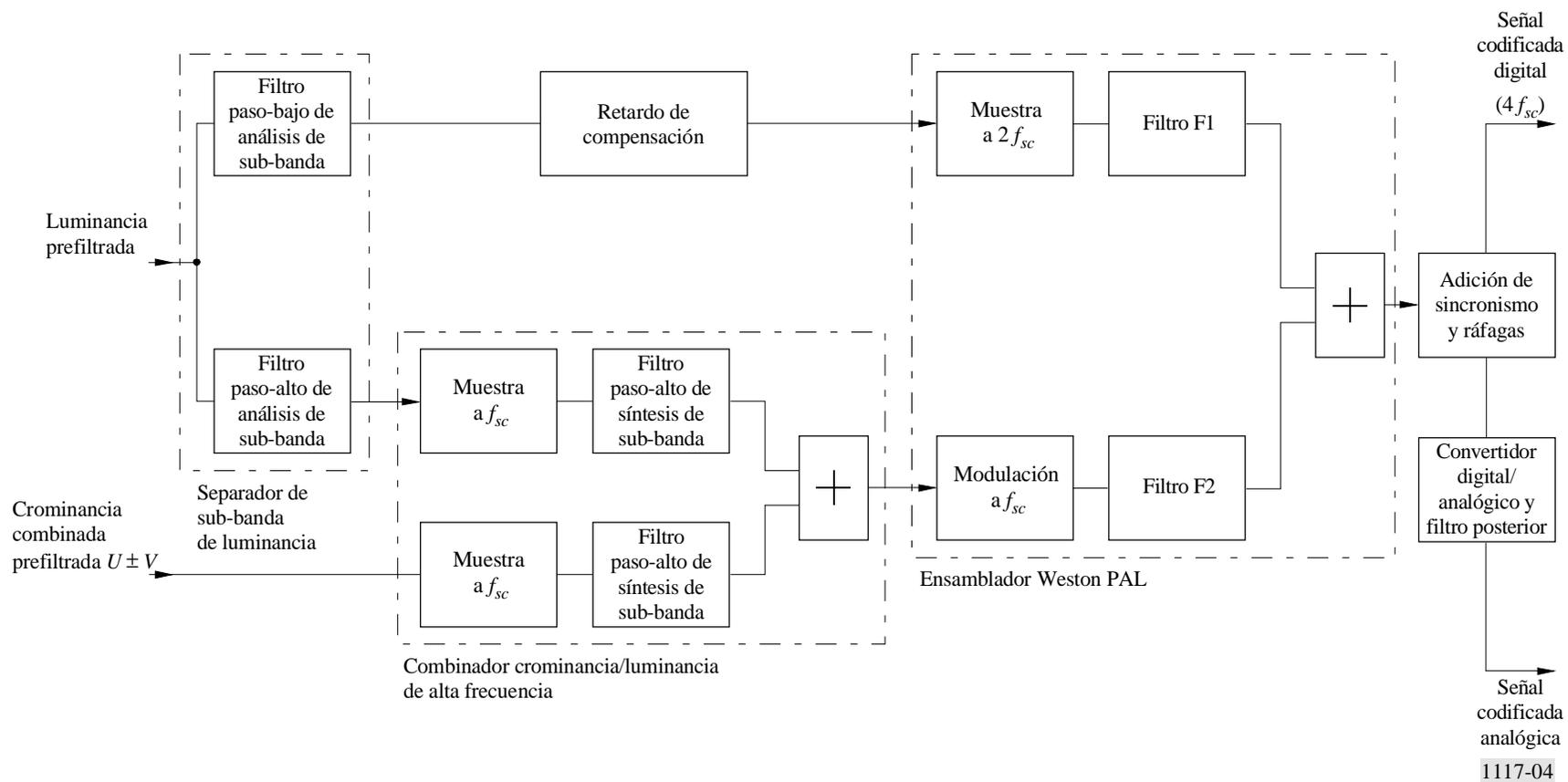
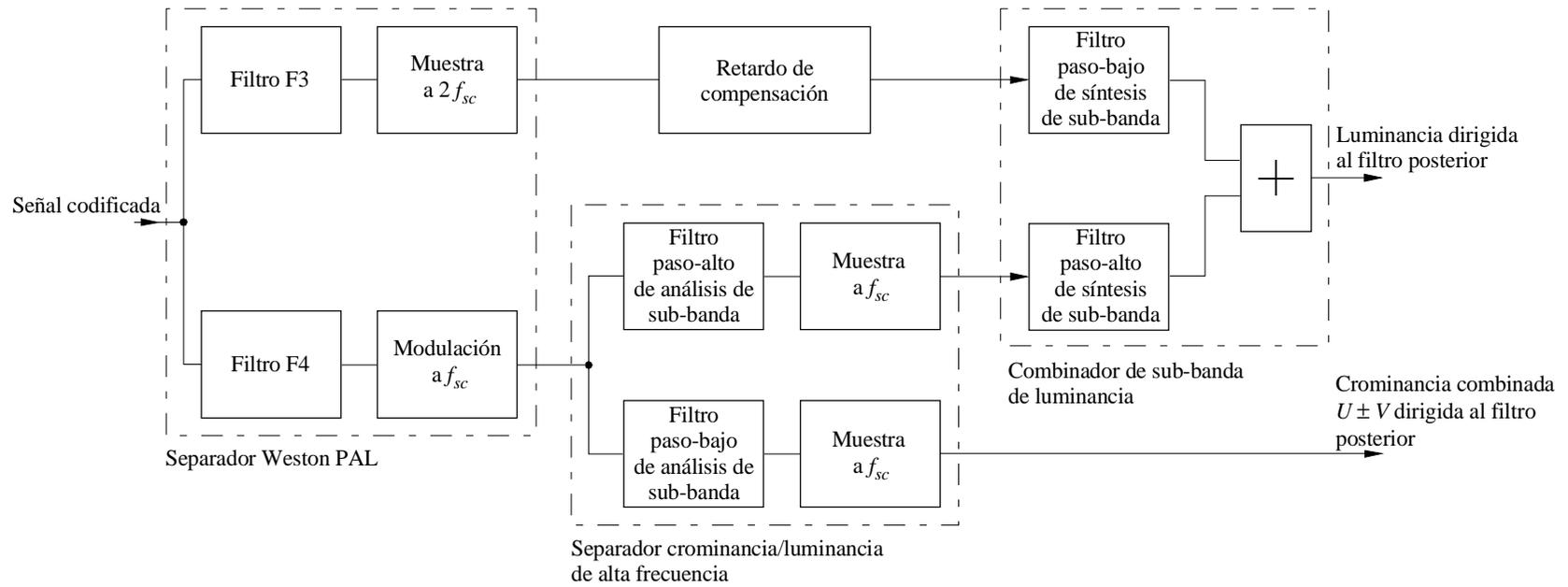


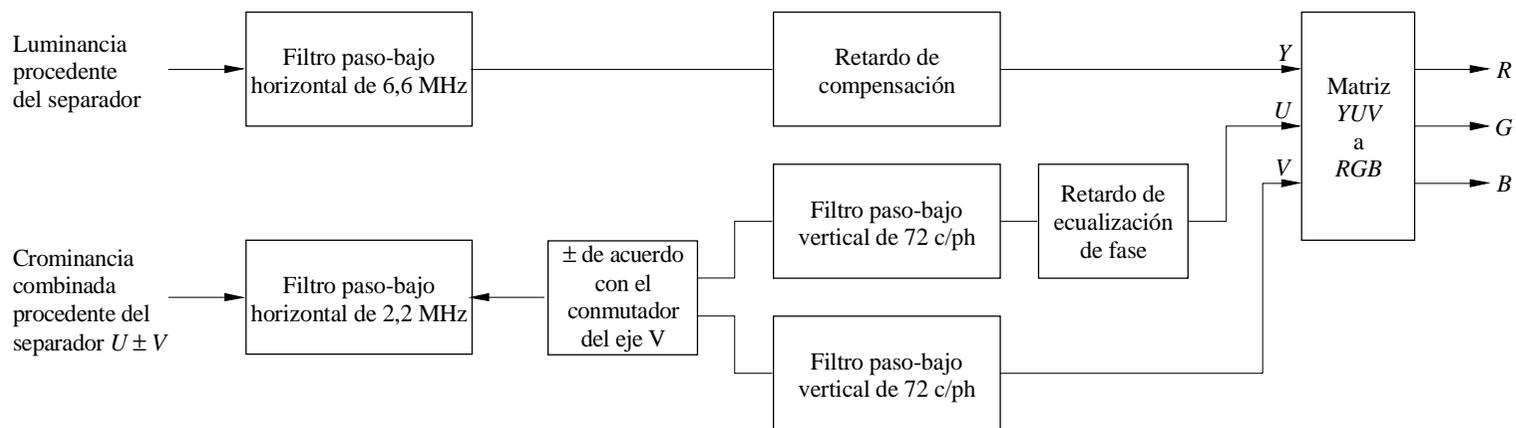
FIGURA 5

Diagrama de bloques de los circuitos para dividir la señal codificada en señales de luminancia y de crominancia combinada muestreadas



1117-05

FIGURA 6
Filtros posteriores en un decodificador



1117-06

El formato básico de la señal es exactamente igual al de las señales del sistema PAL convencional. Evidentemente, en zonas claras (donde sólo existen señales de luminancia y crominancia de muy baja frecuencia y no se produce variación de la crominancia de línea a línea), la señal es idéntica a una señal PAL normal. Por consiguiente, esta especificación no considera aspectos tales como niveles de señal, temporización de los impulsos de sincronización o fase de la subportadora.

La señal codificada se especificará definiendo las respuestas de los filtros y las redes de muestreo utilizadas en las Figs. 3 y 4. Las respuestas de los filtros de la Fig. 4 son más críticas que las de la Fig. 3 ya que determinan los detalles del espectro de la Fig. 1 y, en consecuencia, el grado en que las diversas partes de la señal codificada pueden separarse entre sí en un decodificador. Existen numerosos conjuntos de filtros utilizables que permiten una separación (casi) perfecta de las señales de los componentes en un decodificador utilizando el correspondiente grupo de filtros; sin embargo es necesario especificar un único conjunto de filtros para definir de manera precisa el formato de señal que puede codificarse y decodificarse empleando los equipos suministrados por los diferentes fabricantes.

3 Filtros previos y posteriores para la luminancia y la crominancia

En la Fig. 7 se representa una plantilla adecuada para el filtro paso-bajo previo de luminancia a 6,6 MHz. El filtro paso-bajo posterior en el decodificador (Fig. 6) puede tener la misma respuesta. La plantilla muestra que el filtro presenta una atenuación aproximada de 3 dB a 6,6 MHz ($3f_{sc}/2$), que es la frecuencia teórica a la que se muestrea la señal de luminancia. Ello permite que el resultado del filtrado previo y posterior sea equivalente al de aplicar un filtro de Nyquist (antisimétrico respecto a una ganancia de 0,5 a $3f_{sc}/2$), para evitar una pérdida de calidad en aplicaciones en las que una señal PAL de estudio ampliada se decodifica en sus formas componentes y posteriormente se vuelve a codificar en la misma fase de muestreo.

En la Fig. 8 aparece la plantilla adecuada del filtro paso-bajo previo de crominancia a 2,2 MHz. El filtro paso-bajo posterior en el decodificador (Fig. 6) puede tener la misma respuesta aunque puede ser preferible incluir un filtro de visión con un régimen de caída más suave para disminuir la visibilidad de las sobreoscilaciones horizontales. La plantilla muestra que la respuesta del filtro presenta una atenuación aproximada de 3 dB a $f_{sc}/2$ con objeto de que el resultado del filtrado previo y posterior sea una respuesta de tipo Nyquist, como se ha indicado anteriormente para la luminancia.

Los filtros previo y posterior verticales de la crominancia deben tener una ganancia unidad a 0 c/ph, un punto de corte teórico a 72 c/ph, y un nulo a 144 c/ph (c/ph significa ciclos/altura de imagen activa de forma que, por ejemplo, 144 c/ph es la frecuencia vertical más elevada que puede representarse en una sola trama). No se proporciona una plantilla para estos filtros puesto que la respuesta detallada que puede lograrse en la práctica vendrá determinada por la realización elegida. El filtro debe tener un retardo de grupo equivalente a un número impar de mitades de línea; ello es necesario para asegurar que la crominancia y la luminancia pueden sincronizarse verticalmente a la salida del codificador.

A partir de las señales de crominancia filtradas verticalmente se crea una señal de «crominancia combinada», consistente en líneas alternas $U + V$ y $U - V$, determinada por la polaridad del conmutador del eje V .

4 Filtros separadores de las sub-bandas de luminancia

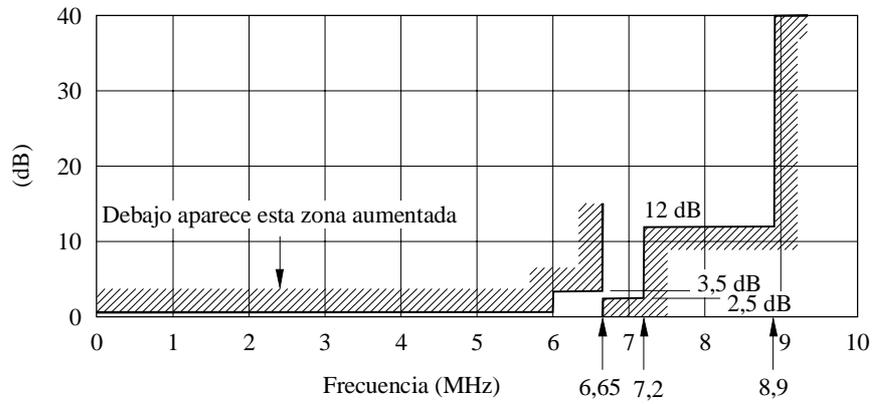
Los filtros utilizados para dividir la señal de luminancia en las partes de baja frecuencia y alta frecuencia en el codificador y recombinar estas partes en el decodificador son filtros de análisis y síntesis de sub-bandas bidimensionales. Cada filtro presenta una apertura vertical de dos líneas.

Los filtros pueden expresarse en términos de cuatro filtros unidimensionales: $L1_y$, $L2_y$, $H1_y$ y $H2_y$.

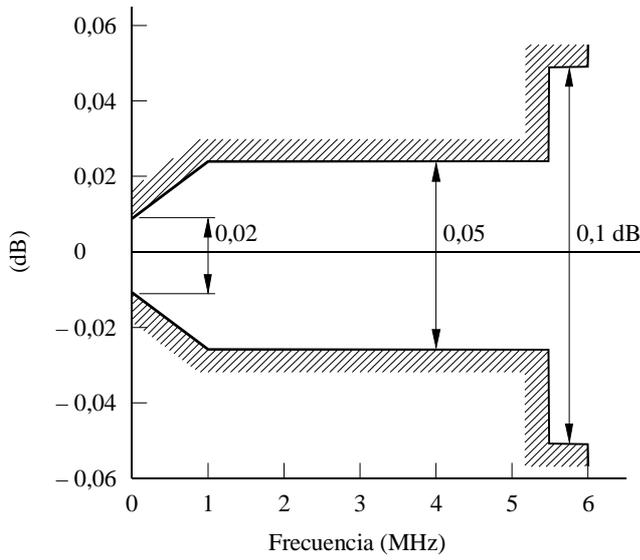
En las Figs. 9 y 10 aparecen las plantillas para los filtros $L1_y$ y $L2_y$. Se incluyen las plantillas del retardo de grupo fundamentalmente para completar la información; cabe esperar que estos filtros puedan realizarse como filtros digitales de respuesta a impulso finita (FIR) simétricos, presentando de esa forma un retardo de grupo exactamente cero. Para asegurar la mínima degradación de la señal de luminancia por un códec, $L1_y$ debe ser tal que $L1_y^2$ sea antisimétrico respecto a una respuesta de $1/2$ a $0,875f_{sc}$. De forma similar $L2_y$ debe ser tal que $L2_y^2$ sea antisimétrico respecto a una respuesta de $1/2$ a $1,125f_{sc}$.

FIGURA 7

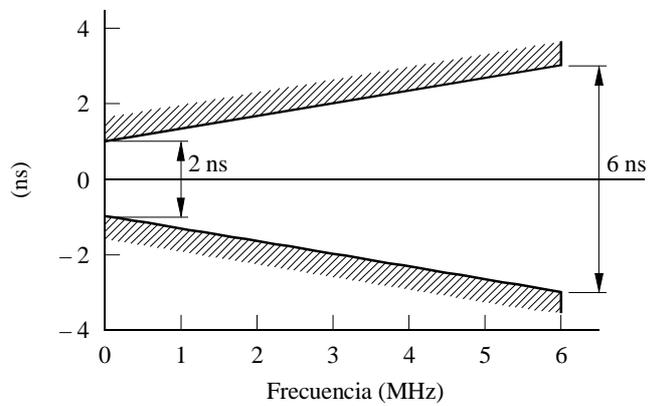
Respuesta en frecuencia del filtro previo y posterior de luminancia



a) Respuesta en frecuencia



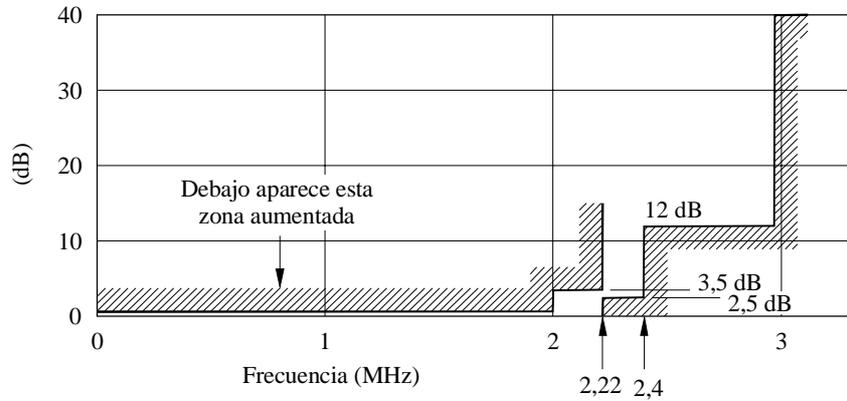
b) Rizado en la banda de paso



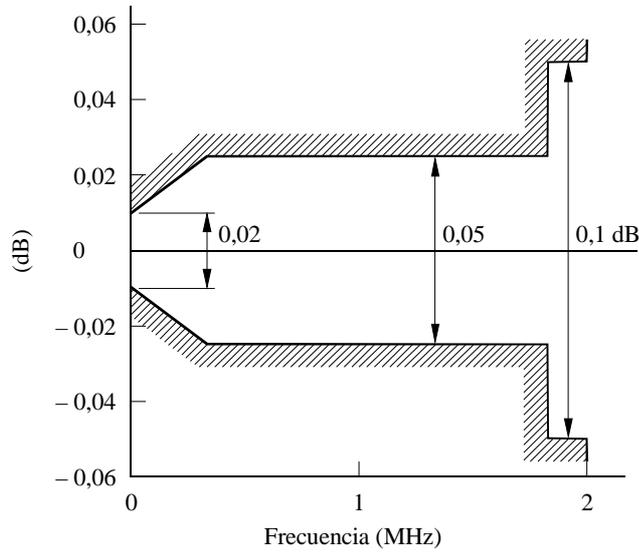
c) Retardo de grupo en la banda de paso

FIGURA 8

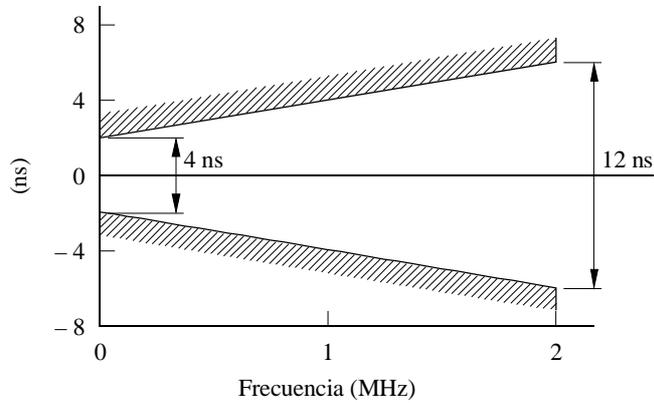
Respuesta en frecuencia del filtro previo y posterior horizontal de cromaticidad



a) Respuesta en frecuencia

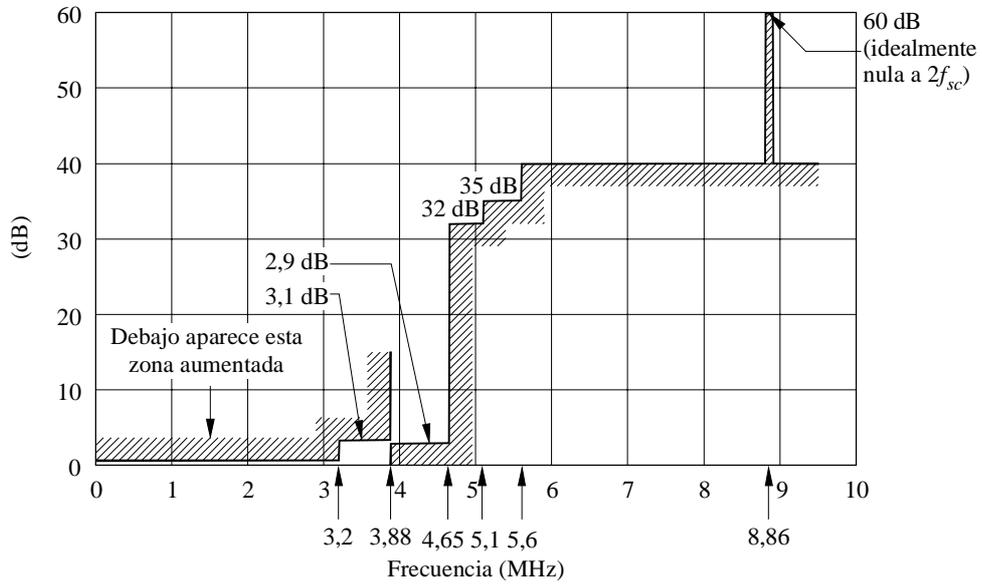


b) Rizado en la banda de paso

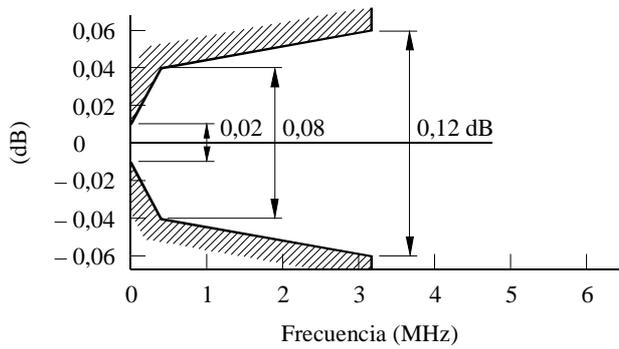


c) Retardo de grupo en la banda de paso

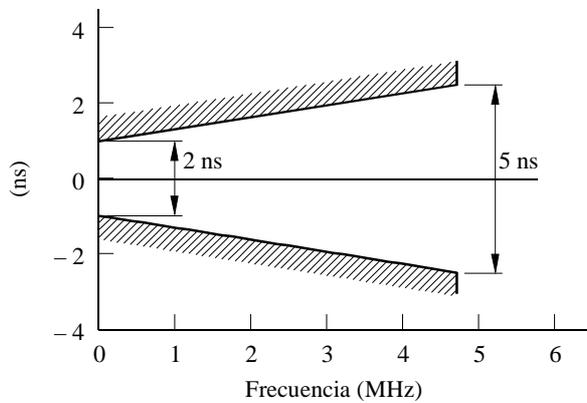
FIGURA 9
Respuesta en frecuencia del filtro $L1_y$ utilizado como separador de sub-banda de luminancia



a) Respuesta en frecuencia

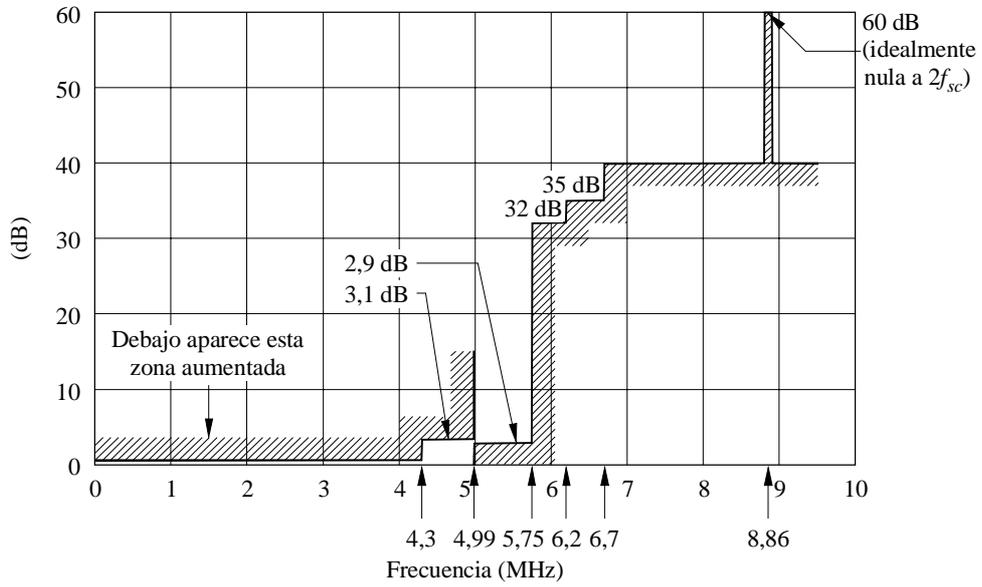


b) Rizado en la banda de paso

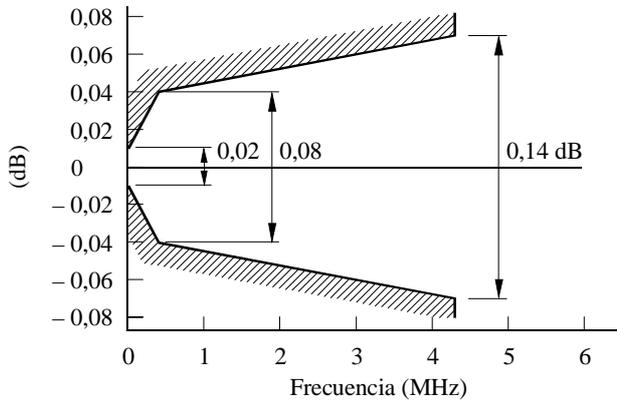


c) Retardo de grupo en la banda de paso

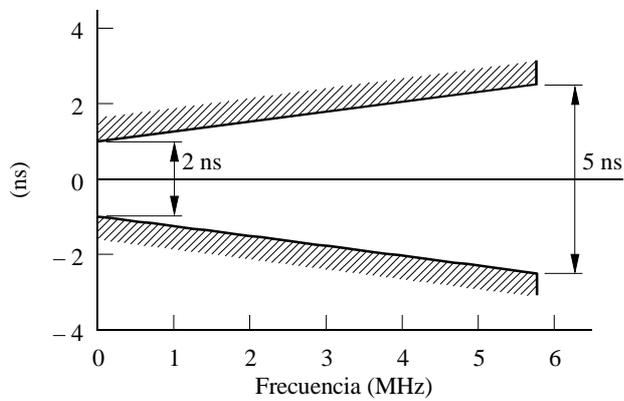
FIGURA 10
Respuesta en frecuencia del filtro L2_v utilizado como separador de sub-banda de luminancia



a) Respuesta en frecuencia



b) Rizado en la banda de paso



c) Retardo de grupo en la banda de paso

Los filtros H_{1y} y H_{2y} presentan respuestas que son el reflejo respecto a f_{sc} de las respuestas de L_{2y} y L_{1y} , respectivamente. Por ejemplo, si los coeficientes centrales de un filtro digital funcionando a $4f_{sc}$ que representan a L_{1y} son:

$$.. .. c_3 c_2 c_1 c_0 c_1 c_2 c_3 ,$$

los correspondientes coeficientes de H_{2y} son:

$$.. .. -c_3 c_2 -c_1 c_0 -c_1 c_2 -c_3$$

Los filtros de análisis en el separador de sub-bandas de luminancia en el codificador (Fig. 4) y los filtros de síntesis en el combinador de sub-bandas de luminancia en el decodificador (Fig. 5) se construyen a partir de los cuatro filtros L_{1y} , L_{2y} y H_{1y} y H_{2y} de acuerdo con el Cuadro 1:

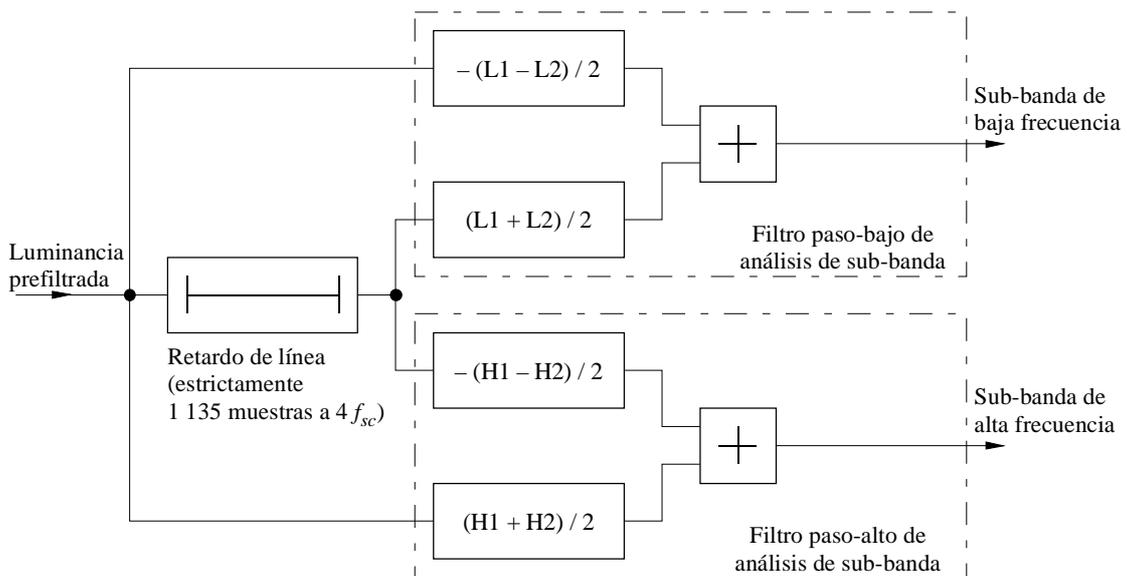
CUADRO 1

	Línea sin retardo	Línea con retardo
<i>Análisis:</i> paso bajo paso alto	$-(L_1 - L_2) / 2$ $(H_1 + H_2) / 2$	$(L_1 + L_2) / 2$ $-(H_1 - H_2) / 2$
<i>Síntesis:</i> paso bajo paso alto	$(L_1 + L_2) / 2$ $-(H_1 - H_2) / 2$	$-(L_1 - L_2) / 2$ $(H_1 + H_2) / 2$

En la Fig. 11 aparece un diagrama de bloques de los filtros separadores de sub-bandas de luminancia del codificador, de acuerdo con el Cuadro 1. A partir de las posiciones de las contribuciones de baja frecuencia puede deducirse que el filtro paso-bajo de análisis introduce un retardo de un periodo de línea a bajas frecuencias mientras que el correspondiente filtro de síntesis permite el paso de las bajas frecuencias sin introducir este retardo.

FIGURA 11

Diagrama de bloques del separador de sub-bandas de luminancia en el codificador



5 Filtros de sub-banda para combinar la crominancia y la luminancia de alta frecuencia

Se trata de filtros de síntesis de sub-bandas unidimensionales. Determinan el espectro de la señal codificada en la región alrededor de 6,6 MHz. El filtro paso-bajo de síntesis tiene una respuesta en amplitud que es máximamente plana en corriente continua y a f_{sc} y presenta una atenuación de 3 dB a $f_{sc}/2$. No hay apenas variación de fase y ello permite la combinación de los filtros de análisis y síntesis para lograr una perfecta reconstrucción y obtener una respuesta en amplitud de buen comportamiento con una apertura horizontal relativamente pequeña. La naturaleza plana de la respuesta asegura que no se transporta virtualmente ninguna información de luminancia de alta frecuencia en la región interpretada como crominancia por un decodificador PAL normal, gracias a la elevada atenuación del filtro paso-alto de síntesis en torno a la corriente continua. De esta manera se evita que la información de luminancia de alta frecuencia provoque la diafotía de la señal de color cuando se utiliza un decodificador PAL normal.

La Fig. 12 muestra una plantilla para la respuesta del filtro paso-bajo de síntesis que actúa como filtro paso-bajo en el codificador tras volver a muestrear la señal de crominancia muestreada desde f_{sc} hasta $2f_{sc}$.

El filtro paso-alto de síntesis se obtiene a partir del filtro paso-bajo de síntesis invirtiendo los coeficientes alternos, insertando un retardo de un ciclo de reloj a $2f_{sc}$ e invirtiendo de nuevo a continuación el orden de los coeficientes resultantes. Esta relación es bien conocida en el campo del análisis-síntesis de sub-bandas.

Los filtros de análisis utilizados para separar la crominancia y la luminancia de alta frecuencia en el decodificador se obtienen invirtiendo el orden de los coeficientes en los filtros de síntesis correspondientes.

La operación de muestreo de f_{sc} a la entrada de los dos filtros de síntesis consiste en multiplicar la señal por la función delta con un periodo de $1/f_{sc}$, de la misma fase que la subportadora de color. Si el codificador está constituido por circuitos temporizados a $4f_{sc}$, esta operación de muestreo se reduce a forzar tres de cada cuatro muestras al valor cero.

6 Ensamblador Weston PAL y filtros separadores

Estos filtros se especifican de forma similar a los filtros de análisis y síntesis de sub-bandas de luminancia, en términos de cuatro filtros unidimensionales: $L1_w$, $L2_w$, $H1_w$ y $H2_w$.

En las Figs. 13 y 14 se representan las plantillas de los filtros $L1_w$ y $L2_w$. Para completar la información se incluyen las plantillas del retardo de grupo. Se prevé que estos filtros puedan realizarse como filtros digitales FIR simétricos, presentando de esa forma un retardo de grupo exactamente cero. Para asegurar la degradación mínima de la señal de luminancia por un códec, $L1_w$ debe ser tal que $L1_w^2$ sea antisimétrico respecto a una respuesta de $1/2$ a $0,8f_{sc}$. De forma similar, $L2_w$ debe ser tal que $L2_w^2$ sea antisimétrico respecto a una respuesta de $1/2$ a $1,2f_{sc}$. Cabe observar las fuertes limitaciones de las respuestas del filtro a f_{sc} a fin de asegurar una buena compatibilidad con el sistema PAL normal.

Los filtros $H1_w$ y $H2_w$ se obtienen a partir de los filtros $L1_w$ y $L2_w$ de la misma manera que se ha descrito para los filtros de sub-bandas de luminancia.

Los filtros F1-F4 se construyen a partir de estos cuatro filtros de acuerdo con el siguiente Cuadro 2.

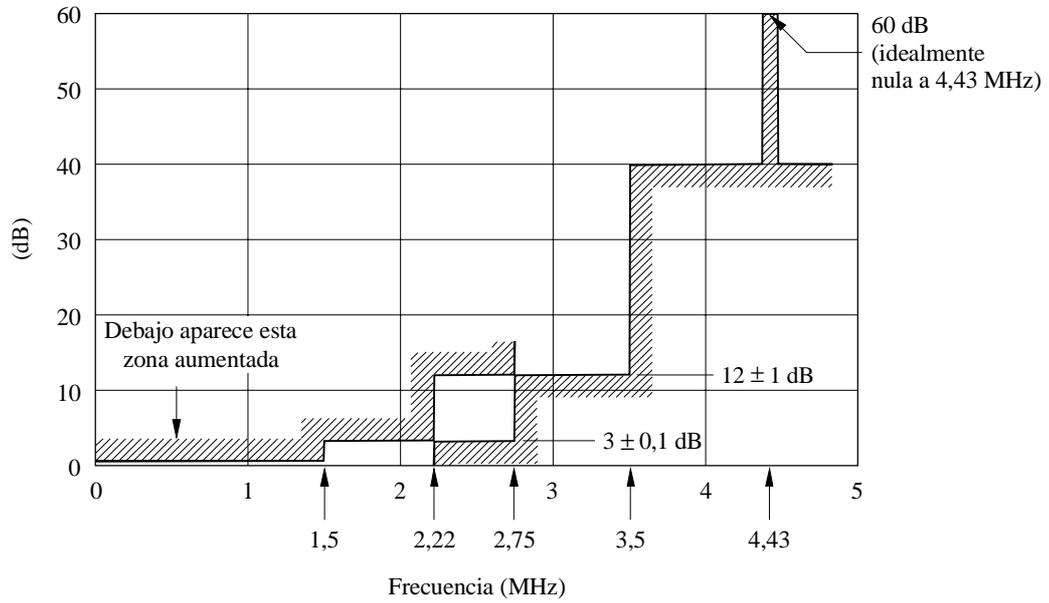
CUADRO 2

	Línea sin retardo	Línea con retardo
<i>Ensamblador:</i>		
F1 (paso-bajo)	$(L1 + L2) / 2$	$-(L1 - L2) / 2$
F2 (paso-alto)	$-(H1 - H2) / 2$	$(H1 + H2) / 2$
<i>Separador:</i>		
F3 (paso-bajo)	$-(L1 - L2) / 2$	$(L1 + L2) / 2$
F4 (paso-alto)	$(H1 + H2) / 2$	$-(H1 - H2) / 2$

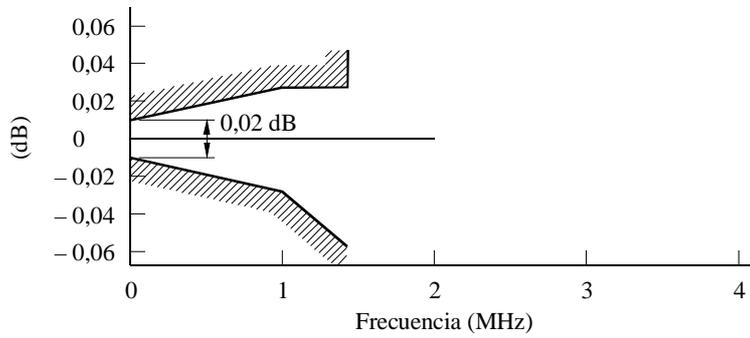
A partir de las posiciones de las contribuciones de baja frecuencia ($L1 + L2$) puede deducirse que F3 introduce un retardo de un periodo de línea en las frecuencias bajas de la luminancia y F1 permite el paso de las bajas frecuencias sin introducir dicho retardo. Los filtros F1 y F2 pueden realizarse de forma similar a la indicada en la Fig. 11.

FIGURA 12

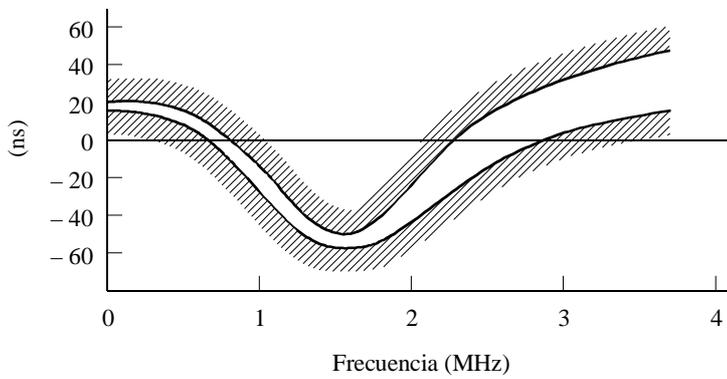
Respuesta del filtro paso-bajo de síntesis de sub-banda utilizado para combinar las señales de crominancia y de luminancia de alta frecuencia



a) Respuesta en frecuencia



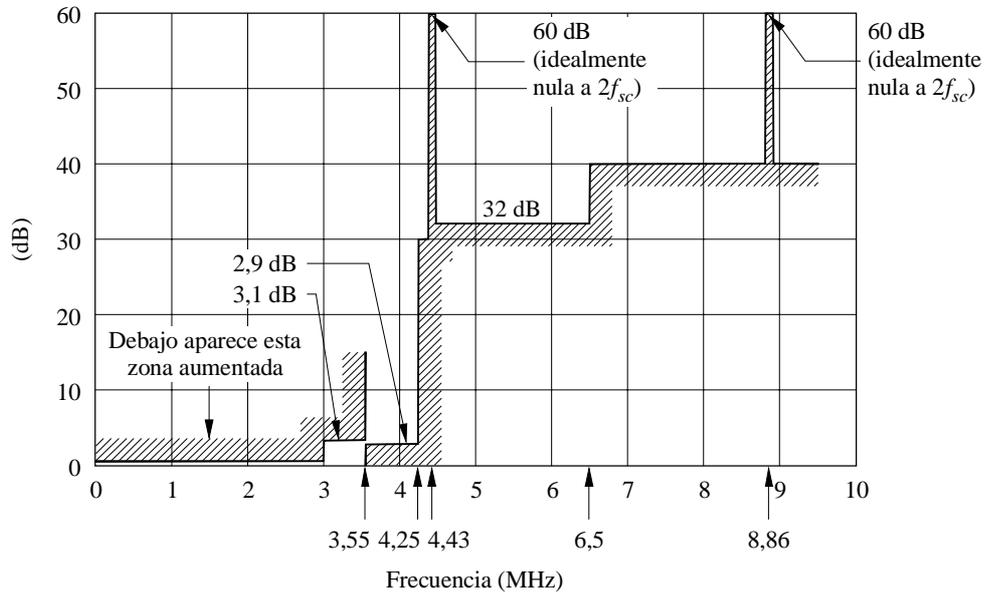
b) Rizado en la banda de paso



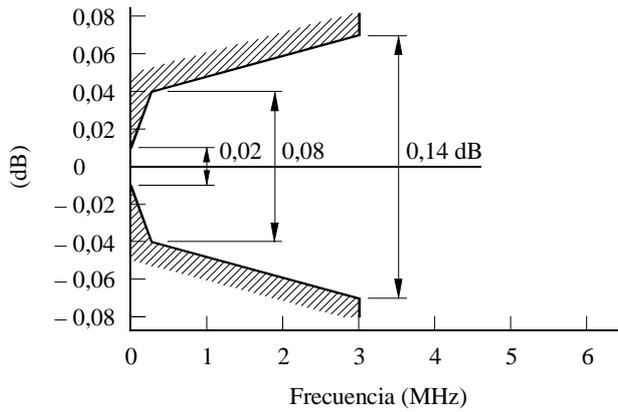
c) Retardo de grupo en la banda de paso

FIGURA 13

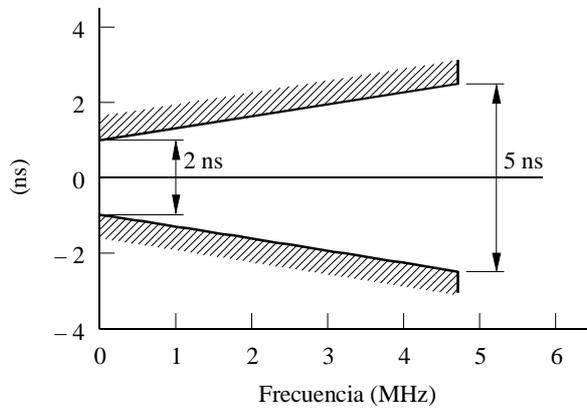
Respuesta en frecuencia del filtro $L1_w$ utilizado como ensamblador Weston PAL



a) Respuesta en frecuencia



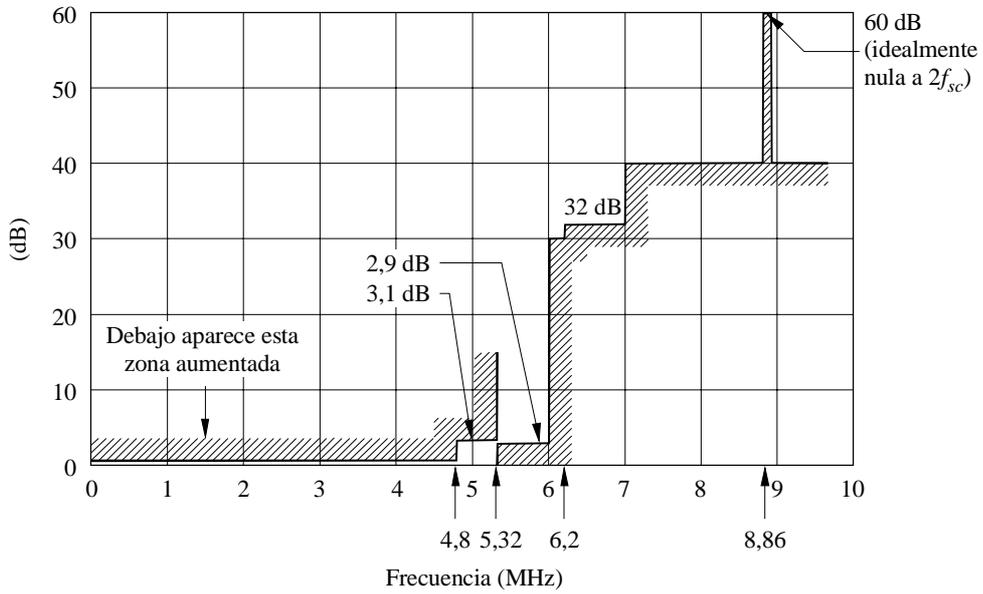
b) Rizado en la banda de paso



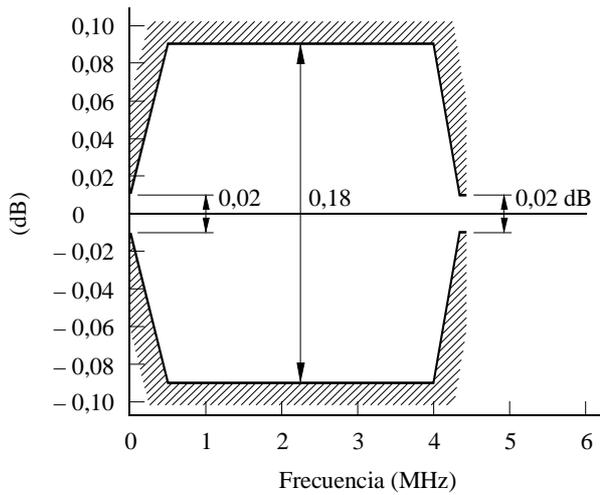
c) Retardo de grupo en la banda de paso

FIGURA 14

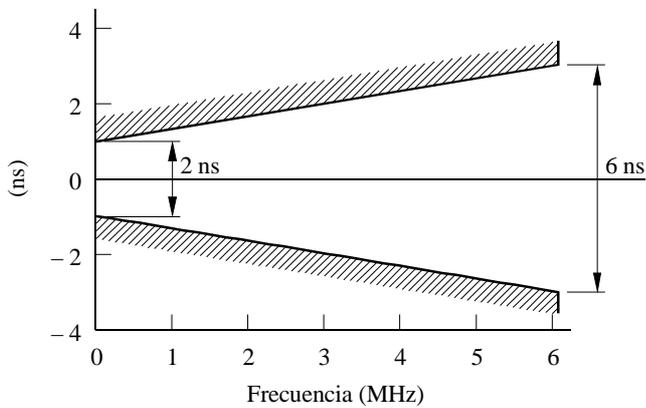
Respuesta en frecuencia del filtro $L2_w$ utilizado como ensamblador Weston PAL



a) Respuesta en frecuencia



b) Rizado en la banda de paso



c) Retardo de grupo en la banda de paso

7 Retardos de compensación

Los retardos introducidos en los trayectos de luminancia y crominancia del codificador deben ser iguales evidentemente para asegurar que la imagen codificada se registra de manera correcta tanto en los decodificadores representados en las Figs. 5 y 6 como en los decodificadores del sistema PAL normal.

El filtro paso-bajo de análisis de crominancia introduce un retardo de un periodo de línea mientras que F1 no introduce dicho retardo, como se ha explicado anteriormente. En consecuencia, los circuitos mostrados en la Fig. 4 introducen un retardo total de un periodo de línea en la señal de luminancia. El filtro F2 actúa como un filtro vertical con coeficientes de $-1/2$, $1/2$ a f_{sc} y, por lo tanto, introduce un retardo en la señal de crominancia de la mitad de la frecuencia de línea de trama.

Por consiguiente, la alineación vertical de la luminancia y la crominancia puede lograrse asegurando que la crominancia presenta un retardo vertical de la mitad de frecuencia de línea con respecto a la luminancia en los filtros previos de la Fig. 3 y los filtros posteriores de la Fig. 6. Si el filtro previo de crominancia vertical tiene un retardo superior a la mitad de una línea, será necesario introducir un retardo de compensación en el trayecto de luminancia. En las Figs. 3 y 6 se representan los retardos de compensación a estos efectos.

La alineación horizontal correcta exige la adición de varios retardos:

- La señal de luminancia debe retardarse 2 muestras a $4f_{sc}$ y la señal de crominancia V, 4 muestras (ambos retardos con respecto a la señal U) en los filtros previos de la Fig. 3. Estos retardos son una precorrección aproximada para el retardo diferencial introducido en U y V por la característica de fase del filtro F2 del ensamblador PAL y para la característica de retardo de grupo del filtro paso-bajo de síntesis de sub-banda utilizado para combinar la crominancia y la luminancia de alta frecuencia.
- Para asegurar la posición correcta de la señal principal de luminancia con respecto a las señales de luminancia de alta frecuencia y de crominancia, es necesario aplicar un retardo de compensación en serie con la señal que atraviesa el filtro F1 en la Fig. 4 y F3 en la Fig. 5. Este retardo compensa el retardo de propagación introducido por los filtros de sub-banda utilizados para unir luminancia y crominancia y por el sumador y el modulador a través de los cuales pasa la señal combinada. El valor del retardo dependerá del diseño exacto de los filtros.

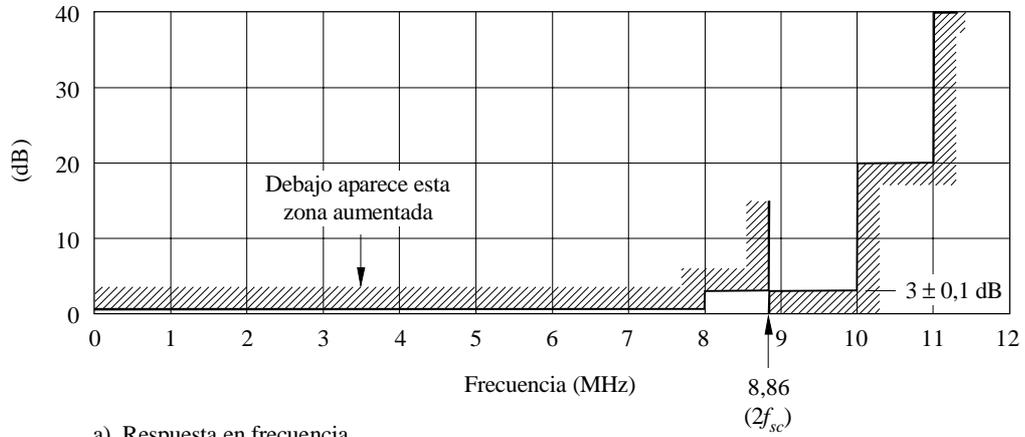
8 Filtro posterior tras el convertidor digital/analógico

Las respuestas en frecuencia del filtro posterior al convertidor digital/analógico a la salida del codificador y del filtro previo al convertidor analógico/digital a la entrada de un decodificador se eligen de forma que el producto sea aproximadamente el de Nyquist. En la Fig. 15 se representa la respuesta ideal del filtro posterior. Este filtro incluirá evidentemente un ecualizador con característica de $\text{sen}(x)/x$ cuya respuesta no se representa en la Figura. Cada filtro, excluyendo el ecualizador $\text{sen}(x)/x$, se diseña para que presente una respuesta de raíz cuadrada de Nyquist y una atenuación de 3 dB a $2f_{sc}$. El filtro previo al convertidor analógico/digital en el decodificador puede tener la misma respuesta.

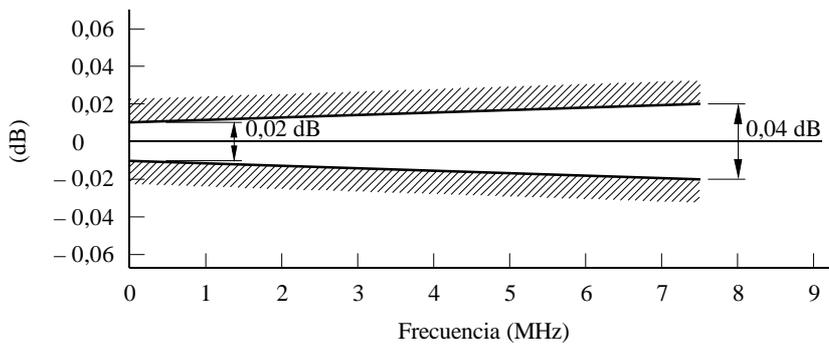
Aunque el filtro normalmente se realizará con circuitos analógicos, puede estructurarse de forma alternativa de manera digital sobremuestreando la señal y utilizando un convertidor digital/analógico y un convertidor analógico/digital que funcionen a las frecuencias más elevadas. De este modo será posible que el resultado del filtrado previo-posterior esté mucho más próximo a la respuesta de Nyquist, sin los problemas asociados al retardo de grupo no uniforme que aparecen con los filtros analógicos.

FIGURA 15

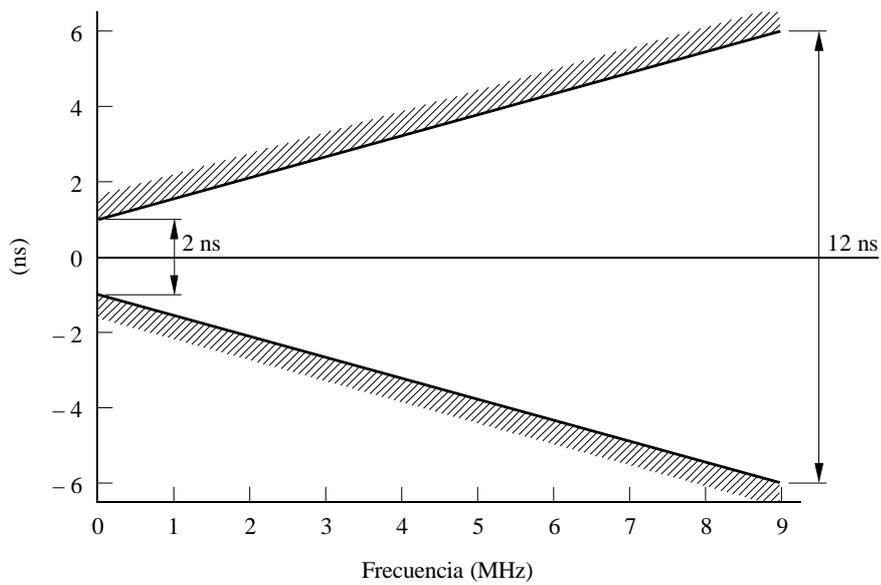
Respuesta en frecuencia del filtro posterior que sigue al digital/análogo
(sin tener en cuenta el ecualizador $\text{sen}(x)/x$)



a) Respuesta en frecuencia



b) Rizado en la banda de paso



c) Retardo de grupo en la banda de paso

APÉNDICE 1

AL ANEXO 2

Evaluación del sistema Com³ por la Unión Europea de Radiodifusión (UER)**1 Introducción**

Los futuros sistemas de distribución de radiodifusión con calidad mejorada y formato de imagen ancho, tales como los sistemas digitales, MAC y PALplus, requieren señales fuente de calidad «componente». La calidad de la señal producida normalmente por el equipo compuesto, aunque es satisfactoria para los medios de distribución convencionales, no será lo suficientemente buena para los sistemas mejorados. Por ello, la rápida introducción de los nuevos sistemas exigirá un nivel de inversiones de capital inaceptable para algunos organismos de radiodifusión que cuentan con una amplia infraestructura de producción de programas compuestos.

El sistema Com³ (Componente-Compatible-Compuesto) fue desarrollado por la British Broadcasting Corporation (BBC) para poder conseguir una calidad de imagen cercana a la de «componente» con una infraestructura de banda ancha o digital compuesta, lo que puede ser apropiado para un cierto número de organismos de radiodifusión. De esta forma se reduciría la carga del capital invertido, facilitando una introducción rápida y con éxito de los nuevos sistemas.

2 El sistema Com³

En la especificación del sistema se indican las siguientes características:

- resolución de luminancia comparable a la de la Recomendación UIT-R BT.601;
- resolución de crominancia isótropa para visualización con formato 16:9;
- completa libertad respecto a la diafotía de la señal de color y la diafotía de luminancia;
- la señal codificada puede utilizarse en la mayoría de los equipos PAL compuestos;
- la anchura de banda de luminancia horizontal de 5 MHz y la libertad respecto a los efectos cruzados se mantienen tras limitar la banda de la señal codificada a las anchura de banda del sistema PAL normal;
- la señal codificada puede decodificarse con decodificadores PAL convencionales con una disminución de la calidad apenas perceptible;
- la señal PAL/NTSC codificada de forma convencional puede decodificarse mediante el decodificador Com³ obteniendo una ligera mejora en la calidad.

El sistema NTSC presenta características similares si bien, tras la adecuada limitación en anchura de banda del canal, la anchura de banda de luminancia horizontal es correspondientemente inferior.

3 Disposición de los equipos para el experimento

El diagrama de bloques de la disposición de los equipos para llevar a cabo el experimento se muestra en la Fig. 16.

Se contó con una gama de fuentes de componentes, entre los que cabe citar retículas de frecuencia de luminancia y crominancia para explorar las respuestas en frecuencia del sistema, y extractos de vídeo con un formato de imagen 16:9 almacenados en forma de componentes en una unidad de disco Abekas y magnetoscopios D1 y Betacam. También se dispuso de fuentes de TVAD con conversión descendente en formato D1 para proporcionar escenas en movimiento de alta calidad. Además se invitó a los miembros del Grupo de Expertos a que trajesen consigo el material de prueba que desearan.

Se proporcionaron métodos para comparar los siguientes trayectos de codificación:

- codificación Com³ – decodificación Com³;
- codificación PAL convencional – decodificación PAL convencional;
- codificación Com³ – decodificación PAL convencional;

- codificación PAL convencional – decodificación Com³;
- codificación Com³ – decodificación PAL con retardo de trama;
- codificación PAL convencional – decodificación con retardo de trama.

El comportamiento de los sistemas Com³ y PAL para canales con anchura de banda limitada se estudió haciendo pasar la señal a través de un filtro paso bajo de 5,5 MHz, de un grabador D3 con filtros normalizados o de un grabador de formato VPR6 C a distancia. Se dispuso de dos magnetoscopios D3 para grabar y reproducir las señales Com³, uno con entrada normalizada y filtros de salida y otro con filtros modificados, (aproximadamente de semi-Nyquist a 8,8 MHz – dos veces la frecuencia subportadora de PAL).

Se contó igualmente con sistemas de presentación en 625 líneas y en TVAD. La presentación en 625 líneas consistió en un monitor profesional EV 1629 y la presentación en TVAD se realizó a través de un monitor SONY HDM 3830E de 38 pulgadas alimentado por un convertidor ascendente Snell & Wilcox HD5100. Esta disposición permitió la observación de la fuente, de la imagen compatible y de la imagen decodificada y la utilización del monitor SONY para TVAD fue una garantía de que el tubo de presentación visual no constituía un factor limitativo.

3.1 Secuencias de prueba

Para la evaluación se utilizaron las siguientes secuencias de prueba junto con una selección de secuencias naturales de mayor duración:

3.1.1 Newpat

Se trata de un modelo de prueba muy crítico que contiene tres señales de prueba distintas:

- Un barrido de frecuencia de luminancia bidimensional o zona plana en la cual la frecuencia horizontal aumenta verticalmente y la frecuencia vertical aumenta horizontalmente. Esta parte del modelo permite analizar la respuesta en frecuencia de la luminancia y pone en evidencia claramente cualquier fenómeno de repliegue del espectro o aparición de componentes de señal no esenciales tales como la diafotía de color.
- Zonas planas para las componentes de crominancia U y V que mantienen constantemente la luminancia; estas zonas también revelan el repliegue del espectro y la diafotía de luminancia.
- Una matriz de cuadrados de colores que realiza las transiciones entre los tres colores primarios y los tres colores complementarios, el blanco y el negro; esta parte del modelo permite realizar un análisis de la respuesta transitoria y del nivel de diafonía UV .

3.1.2 Noël

Consiste en una secuencia en movimiento con formato 16:9 originada en TVAD y con conversión descendente a las características de la Recomendación UIT-R BT.601. Se trata de un largo extracto de un programa de variedades que contiene varias zonas de colores saturados de gran detalle. Se utilizó para evaluar la resolución de crominancia subjetiva y para detectar efectos secundarios en la codificación del color, tales como la diafotía de luminancia.

3.1.3 Secuencia con diafotía de la señal de color

Es una escena en movimiento que comprende un conjunto de tejidos estampados, elegidos para excitar la diafotía de color gruesa y fina, y algunos tejidos de colores lisos que revelan la presencia de diafotía de luminancia. La cámara presenta una vista panorámica y se acerca y aleja de la escena.

3.1.4 Wimbledon

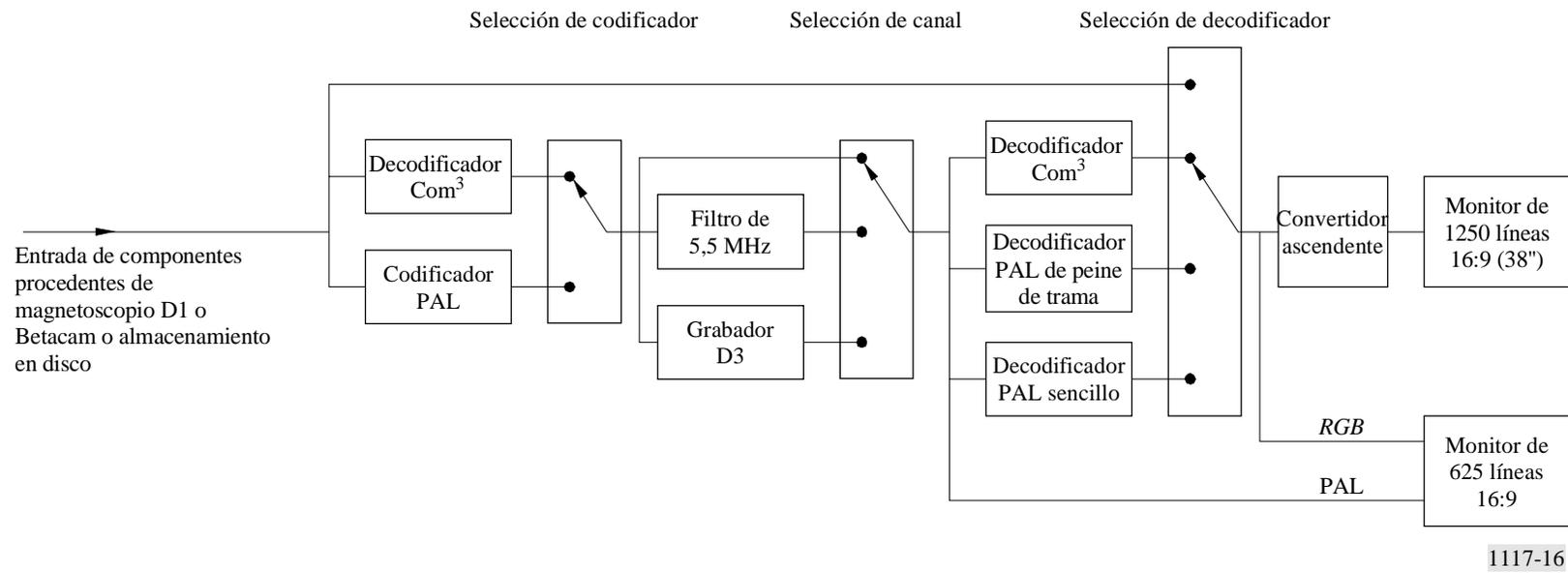
Se trata de una escena palindrómica de una panorámica de un grupo de espectadores en Wimbledon y fue creada para TVAD. Además de un alto nivel de detalle de luminancia contiene numerosas zonas de color de diverso tamaño, tinte y saturación, así como transiciones de crominancia (en la indumentaria de los espectadores). Se utilizó para evaluar el repliegue del espectro de la señal de luminancia, la diafotía de luminancia en zonas grandes y pequeñas y la anchura de banda de crominancia.

3.1.5 Puerta

Presenta una vista panorámica y acercamientos y alejamientos de la imagen consistente en una puerta de hierro forjado dorada de gran tamaño y con gran detalle. Se utilizó para evaluar los efectos cruzados y el repliegue del espectro de la señal de luminancia.

FIGURA 16

Diagrama de bloques de la configuración de los equipos para realizar la evaluación UER del sistema Com³



4 Evaluación por especialistas

4.1 Comportamiento con un canal plano (superior a 9 MHz)

4.1.1 Resolución estática de luminancia y crominancia

Utilizando la secuencia Newpat el grupo llegó a la conclusión de que la anchura de banda de luminancia de la señal Com³ decodificada era comparable a la de la fuente de componentes. Sin embargo, apareció un repliegue de las altas frecuencias móvil apenas perceptible en las frecuencias horizontales muy elevadas. Más tarde se vio que este efecto no era observable en las imágenes naturales.

4.1.2 Resolución de crominancia

La resolución de crominancia estática se evaluó utilizando las secciones planas de las zonas *U* y *V* del modelo de prueba Newpat. La resolución horizontal de la señal Com³ decodificada, a 2,4 MHz, fue ligeramente inferior a lo indicado en la Recomendación UIT-R BT.601. Se observó que las resoluciones vertical y horizontal de la señal Com³ eran aproximadamente iguales. Ello significa que la resolución vertical de la señal Com³ es aproximadamente la mitad que la indicada en la Recomendación UIT-R BT.601.

Esta pérdida de resolución de crominancia con respecto a la de la Recomendación UIT-R BT.601 también se observó con imágenes naturales críticas; por ejemplo, Wimbledon.

Se apreció una cierta sobreoscilación en las transiciones horizontal y vertical de los cuadrados de colores en la secuencia Newpat, pero este efecto no apareció en las imágenes naturales.

También se hizo una comparación entre el procesamiento Com³ y 4:2:0. Se vio que eran indistinguibles.

No se apreció diafotía de la señal de color o diafotía de luminancia perceptibles.

4.1.3 Resolución dinámica de luminancia y crominancia

Se estudiaron las resoluciones dinámicas de luminancia y crominancia del sistema utilizando una versión en movimiento de la señal de prueba Newpat. No se observaron efectos secundarios móviles o modificaciones en el comportamiento del sistema.

4.1.4 Compatibilidad con el sistema PAL convencional

Debían evaluarse dos tipos de compatibilidades: la posibilidad de que los decodificadores convencionales decodifiquen la señal Com³ y la posibilidad de que el decodificador Com³ decodifique una señal codificada del sistema PAL convencional. Se realizó la evaluación utilizando nuevamente el modelo de prueba Newpat e imágenes naturales.

4.1.5 Codificación Com³ seguida de decodificación PAL convencional

El modelo de prueba Newpat y las imágenes naturales, codificadas por el codificador Com³ se decodificaron mediante decodificadores profesionales sencillos del sistema PAL convencional con retardo de línea y retardo de trama.

En comparación con la codificación PAL-decodificación PAL, se produjo una disminución en la diafotía gruesa de la señal de color, se observaron niveles similares en la diafotía de luminancia, hubo una pérdida de resolución de la crominancia vertical y se apreció un ligero defecto en el registro de la crominancia horizontal.

En general hubo una pérdida de calidad apenas perceptible en las imágenes naturales.

4.1.6 Codificación PAL convencional seguida de decodificación Com³

Tras su decodificación por el decodificador Com³ se observaron el modelo de prueba Newpat y las imágenes naturales codificadas por el codificador PAL convencional.

En comparación con la codificación PAL-decodificación PAL, se apreció una zona de diafotía de luminancia de menor extensión. La diafotía de luminancia del borde se transfirió de los bordes horizontales (como en las barras de color normales) a los bordes verticales (como en las barras de color horizontales). Este comportamiento es similar al observado con decodificadores de línea no adaptativos o decodificadores PAL de peine de trama. También hubo un aumento en la diafotía gruesa de la señal de color.

En las imágenes naturales, donde la diafotía de la señal de color no es dominante, la calidad global de la imagen mejoró.

4.2 Comportamiento del sistema Com³ con un canal no plano

Como el sistema Com³ utiliza una anchura de banda de canal entre 4,4 y 8,8 MHz para aumentar la resolución de luminancia disponible, las distorsiones de fase en esta banda o las reducciones en la anchura de banda de canal provocan no sólo una disminución de la anchura de banda de luminancia disponible, sino también la aparición de efectos secundarios tales como repliegue del espectro de luminancia y efectos cruzados. La visibilidad de estos fenómenos secundarios depende de la magnitud de las distorsiones de fase y amplitud en el canal.

4.3 Comportamiento del sistema Com³ con una anchura de banda de canal de 5,5 MHz

Se eligió una limitación de anchura de banda de 5,5 MHz, representativa de las limitaciones internas de algunos equipos de procesamiento analógicos y digitales. También representa el límite nominal de muchos sistemas de enlace.

Con este filtro en el canal, la pérdida de resolución de luminancia, el repliegue del espectro de luminancia y la diafotia de luminancia fueron efectos claramente visibles en el modelo de prueba Newpat. En las imágenes naturales pudo apreciarse pérdida de resolución de luminancia, repliegue del espectro de luminancia y diafotia de luminancia en el borde.

La calidad de imagen en un sistema Com³ con una anchura de banda de canal de 5,5 MHz es, por consiguiente, inferior a la indicada en la Recomendación UIT-R BT.601, pero sigue siendo mejor que la del sistema PAL.

4.4 Comportamiento del sistema Com³ con una anchura de banda de canal intermedia

Se utilizó un grabador D3 normalizado con un filtro de entrada de aproximadamente 6 MHz de anchura de banda y un filtro de salida con una característica de caída ligeramente más amplia, que actúa fundamentalmente como un filtro para evitar el repliegue del espectro. A fin de mantener la suficiente anchura de banda para el sistema Com³ cuando se empleó interconexión analógica hacia y desde el dispositivo de videocinta fue necesario instalar filtros modificados. Cada uno de ellos debería tener, en teoría, una respuesta de semi-Nyquist a dos veces la frecuencia de subportadora (~8,8 MHz). Sin embargo, un filtro analógico puede proporcionar en el mejor de los casos solamente una aproximación a esa respuesta.

Una vez instalados los filtros modificados se produjo un repliegue del espectro de luminancia de bajo nivel y apenas perceptible.

Con los filtros normalizados el resultado fue ligeramente mejor que en el caso de la limitación de la anchura de banda a 5,5 MHz.

4.5 Comportamiento del sistema Com³ con distorsiones de fase en el canal

Se estudiaron dos tipos de distorsión de fase: un error de fase fijo entre la subportadora de crominancia y la ráfaga, tal como puede aparecer si se produce una falta de alineación en el mezclador, y una distorsión de fase en la banda crítica de 4,4 a 8,8 MHz, como la que puede aparecer en una línea de retardo incorrectamente alineada o Proc-amp.

Los efectos cruzados y el repliegue del espectro de luminancia fueron apenas perceptibles en la secuencia de prueba Newpat para una ráfaga de error de fase de 5° en la subportadora y fueron ligeramente molestos para 15°.

Los efectos cruzados y el repliegue del espectro de luminancia fueron apenas perceptibles para un error de fase de 25 ns entre 4,4 y 8,8 MHz y claramente visibles para un error de fase de 60 ns.

El sistema Com³ es menos tolerante, por consiguiente, a las distorsiones de fase que el sistema PAL convencional con decodificación con línea de retardo. Las distorsiones de fase producen efectos cruzados y repliegues del espectro de luminancia perceptibles en el sistema Com³, mientras que en el sistema PAL producirían barras de Hannover para una decodificación sencilla y pérdida de saturación para una decodificación con línea de retardo.

4.6 Comportamiento del sistema Com³ para grabación multigeneración

El efecto más significativo de la grabación multigeneración aparece cuando la señal Com³ se convierte a las normas de la Recomendación UIT-R BT.601 entre generaciones. En esas condiciones, la reducción de la resolución de crominancia vertical es el efecto dominante y aumenta con el número de generaciones como cabría esperar con conversiones repetidas entre codificaciones 4:2:2 y 4:2:0.

Ya se han descrito las consecuencias de las distorsiones de canal a causa de los filtros de interconexión analógicos y de nuevo cabe esperar que sean acumulativas. Se dispuso de una videocinta de grabación multigeneración con decodificación de acuerdo con la Recomendación UIT-R BT.601 entre generaciones y una ráfaga de error de fase conocido de un grado por generación. Dos generaciones dieron lugar a un ligero repliegue del espectro de luminancia y seis generaciones produjeron una diafotía de la señal de color de bajo nivel.

4.7 Mezcla de Com³ y PAL convencional

Se demostró el efecto de combinar las señales Com³ y las señales PAL mostrando una videocinta de un primer plano Com³ incrustado en un fondo Com³ con un borde de color (PAL convencional) generado internamente. El aspecto del borde coloreado fue el que cabía esperar según la evaluación de la codificación Com³ seguida de la decodificación PAL.

5 Conclusiones

Para el canal plano se cumplen las características atribuidas al sistema Com³.

A medida que el canal se aleja del ideal aparecen degradaciones y se ha estimado que el sistema Com³ es más crítico que el sistema PAL a este respecto.

ANEXO 3

1 Introducción

La presente Recomendación contiene dos planteamientos digitales y dos analógicos de la producción de material para la televisión mejorada 16:9 de 625 líneas.

Las indicaciones sobre las diferencias entre esos planteamientos son valiosas para las organizaciones que desean adoptar la producción de programas mejorados. En este anexo se presentan brevemente los conceptos de la producción en pantalla ancha a fin de aclarar en qué casos y en qué momento puede utilizarse cada opción.

2 Conceptos de producción en pantalla ancha

Antes de examinar los distintos tipos de formato de las señales de vídeo de estudio, se ha de comprender el carácter de la producción en estudio de 16:9.

2.1 Formato de imagen

El primer concepto se refiere a la diferencia básica entre los formatos 4:3 y 16:9. El único factor que determina esta diferencia es la conversión optoelectrónica espacial en el dispositivo de origen (cámara electrónica, cámara cinematográfica, telecine) y la conversión espacial electrónico-óptica inversa en el dispositivo de visualización (monitor de imágenes, receptor). El formato se controla con la forma del sensor de origen y la forma del dispositivo de visualización. La señal de vídeo intermedia de ambos formatos es similar y, sobre todo, ambas señales utilizan la totalidad de las 576 líneas de trama para la imagen activa.

La diferencia entre los dos formatos se pone de manifiesto sencillamente examinando una señal de origen de 16:9 en una pantalla de 4:3 normalizada, ya que verticalmente la imagen tiene la misma altura pero horizontalmente la imagen parece comprimida o «aplastada». La señal de 16:9 visualizada de este modo se suele calificar de «anamórfica». La geometría correcta se obtiene cuando una señal de 16:9 se visualiza en una pantalla de 16:9, o utilizando la alternativa poco onerosa de una pantalla de 4:3 con la exploración vertical reducida en un factor de 3/4 (muchos monitores de 4:3 tienen ahora un modo de exploración reducido de 16:9). No se ha de confundir este último modo con la presentación compatible de tipo «buzón» de estas imágenes en una pantalla de 4:3 que comprende un panel central de 16:9 de 430 líneas y líneas en blanco en las partes superior e inferior. El formato de buzón está reservado para transmisión compatible en 4:3 (como en PALplus) y ese buzón no es necesario en el estudio de producción de pantalla ancha.

2.2 Resolución

El segundo concepto se refiere a la resolución. La imagen de 16:9 se puede considerar como un aumento de la anchura de la imagen 4:3 normal. Por lo tanto, si cámaras de estos dos formatos filman la misma escena con la misma altura, la imagen de 16:9 contendrá información horizontal adicional. De ello se desprende que si las señales de vídeo correspondientes cumplen la misma especificación de temporización de 625 líneas normalizada, la señal de 16:9 debe tener una anchura de banda analógica mejorada o una mayor frecuencia de muestreo digital para obtener un grado de detalle (frecuencia espacial) similar de la escena reproducida. La anchura de banda pasa de 5 (5,5) MHz a 6,67 (7,33) MHz y la frecuencia de muestreo de luminancia digital pasa de 13,5 MHz a 18 MHz. En algunas circunstancias no se justifica un aumento de la anchura de banda para mejorar la resolución, en particular cuando los sistemas de transmisión de pantalla ancha limitan la anchura de banda a los actuales 5 (5,5) MHz (MAC y PALplus). Sin embargo, para los futuros sistemas de transmisión que comprenderán probablemente una conversión/elevación a TVAD, puede ser ventajosa una producción de programas de resolución mejorada. De forma similar, si versiones en 4:3 de especificación normal se extraen de un formato de 16:9, el original en pantalla ancha deberá tener una resolución mejorada.

2.3 Norma de estudio – de componentes o compuesta

Los sistemas actuales y futuros de transmisión en pantalla ancha requieren una entrada de componentes en los codificadores y, por lo tanto, el formato de producción ideal es el de componentes digitales. Muchos sistemas de producción ya instalados se basan en PAL compuesto, aunque este sistema no excluye necesariamente la producción en pantalla ancha. La sustitución de todos los codificadores y decodificadores PAL normalizados por equivalentes Clean PAL (PAL Limpio) permitiría la utilización de equipos PAL existentes y autorizaría una decodificación final a componentes con niveles despreciables de perturbaciones de codificación. Quizá no esté garantizada la rentabilidad económica de esta solución para la producción de estudio, y sea más favorable en las comunicaciones de estudio y entre estudios (red). Los formatos de transmisión PAL normalizado o de codificación de pantalla ancha no se deben utilizar para la producción de estudio de pantalla ancha.

2.4 Equipo de estudio

Con especificaciones de señal de vídeo similares para formatos de 4:3 y 16:9, parece que la mayor parte de los equipos de estudio actuales se pueden utilizar para producciones de pantalla ancha. Suponiendo que la transmisión final estará limitada en banda, se puede prescindir de los requisitos de resolución mejorada y se podrán utilizar los equipos existentes. Será inevitable modificar o renovar monitores de imagen y las cámaras, así como los equipos con funciones espaciales. Por ejemplo, los diagramas de barrido mixto exigirán una modificación de geometría para 16:9 (un diagrama circular 4:3 no modificado aparecerá elíptico en 16:9). Normalmente, no será necesario modificar los equipos con procesamiento espacial como, por ejemplo, amplificadores de distribución, matrices de encaminamiento y varios formatos de magnestocopia.

3 Formato de la señal de vídeo

Sobre la base de este análisis de los conceptos de producción en pantalla ancha, deberá quedar claro en qué caso y en qué momento se optará por cada uno de los formatos de señal de vídeo.

3.1 Sistemas digitales

Se considera que los sistemas digitales examinados cumplen las normas de componentes digitales de la Recomendación UIT-R BT.601.

3.1.1 Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A), muestreo de luminancia a 13,5 MHz

La norma de componente digital con una frecuencia de muestreo de luminancia de 13,5 MHz ha sido el pilar de la Recomendación UIT-R BT.601 desde que se redactó en 1982, cuando el formato era único y fijado en 4:3. Hay ahora un gran número de equipos instalados y una gran variedad de vendedores de equipos conformes a esta norma.

Si el requisito de producción es la radiodifusión en 16:9 utilizando uno de los formatos actuales propuestos de transmisión en pantalla ancha limitada en anchura de banda, la frecuencia de 13,5 MHz de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A) es adecuada para la producción en 16:9. La conversión entre los formatos puede tener limitaciones, y es posible que el material de archivo no tenga una resolución suficiente para los futuros sistemas de definición mejorada (TVDM) o TVAD.

Habrà que modificar las instalaciones actuales para adaptarlas a las diferencias espaciales entre los formatos 4:3 y 16:9. Los cambios más significativos se indican en el § 1.2 del Anexo 1.

No se deberán utilizar equipos que suplantán a equipos de componentes pero que tienen un proceso compuesto central con interfaces de codificación integrales.

Para las nuevas instalaciones habrá que tener en cuenta los equipos que funcionan a frecuencias de muestreo de 13,5 MHz y superiores si se prevé una adaptación ulterior a la resolución mejorada.

3.1.2 Recomendación UIT-R BT.601 (Parte B), muestreo de luminancia a 18 MHz

La Recomendación UIT-R BT.601 recientemente modificada contiene ahora una Parte B en la que se especifica detalladamente la norma de estudio digital mejorada que utiliza una frecuencia de muestreo de 18 MHz para la producción de estudio en pantalla ancha 16:9. Esta es, por lo tanto, la segunda opción de un formato de señal de vídeo digital. Existen equipos de estudio adaptados a esta norma, aunque actualmente hay un surtido limitado, si bien se puede facilitar una instalación de estudio completa. Las cámaras de 16:9 más recientes tienen una resolución de pixels CCD suficiente para el muestreo a 18 MHz.

La velocidad de datos de la producción de un estudio 16:9 que utiliza muestreo a 18 MHz se puede convertir para adaptarla a los códecs de transmisión de pantalla ancha existentes. El material de origen se puede archivar a las velocidades más elevadas y podrá adaptarse a futuras aplicaciones de TVAD y TVDM. Las señales de formato 4:3 normalizadas extraídas de originales a 16:9 tendrán la especificación completa de 13,5 MHz de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A).

3.2 Sistemas analógicos

Por supuesto, es perfectamente posible utilizar sistemas de componentes analógicos para la producción en pantalla ancha, siempre y cuando éstos puedan proporcionar una anchura de banda al menos igual a la del sistema de transmisión, y preferentemente superior. De este modo, los organismos de radiodifusión podrán utilizar esas instalaciones hasta que se efectúe la conversión a componentes digitales.

Es posible que algunos organismos de radiodifusión utilicen instalaciones PAL compuesto analógico (o digital) actuales para la producción provisional en pantalla ancha, antes de convertir sus instalaciones a componente digital. Esta opción es ahora posible gracias al desarrollo de sistemas Clean PAL que proporcionan una señal compuesta compatible con los equipos PAL normalizados existentes pero que puede decodificarse para recuperar una señal de componentes con perturbaciones de codificación despreciables. Todos los codificadores y decodificadores PAL existentes de la cadena principal de tratamiento de señales serán sustituidos por codificadores y decodificadores Clean PAL equivalentes. Esto comprende los equipos que suplantán a los compuestos pero tienen un núcleo de componentes con decodificadores y codificadores de interfaz integrales. Pueden utilizarse monitores de imagen con decodificadores PAL normalizado integrales, con excepción de los necesarios para la comprobación de la calidad. El coste de los codificadores y decodificadores Clean PAL es superior al de las unidades PAL normalizadas y se ha de examinar cuidadosamente la rentabilidad económica de esta solución.

Los sistemas Clean PAL se pueden utilizar de forma más rentable para enlaces de contribución y de distribución de señales de componentes de calidad a través de sistemas de comunicación o redes PAL normalizados. El coste de los pocos códecs necesarios resistirá la comparación con la onerosa sustitución de redes para funcionamiento con componentes digitales.

Ya se han incluido en esta Recomendación dos formas del sistema Clean PAL que son adecuadas para estas aplicaciones.

3.2.1 Com³ – Componente-compatible-compuesto

Esta opción se describe detalladamente en el Anexo 2. El sistema Clean PAL Com³ explota la anchura de banda de 8 MHz ampliada proporcionada por los sistemas de grabación de compuestos digitales D2 y D3 muestreados a $4f_{sc}$. La utilización de una nueva codificación de color junto con el sistema Com³ de anchura de banda de 9 MHz puede proporcionar una anchura de banda de luminancia de 6,6 MHz para la producción 16:9, que es equivalente a unos 5 MHz en 4:3 convencional. Una anchura de banda de 9 MHz se puede mantener generalmente en un entorno de estudio PAL para el cual Com³ es adecuado. En el caso de las rutas de comunicación en las cuales los enlaces pueden estar limitados a 5 (5,5) MHz, la anchura de banda de luminancia y crominancia de Com³ está reducida, si bien el sistema sigue estando exento de efectos cruzados. El Com³ es un sistema 4:2:0 que implica señales de diferencia de color en líneas alternadas, aunque en una anchura de banda de comunicación de 9 MHz tiene una calidad de funcionamiento de componentes que se aproxima a la de 13,5 MHz de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A).

3.2.2 MACP

La segunda opción Clean PAL es el MACP, que consiste en sistemas mejorados de codificación de color utilizados para transmisiones PALplus. La principal diferencia entre Com³ y MACP es que éste puede transmitirse en los 5 (5,5) MHz de un canal de comunicación PAL normalizado. Por lo tanto, puede utilizarse para producción en estudio y comunicaciones. El MACP se ha descrito en la Recomendación UIT-R BT.1197 – «Sistema de transmisión de televisión PAL de pantalla ancha mejorada (sistema PALplus)» como parte de la especificación del PALplus. El MACP es un sistema 4:1:1 que implica una anchura de banda de diferencia de color reducida y una pequeña pérdida de la resolución diagonal a altas frecuencias en zonas estacionarias, que se reduce a una luminancia de 3 MHz en zonas en movimiento. Varias pruebas subjetivas han demostrado que el MACP se aproxima a la calidad de componentes de 13,5 MHz de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A). Una variante del MACP podría proporcionar una anchura de banda de luminancia mejorada con el canal de comunicación más ancho correspondiente.
