

## CAPITULO III

### LA SEÑAL DE TELEVISION EN COLOR

#### 3.1 Cómo obtener una señal de color

Por cierto que si hacemos un balance de lo hasta aquí estudiado, llegaremos a la conclusión que hemos adquirido una serie interesante de conocimientos acerca de los elementos del sistema de televisión en color, y sobre todo en lo que a los fundamentos técnicos del color se refiere. Ahora podemos seguir adelante con nuestro estudio para adquirir nuevas nociones acerca de cómo se obtienen en el transmisor las señales que pueden dar origen a una imagen de color.

Es de nuestro conocimiento que de la suma de luces roja, azul y verde resulta luz blanca, pero ahora nos interesa definir todo con más precisión, y llegar a conocer qué cantidades de estas luces tenemos que aplicar, si efectivamente deseamos llegar a lograr luz blanca.

Como el ojo no tiene igual respuesta, digamos que no es igualmente sensible, a todos los colores, la mezcla para la luz blanca no resulta de sumar iguales cantidades de cada una de las fuentes de luz. En realidad debe hacerse en la siguiente proporción: 30% de rojo, 59% de verde y 11% de azul. Trate de recordar esta fórmula porque es de mucho interés y la repetiremos muchas veces a lo largo de nuestro estudio.

Si esta mezcla la obtenemos en un TRC de color, la pantalla del mismo aparecerá blanca tal cual oportunamente hemos visto. Entonces esta suma de luces, en tanto conserve la misma proporción, es similar a lo que se obtiene en un tubo para BN.

Pero ahora pensemos que la señal de video, en

los televisores de BN, lo que en realidad hace es producir variaciones en el brillo. Así llegamos a una conclusión.

La señal de video dentro del sistema de televisión en color resulta de una mezcla de los 3 primarios en la proporción que más arriba hemos anotado. Si nos manejamos con señales cuya amplitud se mide en volt, podemos decir que para obtener 1 volt de señal de video debemos tener 0,3 volt de rojo, más 0,59 volt de verde y 0,11 volt de azul. A la señal de video en los sistemas de televisión en color se la llama señal de luminancia y se abrevia: Y. Podemos escribir:

$$Y = 0,3 R + 0,59 V + 0,11 A$$

Hemos abreviado los 3 colores primarios designándolos por su inicial en cada caso.

#### 3.2 Una cámara para televisión en color

Una cámara para televisión en color resulta bastante simple de comprender en lo que su principio de funcionamiento se refiere, si bien es complicada desde el punto de vista de los dispositivos ópticos que debe contener. Pero dejando de lado las complicaciones, digamos que la cámara para color se compone de 3 cámaras comunes para BN. A cada una de estas cámaras se le coloca delante un filtro de color, que en cada caso corresponderá a uno de los colores primarios. Entendemos entonces que la disposición de cámaras sería la que se muestra en la fig. (3-1). Por cierto que el dibujo tiene solamente el propósito de dar una idea, puesto que en reali-

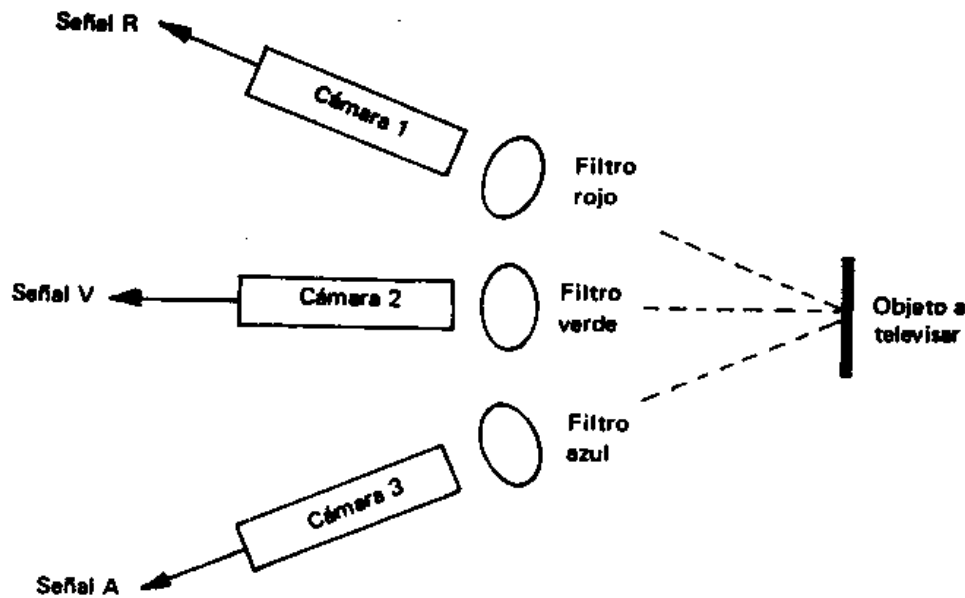


Fig. 3-1 Una cámara para televisión en color se compone generalmente de 3 cámaras comunes delante de las cuales se colocan filtros de color correspondientes a los primarios.

dad, la disposición óptica es muy compleja, tal como advirtiéramos, ya que tenemos un problema muy delicado para lograr que desde diferentes ángulos, las 3 cámaras puedan captar la misma escena y en toda su superficie.

Lo cierto es que podemos entender los fundamentos. Por ejemplo la cámara que tiene delante el filtro rojo captará únicamente lo que haya de luz roja en la escena, y lo propio ocurrirá con las restantes cámaras, dentro del color que en cada caso les corresponda.

Pero además tenemos otro problema muy evidente, y es lograr que si la escena refleja luz blanca, las 3 cámaras sumen sus respectivas señales, para así obtener la señal de luminancia, que corresponde al blanco. Para ello es necesario dar intervención a un tipo de circuito muy simple, que se conoce con el nombre de circuito matriz.

La fig. 3-2 nos permite ver cómo es el circuito matriz para obtener la señal de luminancia a partir de las 3 cámaras simples que constituyen a su vez la cámara tomavistas de color.

Los valores de las resistencias no son arbitrarios, ni tampoco es misteriosa la forma de calcularlas, ya que sólo se trata de que por el resistor  $R_C$  circule una corriente que se deba en un 30% a la salida de la cámara roja, en un 59% a la salida de la cámara verde y en un 11% a la salida de la cámara azul. Para ello la menor de las resistencias será la intercalada sobre la salida de la cámara verde, y la mayor resistencia estará sobre la salida correspondiente a la cámara azul. Un cálculo exacto sólo requiere emplear la ley de Ohm lo que suponemos es de su conocimiento. Tenga en cuenta, eso sí, que el valor de la resistencia  $R_C$  debe ser prácticamente desprec-

iable, frente a los valores de las demás resistencias.

Si la luz reflejada desde la superficie blanca que enfocaban las cámaras disminuye en intensidad, la salida de las 3 cámaras será proporcionalmente menor, pero siempre se mantendrá la misma relación en lo que hace a la salida de la cámara de color.

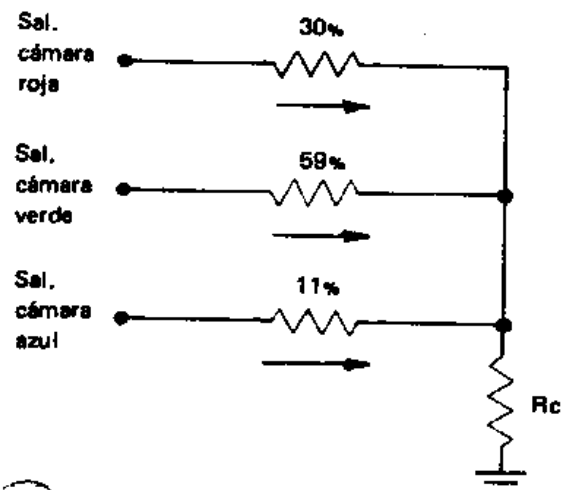


Fig. 3-2 Mediante este simple circuito matriz puede obtenerse la señal de luminancia. La proporción de señal que se toma desde la salida de cada cámara guarda relación con la contribución debida a cada primario para obtener luz blanca.

Hemos dado un importante paso adelante, ya que sabemos cómo obtener una de las señales que necesitamos, tal vez la más importante; pero de cualquier forma tenemos conocimiento de que necesitamos 3 señales para definir una cierta luz de color. Pensemos un poco, y no resultará muy complicado llegar a conocer como obtener las 2 señales

que nos faltan.

Con la señal Y que obtuvimos podemos hacer que el TRC de color funcione de tal manera que en la pantalla aparezca una imagen de BN. El motivo es que hemos logrado un perfecto equilibrio en la contribución de los 3 cañones, y en consecuencia nos es muy fácil entender que lo que tenemos que conseguir para lograr color, es que se produzca un desequilibrio, inclinando la contribución de la corriente debida a cada cámara hacia el color que deseamos. Existen varias formas para solucionar este problema. Veremos la más sencilla de todas que consiste en obtener las llamadas señales diferencia de color.

Efectivamente buscaremos 2 señales, una de las cuales tenga todos los integrantes de la luminancia restados a la totalidad de la salida de la cámara roja. La otra señal será igualmente la señal de luminancia con todos sus componentes pero esta vez la restaremos de toda la salida de la cámara azul.

A estas señales las representaremos (R-Y) y (A-Y). Como la resta de la señal Y se hace de la totalidad de la salida de las cámaras roja o azul, podemos escribir las siguientes fórmulas:

$$(R-Y) = 1R - 0,3R - 0,59V - 0,11A$$

Restando  $1R - 0,3R$  obtenemos  $0,7R$  y podemos escribir:

$$(R-Y) = 0,7R - 0,59V - 0,11A$$

a su vez con (A-Y):

$$(A-Y) = 1A - 0,3R - 0,59V - 0,11A$$

Restando  $1A - 0,11A$  obtenemos  $0,89A$  y nuevamente podemos escribir:

$$(A-Y) = 0,89A - 0,3R - 0,59V$$

Ahora nos queda como problema obtener estas señales para lo cual habrá que diseñar otros circuitos matriz, que incorporan una novedad.

La novedad consiste en que antes sumábamos señales y en cambio ahora tenemos que restarlas. Pero de inmediato salvamos la dificultad invirtiendo la fase de las señales afectadas con el signo menos. Para todo el que trabaja en electrónica es perfectamente conocido que la fase es invertida cuando las señales atraviesan un amplificador común. Por ejemplo, formado por una válvula entrando por reja y saliendo por ánodo, o con un transistor entrando por base y saliendo por colector. Luego el circuito matriz que corresponde para la señal (R-Y) será el mostrado en la vista A de la fig. 3-2 mientras que el propio de (A-Y) se da a ver en la vista B de la misma figura.

Lo que ahora tenemos que saber, es si efectivamente las 3 señales que disponemos en forma ex-

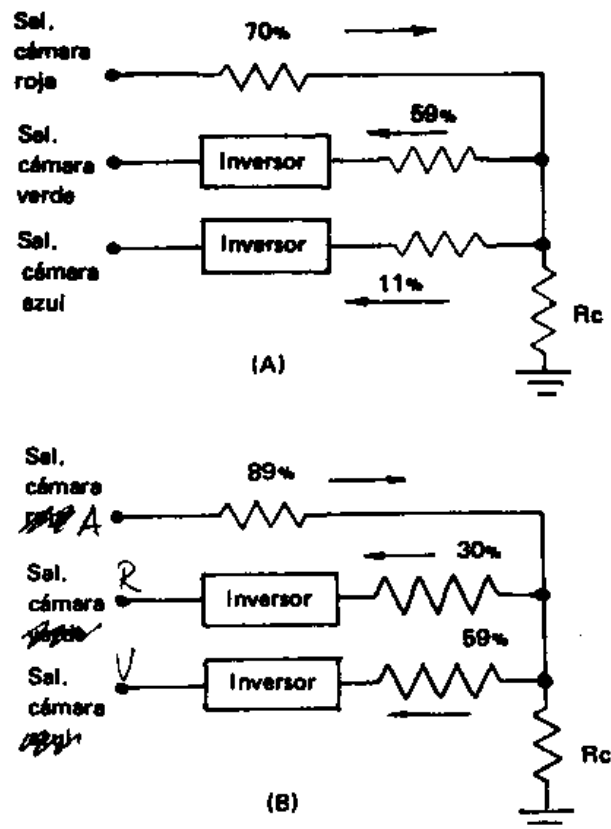


Fig. 3-2 Matrices para obtener las componentes de la señal de crominancia. A) Matriz para obtener (R-Y). B) Matriz para obtener (A-Y).

clusiva son adecuadas para obtener señales de color. Le demostraremos que efectivamente es así.

Supongamos que a la señal (R-Y) cuando llega al receptor, antes de aplicarla al TRC le sumamos la señal Y, que siempre la tenemos disponible. Es evidente que si antes la habíamos restado y ahora la sumamos la señal Y, desaparece ésta y queda solamente R. Esta es precisamente la señal que necesitamos aplicar al cañón rojo. Con (A-Y) hacemos lo mismo y el resultado será la señal A, que se aplicará al cañón azul. ¿Pero y qué hacemos con el cañón verde, al parecer olvidado?

Bueno, para llegar con señal al cañón verde tenemos que cumplir con un paso previo. Trabajar con las únicas señales que tenemos y que son: Y, (R-Y) y (A-Y). Así lograremos una nueva señal que precisamente será (V-Y).

Analícemos un poco lo que estamos haciendo. Nosotros llegamos por varios caminos a la conclusión que necesitamos 3 señales para obtener imágenes de color. Así es que trabajamos para obtenerlas y sólo estamos comprobando ahora si con ellas podemos arreglarnos. Pero las 3 señales son las que salen de los circuitos matriz de las fig. 3-2 y 3-3. Si ahora necesitamos (V-Y) debe quedar bien en claro que la deberemos obtener a partir de las únicas 3 señales que emite el transmisor.

Veamos cómo podemos lograr la señal (V-Y) de acuerdo con las limitaciones que tenemos. Pero primero sepamos como es, es decir, la fórmula que le correspondería, deduciéndola en la forma que hicimos para (R-Y) y (A-Y).

$$(V-Y) = 1V - 0,3R - 0,59V - 0,11A$$

Restando a 1V los 0,59V que contiene la luminancia, tenemos:

$$(V-Y) = 0,41V - 0,3R - 0,11A$$

Ya sabemos cómo es (V-Y), y ahora trataremos de obtenerla a partir de (R-Y) y (A-Y). Para ello vamos a tomar sólo una parte de ambas señales, atenuándolas por medio de un divisor resistivo en cada caso. (Fig. 3-4).

La atenuación que introducen  $R_1$  y  $R_2$  es tal que la señal (R-Y) es disminuída en amplitud de la misma manera que si fuera multiplicada en su totalidad por 0,51. Hagámoslo:

$$\begin{aligned} 0,51 (R-Y) &= 0,51 (0,7R - 0,59V - 0,11A) = \\ &= 0,36R - 0,30V - 0,056A \end{aligned}$$

La señal (A-Y) también la atenuamos, tal como hemos dicho, pero en distinta relación. Siempre en la fig. 3-4 vemos el correspondiente divisor resistivo conformado ahora por  $R_3$  y  $R_4$ . La disminución de amplitud que experimenta esta señal es equivalente a multiplicar toda la expresión por 0,19. Haciéndolo resulta:

$$\begin{aligned} 0,19 (A-Y) &= 0,19 (0,89A - 0,59V - 0,3R) = \\ &= 0,17A - 0,057R - 0,11V. \end{aligned}$$

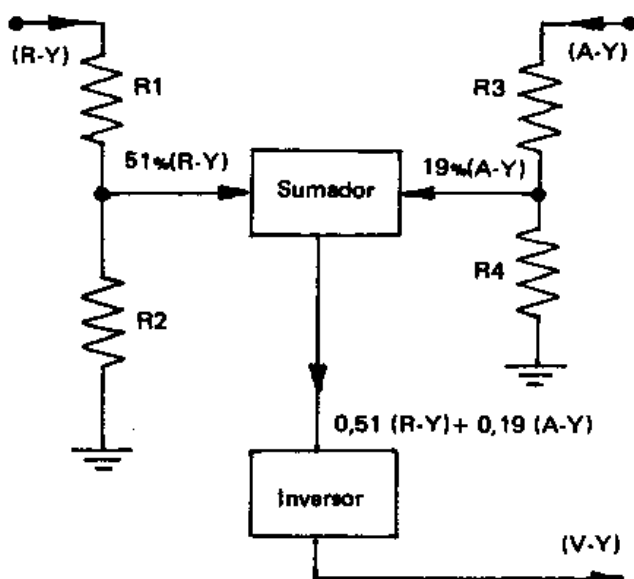


Fig. 3-4 Matriz para obtener (V-Y) a partir de (R-Y) y (A-Y).

Ahora a las 2 señales atenuadas las sumamos, para lo cual las aplicamos al circuito, siempre de la fig. 3-4, pero en la sección que denominamos sumadora. Por nuestra parte hacemos la suma aritmética de las amplitudes de cada color, es decir, rojo con rojo, verde con verde y azul con azul. Resulta, cuidando de respetar los signos:

$$0,51 (R-Y) + 0,19 (A-Y) =$$

$$\begin{aligned} &= 0,36R - 0,057R - 0,30V - 0,11V - 0,056A + 0,17A = \\ &= 0,30R - 0,41V + 0,11A \end{aligned}$$

Esta última expresión es igual a la expresión que habíamos obtenido para (V-Y) con la diferencia que todos sus signos están invertidos. Esto nos sugiere que si invertimos toda la señal tenemos ya, como nos habíamos propuesto, la señal (V-Y). La fig. 3-4 nos permite ver cómo se obtiene dicha señal y por cierto nos posibilita analizar los pasos parciales para obtenerla.

Tal vez le sorprenda amigo lector, pero Ud, ya conoce cómo es procesada la señal para obtener imágenes de colores. Efectivamente si ahora a (V-Y) le sumamos Y, tenemos lo único que nos faltaba para disponer de señales adecuadas para cada uno de los 3 cañones del TRC. Una nueva figura, ahora la 3-5 nos muestra lo que hemos logrado.

En la citada figura vemos que de un lado tenemos las 3 cámaras para BN dotadas de filtros y mediante las cuales obtenemos las señales R, V y A.

Estas señales son aplicadas a la matriz de luminancia de la cual sacamos una de las señales necesarias (la más importante) para el sistema de televisión en color. Luego procesamos las señales de salida de las cámaras para obtener (R-Y) y (A-Y) y ya estamos en condiciones de transmitir la señal de color. En el televisor recibimos por supuesto las 3 señales transmitidas, y por medio de un circuito similar al de la fig. 3-4 obtenemos una nueva señal que ahora necesitamos. Sabemos que se trata de (V-Y).

Tenemos 4 señales, puesto que a las 3 originales se agregó la última obtenida en el televisor. Una es la señal de luminancia y las otras 3 son las llamadas señales diferencia. A estas señales les restamos Y para así quedarnos con R, V y A que serán las señales para cada uno de los cañones del TRC de color. Esto es lo fundamental, y Ud, ya lo sabe. Repáselo todo lo que le parezca necesario, y entonces sí estamos en condiciones de seguir adelante.

### 3.3 ¿Qué pasa ahora si no hay color?

El televisor en color tiene que reproducir imágenes con todos los colores de la escena original,

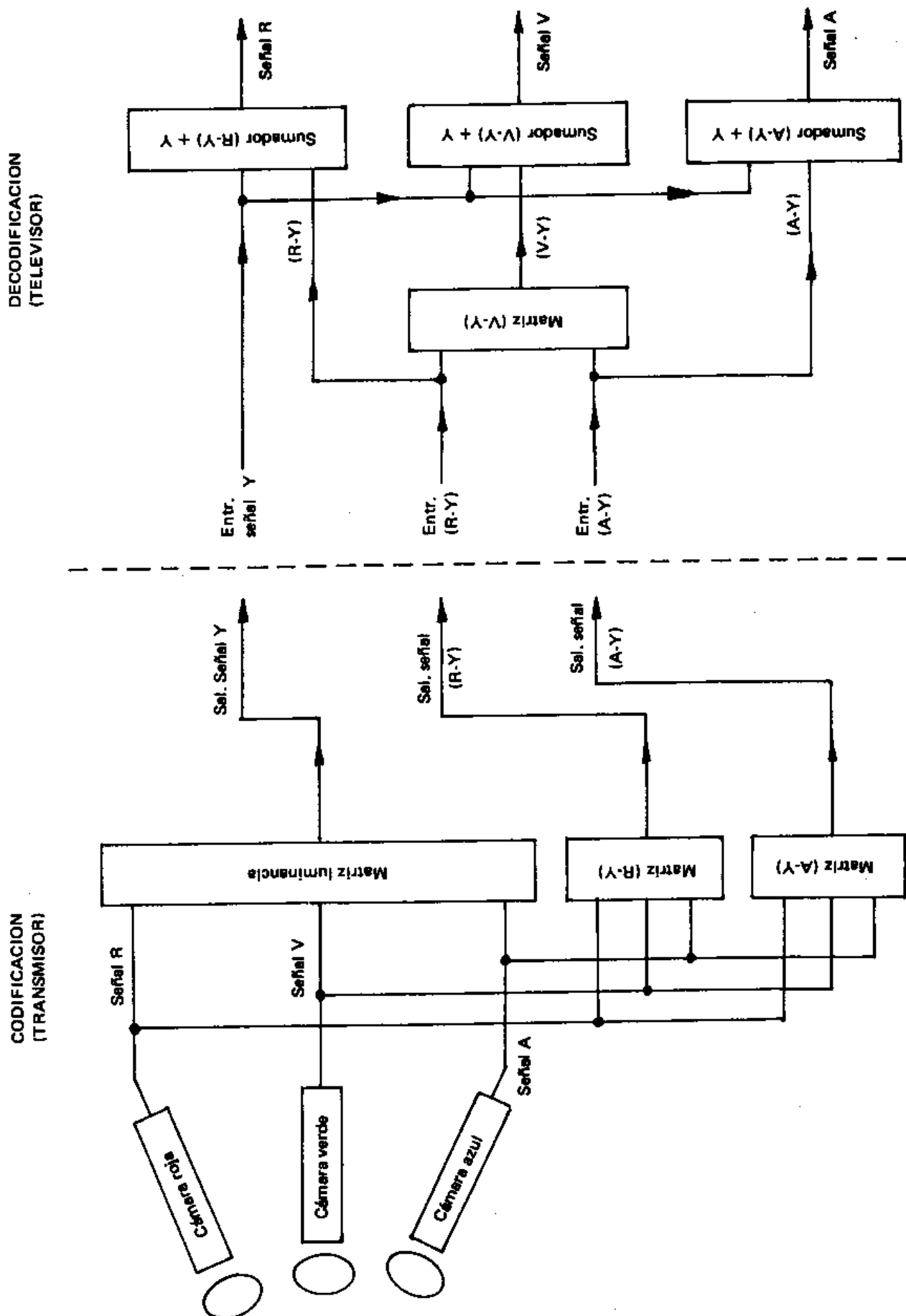


Fig. 3-5 Esquema del funcionamiento del sistema de televisión en color basado en la transmisión de las señales Y, (R-Y) y (A-Y).

y en algunos casos, esto significa que tendrá que reproducir una zona blanca.

Y al reproducir la zona blanca los colores tienen que estar perfectamente equilibrados cumpliendo con la fórmula de la luminancia que ahora repetimos:

$$Y = 0,3R + 0,59V + 0,11A.$$

Pero en tanto, si las señales diferencia tienen algún valor, podrían desequilibrar la señal Y haciendo que predominara un color y que en consecuencia la imagen dejara de ser blanca. Veremos qué pasa, cuando efectivamente se dan las condiciones expresadas por la fórmula de la luminancia. Es muy simple, sólo tenemos que hacer algunas restas.

La señal (R-Y), que analizaremos primero, era:  $(R-Y) = 0,7R - 0,59V - 0,11A$ .

Si efectivamente recibimos luz blanca y se cumplen los valores que tenemos asentados (R-Y) resulta igual a cero. Efectivamente  $0,7 - 0,59 - 0,11$  y es evidente que a este valor todavía tenemos que restarle 0,11; luego el resultado es cero.

Con (A-Y) sucede lo mismo. A 0,89 le restamos 0,59 y quedan 0,3. Luego de restar el coeficiente del rojo, que precisamente es 0,3 toda la expresión queda reducida a cero.

Luego, si la zona que exploramos es blanca y refleja luz blanca, la salida que tendrá el transmisor está dada por la fórmula de la luminancia en forma exclusiva. Las señales diferencia, tanto una como la otra, tienen valor nulo y por tanto no actúan. Luego, no hay crominancia.

### 3.4 ¿Y si hay color?

Es muy lógico que nos hagamos esta pregunta ya que para tener únicamente la señal de luminancia, igual a la señal de video, no necesitábamos nada relacionado con el color. La situación es diferente si tenemos que reproducir algún color. Supongamos que ahora es necesario reproducir una zona roja.

Mientras se explora una zona roja la única luz que llega a las cámaras es de dicho color, y no hay salida de señal desde las cámaras verde y azul, puesto que no reciben luz.

La luminancia en estas condiciones es  $Y = 0,3R$ . Siempre para la misma condición  $(R-Y) = 0,7R$  y  $(A-Y) = -0,3R$ .

Con los resultados que ahora tenemos cambian muchas cosas. Primero si se tratara de un televisor para BN que recibe esta señal, lo único que utiliza es la señal de luminancia ya que como hemos visto los televisores para BN carecen de circuitos de crominancia que son aquellos que responden a (R-Y)

y a (A-Y). Pero la señal de luminancia tiene un valor de 0,3 en lugar del valor 1 que poseía cuando la imagen era blanca. Esto significa que en tanto sea reproducido el rojo, el brillo será menor, y el tubo para BN lo reproducirá como un gris moderado. Efectivamente sabemos que es así.

Pero y en el televisor de color ¿Qué pasa?. Antes de contestarle tenemos que ver qué valor tiene la señal que nos falta, es decir, (V-Y).

Repetimos la fórmula correspondiente y tenemos  $(V-Y) = 0,41V - 0,3R - 0,11A$ . Como sólo hay salida de la cámara roja  $(V-Y) = -0,3R$ .

Ahora podemos contestar qué sucede cuando hay un color, más precisamente qué pasa cuando la luz reflejada es exclusivamente roja.

Para encontrar la señal que destinamos a cada cañón tenemos que sumar a las señales diferencia la señal Y, que en este caso vale 0,3. Empecemos por el cañón rojo.

La señal (R-Y) valía en este caso 0,7 y si le agregamos el valor de la luminancia igual a 0,3; obtenemos 1. Esto quiere decir que al cañón rojo le aplicamos el total de la señal. Las otras 2 señales diferencia tienen el mismo valor: (-0,3) y cuando les sumamos el valor de la luminancia que también es 0,3 pero de signo positivo, resulta que obtenemos cero. Esto nos confirma que los cañones verde y azul estarán inactivos y por ser el cañón rojo el único con señal, la pantalla se iluminará con dicho color.

Pero igualmente podría suceder que la zona que refleja color en un determinado momento sea de un color compuesto, no de un primario como en el caso del rojo. Es muy interesante que veamos lo que sucede, a modo de ejemplo, con el amarillo.

Como conocemos perfectamente, el amarillo resulta de la suma de rojo y verde. Esto nos dice que en tanto se refleja luz amarilla, estarán en actividad 2 cámaras. La roja y la verde. En estas condiciones la luminancia tiene por valor:

$$Y = 0,3R + 0,59V$$

Y las señales diferencia quedarán expresadas por:

$$(R-Y) = 0,7R - 0,59V$$

$$(A-Y) = -0,3R - 0,59V$$

Si dejamos las iniciales de colores de lado y nos limitamos a anotar las cifras correspondientes a los coeficientes, tenemos:

$$Y = 0,89 \quad (R-Y) = 0,11 \quad (A-Y) = -0,89$$

Pero además de estas señales que son las enviadas por el transmisor mientras la cámara recibe luz amarilla reflejada, tenemos que tener en cuenta la

señal (V-Y) que se obtiene a partir de las 3 señales transmitidas, Resulta:

$$(V-Y) = 0,41V - 0,3R \text{ y limitándonos a las cifras:}$$

$$(V-Y) = 0,11.$$

Ya estamos en condiciones de calcular todo. La señal de luminancia tendrá una amplitud de 0,89 que si bien es inferior a la unidad (máximo brillo) es una cantidad próxima a la misma, lo que nos confirma que el amarillo es un color de alto brillo. En el caso de un televisor para BN la zona de este color tendrá un gris muy próximo, por su brillo, al blanco. El cañón rojo tendrá una señal que resulta de sumar la luminancia (0,89) a el resultado obtenido en este caso para (R-Y) y que es igual a 0,11. Dicha suma da 1, es decir que el cañón rojo estará a máxima actividad.

Para el cañón azul en las condiciones que estamos investigando teníamos que sumar el valor de la luminancia al valor adquirido por (A-Y). Vemos que se trata de 2 cantidades iguales pero de signos opuestos y en consecuencia el resultado es cero, lo que en la realidad significa que el cañón azul permanecerá cortado.

Para el cañón verde, iguales consideraciones nos dicen que tenemos que sumar  $0,89 + 0,11$  cuyo resultado es 1, y nuevamente tenemos este cañón también activo, con toda su salida.

El resultado final es la actividad conjunta de los cañones rojo y verde. Se producirá en el TRC luz de ambos colores y como consecuencia de la mezcla obtenemos amarillo.

Creemos que los resultados, tan concluyentes, habrán entusiasmado al lector y que sus deseos serán comprobar lo que ocurre con otros colores. Efectivamente, que así proceda sería muy interesante. Todo el trabajo que haga lo familiarizará más con el sistema de televisión en color.

### 3.5 Anímemonos a transmitir los colores

Es muy conveniente que nos animemos a transmitir los colores. Después de todo, el sistema de televisión tiene por objeto transmitir imágenes y ahora lo que tenemos que estudiar es la forma en que podemos transportar desde el estudio al televisor, las señales capaces de dar imágenes en color.

Tenemos bases adecuadas para ello puesto que sabemos captar una imagen de color por medio de 3 cámaras comunes con filtros adecuados y posteriormente elaborar las señales con ayuda de circuitos matriz, inversores, sumadores, etc.

Así es que, tal cual sabemos tenemos que manejarlos con 3 señales: Y, (R-Y) y (A-Y). Más precisamente nuestro problema es transmitir estas señales. De inmediato entendemos que algo ya es-

tá resuelto desde hace mucho tiempo. Efectivamente Y es la señal de video y en consecuencia sabemos que está presente en toda transmisión de televisión, y si ahora la llamamos de otra forma es para cumplir con algunas de las exigencias del color. Por ejemplo, la que se refiere a la suma de componentes de los colores primarios que la definen. Entonces todo el problema se reduce a posibilitar la transmisión de (R-Y) y de (A-Y). ¿Será esto posible? ¿De ser posible, será sencillo? Estas y otras preguntas que indudablemente el lector se estará planteando son muy interesantes, pero no se las contestaremos. Nos limitaremos a enseñarle cómo funciona todo y luego las preguntas de ahora se las contestará Ud. mismo.

Lo cierto es que tal como habíamos adelantado existe el problema de transmitir 2 nuevas informaciones dentro del canal reservado para las señales de video. Pero el canal de video tiene un ancho de banda de 4 MHz aproximadamente, y los necesita íntegramente para brindar la nitidez que requerimos de las imágenes. Aparentemente no nos podría ceder nada para transmitir las señales propias del color.

Afortunadamente esto es cierto sólo en parte. El canal de video necesita efectivamente los 4 MHz, pero ello no quiere decir que no se pueda utilizar algo para el color, las señales se comportan de una manera que es bastante común en otros aspectos de nuestra vida cotidiana. Necesitamos algo, pero no lo utilizamos totalmente, dejamos desperdicios. Y esos desperdicios pueden ser, utilizados inteligentemente, de gran valor.

De todos los ejemplos a los que podemos recurrir para dar una idea gr. de cuál es la realidad con las señales de video y las características de su utilización recurrimos a uno que nos parece el más adecuado.

Supongamos que una casa de artículos deportivos tiene que dimensionar un embalaje para despachar pelotas de fútbol y que las mismas deban enviarse infladas. Por cierto que el ejemplo podría aplicarse a cualquier objeto de forma esférica. Si las esferas tienen un determinado diámetro, quien fabrique el cajón de embalaje puede calcular las dimensiones interiores con toda facilidad de acuerdo con la cantidad de cuerpos esféricos que deba enviar. Supongamos que para ello hace el dibujo que damos a ver en la fig. 3-6.

Evidentemente las medidas del cajón no podrían ser menores, en un sentido, de las que muestra el muy sencillo dibujo. En conclusión se necesita dicha medida así como la señal de video necesita los 4 MHz de los cuales hemos hablado. ¿Pero el cajón está aprovechado de manera tal que no pueda enviarse en él algo más? Evidentemente no, si se trata de algo más chico que las esferas que

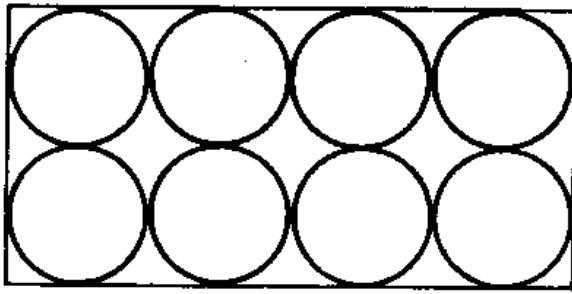


Fig. 3-6 Espacio necesario para encerrar 8 esferas.

mostramos, existe espacio disponible. Así podríamos llegar a la situación que da a ver la fig. 3-7 en la cual llenamos los espacios vacíos dejados por las esferas grandes, con otras esferas, por ejemplo pelotas para golf, que pueden enviarse en el mismo embalaje.

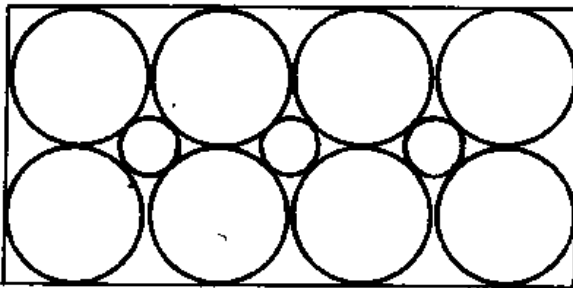


Fig. 3-7 En el mismo espacio necesario para encerrar 8 esferas pueden alojarse esferas de menor tamaño.

Esto un tanto risueño por lo simple y evidente, adquiere una importancia fundamental si lo trasladamos a la televisión en color. Como la información de crominancia es posible transmitirla con un ancho de banda considerablemente inferior a la señal de video, puede alojársela en zonas del espectro del canal que la señal de video no utiliza normalmente. Claro que para ello hubo que estudiar un poco más que para hacer el cajón de embalaje de la casa de artículos deportivos. Pero no por ello dejaremos de entenderlo con la misma claridad.

La fig. 3-8 muestra cómo se distribuye la energía de una señal de video a lo largo de los 4 MHz en que se extiende el canal que incluye todas las frecuencias componentes necesarias para obtener la definición a la cual estamos acostumbrados. En realidad la ilustración está dividida en 2 partes. Por un lado tenemos la vista total de cómo se distribuye la energía en forma total, pero además vemos el detalle de qué es lo que ocurre entre 2 zonas de máxima concentración de energía. Luego, vemos como queda una zona vacía que muy bien podría ser utilizada para transmitir la crominancia.

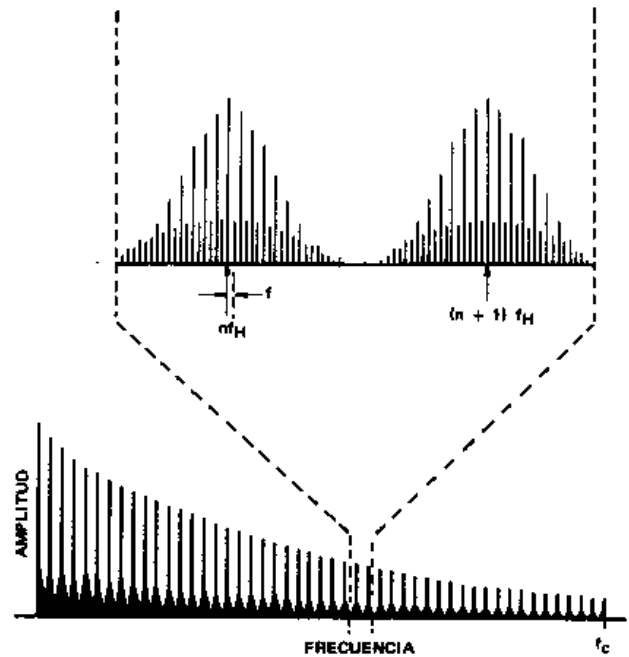


Fig. 3-8 Forma en que se distribuyen las armónicas de una señal de video. El detalle amplificado permite apreciar que existen zonas capaces de albergar otra información sin interferir con la información de video.

Ahora bien, la crominancia tampoco tiene una distribución de frecuencias que podamos llamar maciza. Por el contrario, también tiene huecos y con la coincidencia de que los huecos propios se repiten con los mismos intervalos que los huecos de la señal de video. Todo ello hace que la energía de ambas señales pueda entrelazarse en la forma que mostramos en la fig. 3-9.

El máximo de amplitud para la crominancia se dispone allí donde la energía de video deja de ser muy grande y esto en términos técnicos hace que la frecuencia portadora de la crominancia tenga que estar casi al final del canal de video. Un poco más allá de los 3,5 MHz. Más precisamente cerca de 3,58 MHz.

Nos alegramos de saber como podemos transmitir la crominancia sin molestar al resto de la información de video, pero nuestra alegría dura poco. Nos damos cuenta que necesitamos transmitir 2 informaciones, y no sólo una como hasta el momento hemos solucionado.

Pero el ingenio de los que inventaron el NTSC no se detenía ante obstáculos, tan pequeños para ellos. Y de inmediato encontraron cómo proceder. Recurrieron a transmitir las 2 informaciones de la crominancia sobre una sola portadora.

Es indudable que esta gente sabía mucho, pero también es cierto que era capaz de poner sus conocimientos a trabajar, cosa que muy frecuentemente no todos podemos hacer.

En definitiva se recurrió a un esquema que po-



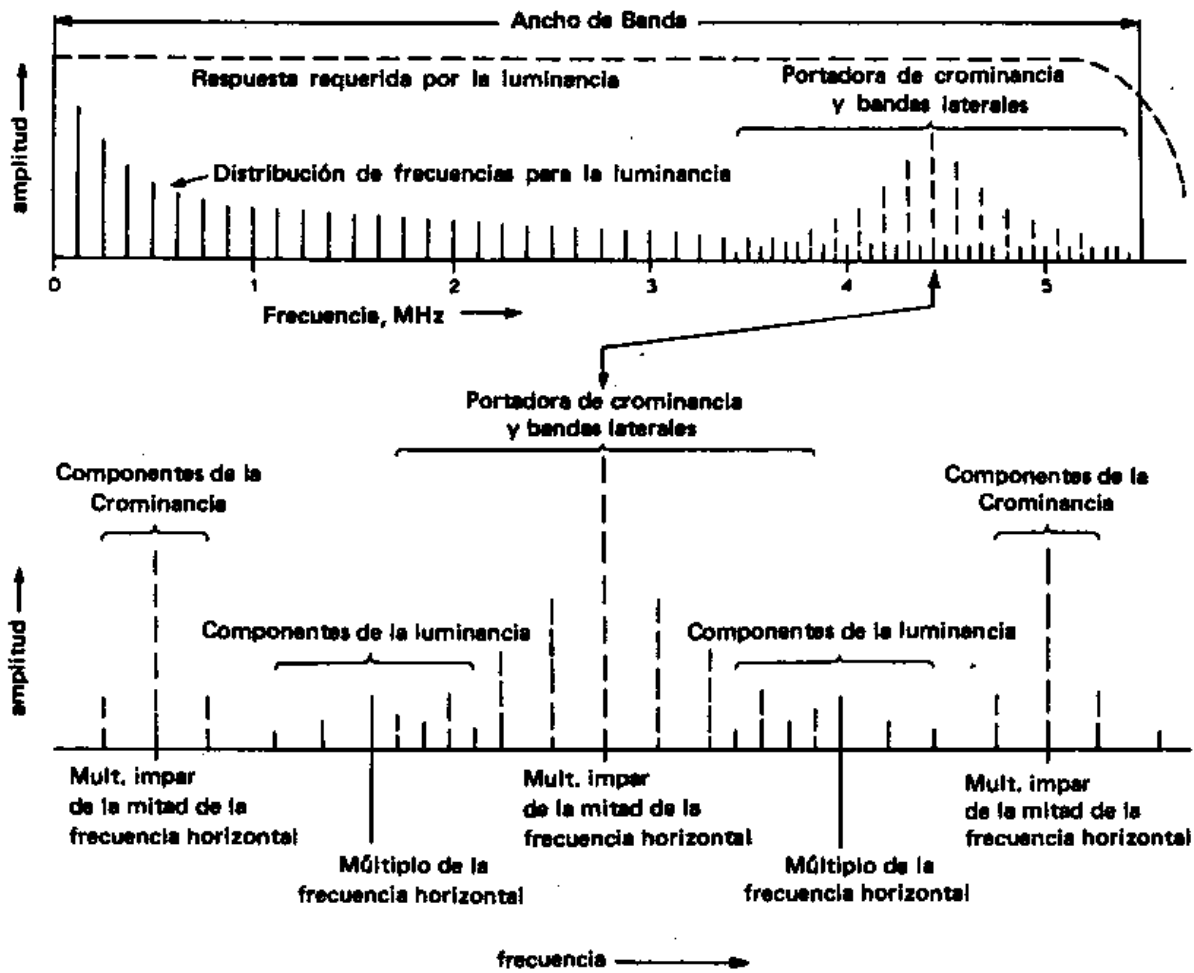


Fig. 3-9 Detalle del espacio entre armónicas de las señales de luminancia y crominancia.

demostramos entender con ayuda de la fig. 3-10. Se trata de trabajar con 2 moduladores uno para cada señal y que trabajan con la misma frecuencia portadora de 3,58 MHz. Pero entre uno y otro modulator, la portadora es desfasada 90°. En estas condiciones la teoría permite demostrar que se pueden transmitir 2 informaciones sobre la misma frecuencia y sin que se interfieran entre sí.

Llegados a este punto queda por ver cómo las 2 señales transmitidas pueden ser recuperadas en el receptor. Muy simplemente con un sistema demodulador, o detector, que en la práctica queda dispuesto como da a ver la fig. 3-11. Nuevamente tenemos 2 demoduladores, uno para cada señal y la portadora que aplicamos a uno y a otro guarda correspondencia con la portadora empleada para modular en el extremo transmisor.

Le diremos otra cosa más. La modulación que hemos representado en la fig. 3-10 se hace en un tipo especial de moduladores, caracterizados por su cualidad de suprimir la portadora, ya que en su salida sólo existen bandas laterales. Se trata de algo muy común actualmente en telecomunicaciones, sobre todo en bandas donde existe el peligro

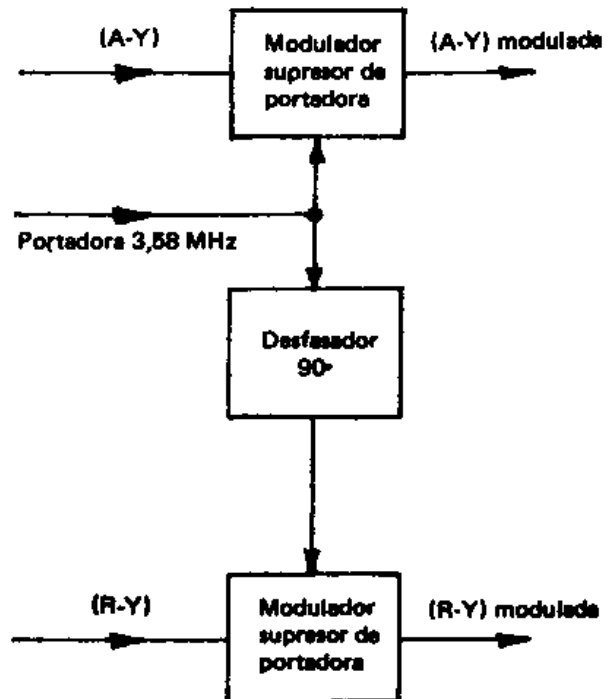


Fig. 3-10 Bloques correspondientes a los moduladores empleados para transmitir las señales de crominancia.

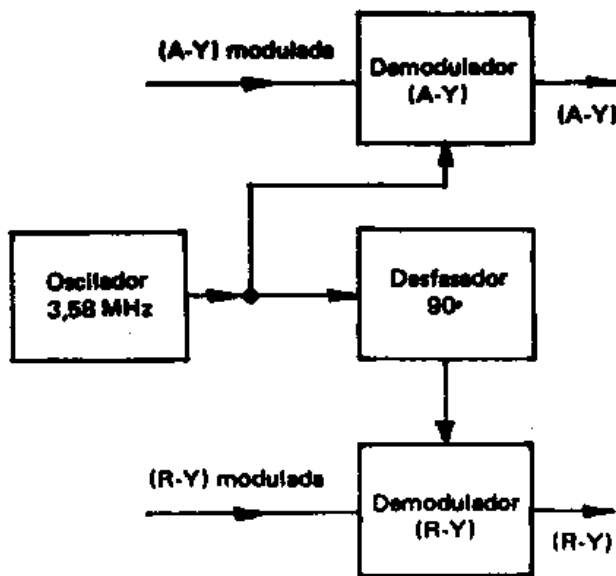


Fig. 3-11 Demodulación o detección en el televisor de las señales de crominancia. La portadora, suprimida en el transmisor, debe ser repuesta mediante un oscilador.

de interferir. Esto quiere decir que para la demodulación o detección es necesario generar la portadora localmente, en el mismo televisor por medio de un oscilador, y luego aplicarlo en las condiciones que mostramos en la fig. 3-11.

Ahora ya sabemos cómo se transmiten las señales de televisión en color y comenzamos a enterarnos de algunos detalles de cómo se reciben estas señales en el televisor.

### 3.6 Representemos las señales de crominancia

Lo que incluimos en este apartado es muy conveniente conocerlo si es que queremos tener una idea completa de la naturaleza de las señales utilizadas en los sistemas de televisión en color. Sobre todo será imprescindible para poder entender cómo funciona el sistema PAL. Será cuestión de estudiarlo detenidamente y tal vez repasar algún conocimiento que tenemos un poco olvidado.

Una de las señales que son moduladas en el esquema de la fig. 3-10 no tenía su portadora desfasada. Precisamente era la señal (A-Y). La otra sí, y en consecuencia de ahora en más podemos admitir que las señales (R-Y) están a 90° respecto a las anteriores. Fig. 3-12. Lo que ganamos representándolas así es importantísimo ya que podemos definir cada color con su ángulo y magnitud. Lo que se llama en realidad su vector.

Representaremos los 3 colores primarios y los correspondientes complementarios. Comencemos con el amarillo. Podemos comenzar escribiendo las fórmulas de (R-Y) y (A-Y).

$$(R-Y) = 0,7R - 0,59V - 0,11A$$

$$(A-Y) = 0,89A - 0,59V - 0,3R$$

Como en el amarillo están activas las cámaras roja y verde escribimos sólo los coeficientes correspondientes a dichos colores. Así tenemos

$$(R-Y) \text{ para el amarillo} = 0,7 - 0,59 = 0,11$$

$$(A-Y) \text{ para el amarillo} = -0,59 - 0,3 = -0,89$$

Si estos valores los llevamos sobre los correspondientes ejes tenemos el dibujo que da a ver la vista A de la fig. 3-13. No es necesario tener conocimientos especiales para hacer el dibujo que nosotros le mostramos. Si es necesario tener ganas de aprender y tal vez una hoja de papel cuadriculado. Entonces dibujemos a escala: 0,11 y -0,89.

Como esta última cantidad es negativa la representamos sobre la izquierda del eje (A-Y). Luego hacemos un rectángulo trazando en línea de puntos una paralela al eje (A-Y) y otra paralela al eje (R-Y). Finalmente unimos el centro de los ejes con el punto donde se cruzan las paralelas.

Si el dibujo fue hecho en escala correcta la línea que representa al amarillo, técnicamente el vector del amarillo, tendrá una longitud de 0,897. Esto quiere decir que si el eje de (R-Y) fue dibujado con una longitud de 11 mm y el eje (A-Y) fue dibujado a su vez con la misma escala y en consecuencia se le dio una longitud de 89 mm el vector del amarillo mide 89,7 mm.

Otro ejemplo más se lo damos para el ciano. Como podemos deducir:

$$(R-Y) \text{ para el ciano} = -0,59 - 0,11 = -0,7$$

$$(A-Y) \text{ para el ciano} = 0,89 - 0,59 = 0,3$$

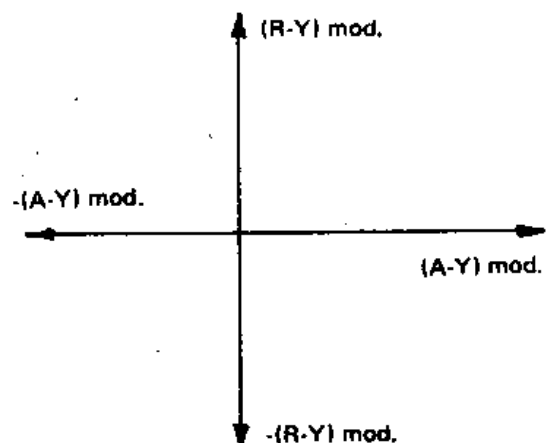


Fig. 3-12 Las componentes de crominancia (R-Y) y (A-Y) deben representarse como vectores que guardan entre sí un desfase de 90°.

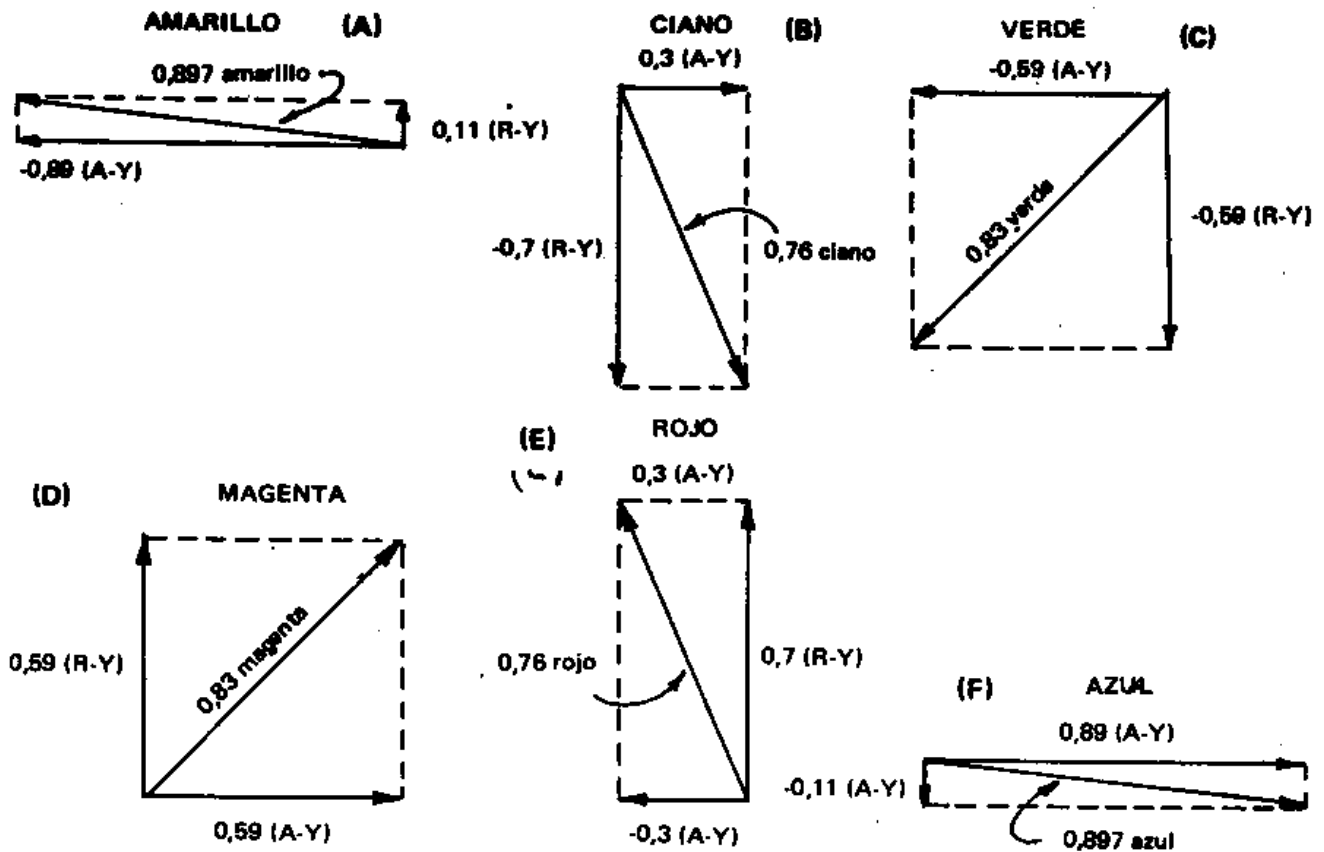


Fig. 3-13 Angulos y longitudes que corresponden a los colores primarios y sus complementarios. Vistas A, B, C, D, E y F.

Nuevamente lo representamos, siempre siguiendo la misma técnica y el resultado lo podemos apreciar en la vista B, siempre de la fig. 3-13. La longitud del vector del ciano es de 0,76.

Así podemos seguir con los colores verde, magenta, rojo y azul. Por nuestra parte le mostramos los resultados en las sucesivas vistas de la fig. 3-13.

### 3.7 Niveles de la señal de luminancia

El brillo de los diferentes colores no es igual. Ya sabemos que el ojo tiene diferente sensibilidad para los diversos colores y en consecuencia los percibe con diferente brillo aún cuando sus correspondientes energías fueran iguales.

En el caso de la señal de luminancia, es decir la señal de video en color, estos niveles pueden ser muy fácilmente calculados por medio de la correspondiente fórmula y con sólo sumar los coeficientes de los colores activos durante la reproducción de aquel del cual se trata. El mayor brillo corresponde al blanco y para el mismo decimos que su luminancia es igual a 1.

En igual orden del que hemos empleado para la representación de los colores por medio de vectores tendremos que el amarillo resulta de sumar los coeficientes correspondientes al rojo y al verde en

la fórmula correspondiente a la luminancia. Hagámoslo:

$$Y = 0,3R + 0,59V + 0,11A$$

$$Y, \text{ para el amarillo} = 0,3 + 0,59 = 0,89$$

Así podríamos seguir calculando todos los valores que adquiere la señal de luminancia en caso de que la señal fuera un conjunto de franjas que van del blanco hasta el negro pasando por amarillo, ciano, verde, magenta, rojo y azul. Todo ello junto con los valores de los vectores correspondientes a los mismos colores se lo mostramos en la tabla 3-1. En la fig. 3-14 le mostramos el aspecto que asume la señal de luminancia al explorar las 8 franjas de una señal o cuadro de pruebas como el mostrado en la fig. 2-9 y que tal como nos es fácil comprobar consta de blanco negro y seis matices intermedios cuya luminancia corresponde con los colores que ahora le mostramos en la fig. 3-15.

En la fig. 3-19 todo resulta igual a la fig. 2-9 pero ahora suponemos que se trata de un televisor de color y en consecuencia ya mostramos los colores que corresponden a este cuadro de pruebas, muy utilizado por todas las emisoras de televisión en color.

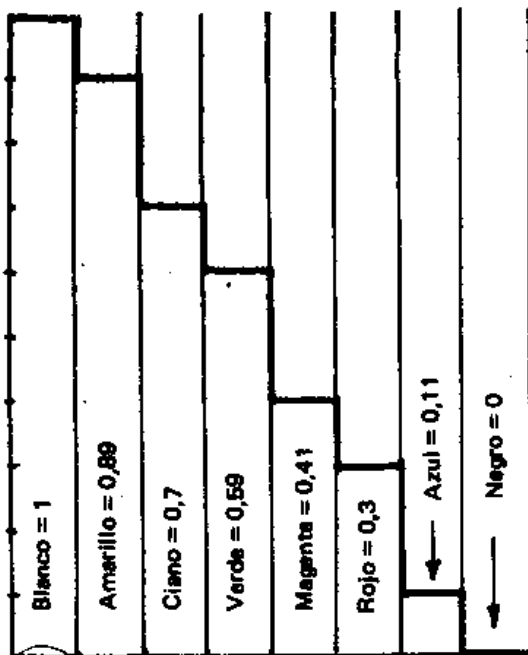


Fig. 3-14 Niveles de tensión que adquiere la señal de luminancia cuando es transmitida la imagen de 8 franjas de color.

### 3.8 Aparece la señal de color

Tenemos plena conciencia de las dificultades que habrá encontrado en la lectura de este capítulo. Se justifican plenamente porque los temas encarados son dificultosos. Pero el esfuerzo era necesario.

Las distintas expresiones que ha tenido que manejar son fundamentalmente sumas algebraicas, en las cuales las cantidades a sumar pueden tener igual o distinto signo. Cuando una cantidad no tiene signo, tal como ocurre con el primer sumando generalmente, se da como entendido que le corresponde signo positivo.



Fig. 3-15 La imagen de 8 franjas de color.

En estas sumas algebraicas, las cantidades de igual signo se suman y se le coloca al resultado el mismo signo. Cuando se trata de cantidades con diferente signo, se restan y el resultado tiene el signo de la cantidad mayor.

De cualquier forma, luego del estudio, viene la gran satisfacción, tal vez no imaginada por Ud., ya que estamos en condiciones de trazar la señal de color ¡prácticamente la misma señal que veríamos con el osciloscopio en el detector de video de un televisor cromático! Conocer esta señal es tal vez el objetivo más importante de esta primera parte de nuestro estudio, y a partir de aquí las dificultades que vayamos encontrando irán siendo cada vez menores.

La fig. 3-16 representa la señal que aparecería en nuestro televisor de color cada vez que se transmitiera la señal de prueba en color correspondiente a la fig. 3-15. Lo interesante es que entenderemos cómo se obtiene paso por paso. Ello nos servirá para que, con muy pocos elementos, en el capítulo X podamos obtener la señal de luminancia, pero generada por nosotros.

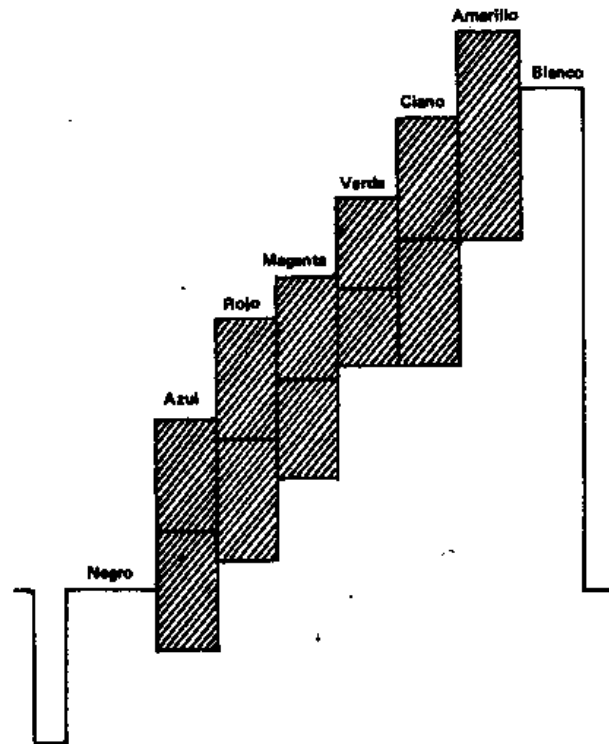


Fig. 3-16 La señal compuesta de video y crominancia. Las amplitudes de la crominancia no están a escala.

La señal se dibuja con los pulsos de sincronismo hacia abajo por 2 razones. Una de ellas es debido a que así aparece en el detector de video de los televisores comunes, tanto de color como para BN. La otra razón es para presentar los niveles correspondientes al blanco con el mayor valor, igual a 1, reservando el nivel de negro para que coincida con el eje de cero. Así estamos de acuerdo con los cálculos que hemos hecho.

En la figura 3-16 se observa el trazado de la señal de luminancia ya que el dibujo lo permite y en-

tonces apreciamos que los valores sucesivos coinciden con los valores calculados en la forma que le hemos mostrado.

También observamos las señales de crominancia. Aparecen como una radiofrecuencia cuyo eje central es para cada barra el correspondiente nivel de luminancia.

Otro hecho que reconocemos de inmediato es la ausencia de crominancia tanto en la franja blanca como en la negra. En el primer caso, el de la franja blanca, ello es debido a que al ser plenamente excitadas las 3 cámaras, los valores de las amplitudes tienen una suma igual a cero. Recuérdelo, porque lo hemos estudiado.

En el segundo caso, el de la franja negra, no existe salida de ninguna cámara y entonces no existe luminancia y por supuesto tampoco crominancia. O todavía mejor expresado, ambas señales son igual a cero.

Luego para el amarillo el nivel de luminancia coincide con el calculado, y lo propio ocurre con

la amplitud de las señales de crominancia que distinguen a este color. También lo hemos calculado gráficamente. Y así sucesivamente se van justificando los diferentes niveles que van adquiriendo tanto la luminancia como la crominancia.

Existe un detalle, y por cierto muy importante, que no es visible porque a nosotros nos es imposible representar. Se trata de la fase que en cada caso guarda la señal con respecto a la subportadora de color que ha sido suprimida. Tampoco obtendría ninguna información en este aspecto si observara efectivamente la señal citada con ayuda de un osciloscopio. Cada franja tiene aproximadamente 25 ciclos de la señal de crominancia en la realidad y no pueden ser representados todos ellos en el espacio disponible en el dibujo. Ahora veremos que nos toca hacer algunas correcciones para adecuarlos a la realidad.

Los límites reales de amplitud dentro de los cuales podemos transmitir señales están limitados entre el nivel de cero y la parte superior del pulso de sincronismo. En varias franjas excedemos esos límites y estaríamos sobremodulando al transmisor. Es necesario hacer intervenir a unos simples circuitos atenuadores y así poder colocar las señales dentro de las posibilidades del sistema de televisión. Esta señal corregida ya con los valores que determina la norma del PAL y tal cual ha sido oficializada en la Argentina, podemos observarla en la

fig. 3-17

En esta última figura vemos una señal nueva a la que designamos con el nombre de "burst". Por el momento no le daremos mayor importancia ya que la estudiaremos en el próximo capítulo. De cualquier forma se la citamos para que pueda entender cabalmente cómo aparece efectivamente ante nuestros ojos la señal correspondiente al cuadro de pruebas, tomada directamente del detector de video con un osciloscopio común. Fig. 3-18.

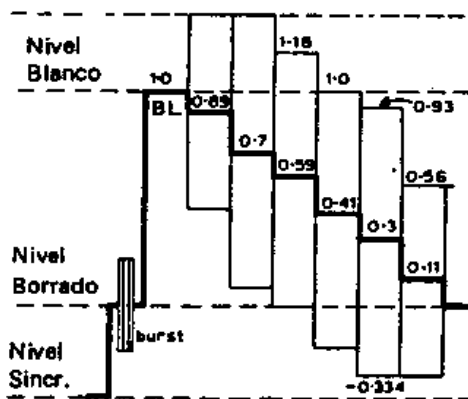


Fig. 3-17 La señal de color, siempre de la imagen de 8 franjas de color, con las amplitudes corregidas de acuerdo con la norma PAL vigente en nuestro país.



Fig. 3-18 Fotografía de la señal de video correspondiente siempre a la transmisión de 8 franjas y tal cual se obtiene en el detector de video de un televisor.