

# CURSO DE TELEVISIÓN

## CAPÍTULO 4: VÍDEO

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una introducción a los sistemas de grabación de la señal de vídeo en soporte de cinta magnética. Comenzaremos viendo una breve introducción de los hitos más importantes de la video-grabación. Seguidamente expondremos las técnicas genéricas de grabación, haciendo hincapié en las particularidades de la señal de vídeo.

En la parte más densa del trabajo veremos los distintos formatos de vídeo, tanto domésticos como profesionales, que están presentes en el mercado. En cada formato, además de una breve descripción, contaremos las novedades introducidas por cada formato.

Dejaremos de lado los aspectos físicos y matemáticos del tema para centrarnos en los descriptivos y de funcionamiento, acompañando todo ello de múltiples foto y diagramas los cuales ayudan a entender mucho mejor lo que se está estudiando.

Para finalizar nos ocuparemos de los formatos digitales, los cuales representan el futuro de la video-grabación, tanto en soporte magnético como en otros medios de almacenamiento.

### 2. REVISIÓN HISTÓRICA

#### DEL AUDIO AL VÍDEO

Los inicios de la grabación magnética de la señal de vídeo están muy ligados al registro del sonido sobre cinta magnética. Como la señal de vídeo se había convertido en una señal eléctrica, al igual que el sonido, se pensó en grabarla de la misma forma que esta.

Así los primeros intentos para lograr la grabación de la imagen se hicieron sobre magnetófonos adaptados. Estos requerían unas velocidades de desplazamiento de la cinta muy altas, lo cual originaba dos problemas. Por un lado el fuerte desgaste de las cabezas y de todas las partes mecánicas del aparato. Por otro lado, estas altas velocidades, originaban un excesivo consumo de cinta por lo cual los registros duraban muy poco tiempo.

Para tener una idea de las magnitudes que se manejaban diremos que se podían alcanzar los 90 m/s y una duración de 20 minutos con un consumo de cinta de varios cientos de

kilómetros. Todas estas limitaciones hicieron que la viabilidad de estos sistemas fuera nula y sólo se usaran para la investigación.

## **AMPEX INVENTA EL MAGNETOSCOPIO**

Para superar las limitaciones de los magnetoscopios de cabezas fijas, se propuso la idea de que las cabezas de vídeo fueran móviles. La empresa Ampex comercializó en 1956 el primer magnetoscopio. Era el modelo VR-1000 (fig. 1), que usaba cinta de 2 pulgadas (5cm.), y grababa imágenes en blanco y negro, según el estándar NTSC. Este sistema poseía un disco rotatorio en el que iban alojadas 4 cabezas para la reproducción de la señal de vídeo. El plano de giro del disco era de 90 grados con respecto al desplazamiento de la cinta. Este formato recibió por estas características el nombre cuádruplex o de exploración transversal.

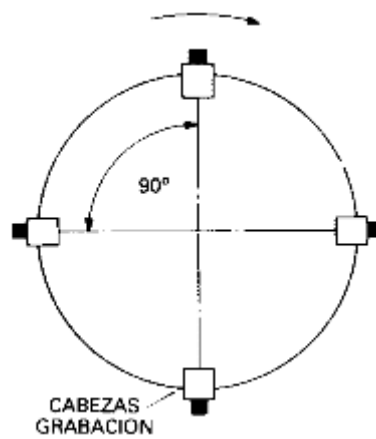
Hoy en día este formato de vídeo ya no es usado, aunque por su gran calidad fue el estándar de la industria durante varias décadas. Vamos a ver algunas de sus características ya que son conceptos interesantes para ver la evolución y mejora de sistemas posteriores.

Cada giro del disco no representaba un cuadro de imagen. Su velocidad de rotación era de 250 r.p.s.; lo cual representaba que cada imagen era grabada en 40 pistas transversales. En la fig. 4 vemos como eran grabadas las pistas de vídeo en la cinta. Observamos que estas eran casi perpendiculares lo cual le daba a este formato una muy buena estabilidad de la base de tiempos.

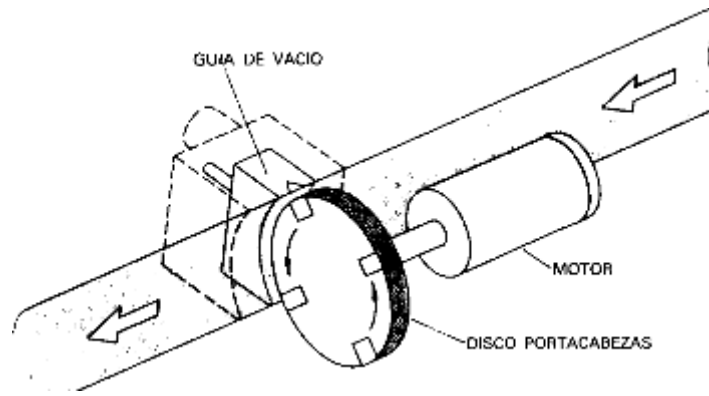
Debido a la existencia de 4 cabezas de grabación (y a la necesidad de grabar cada cuadro en 40 pistas diferentes); cada campo era grabado por las 4 cabezas de una manera diferente (por problemas de distinto ajuste de las diferentes cabezas y de sus respectivos canales de proceso). Esto provocaba una segmentación de la imagen. Este problema presentaba en la pantalla zonas de diferente visión. Esta era la mayor limitación de calidad de este formato de vídeo.



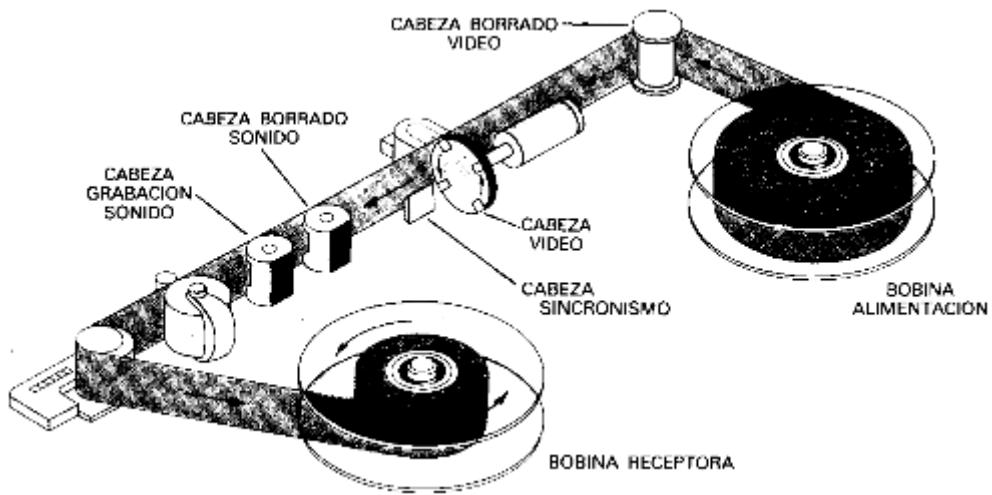
Primer magnetoscopio el modelo VR-1000 de Ampex.  
El técnico lleva en las manos una versión  
posterior portátil de apenas 6 kg



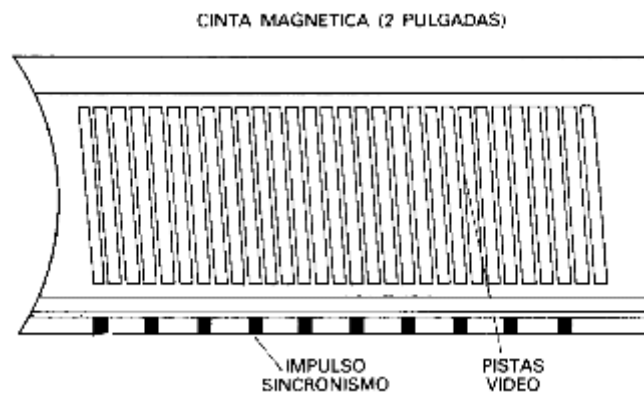
Detalle de los cabezales del formato cuádruplex de Ampex



Detalle del tambor portacabezas y la cinta



Mecanismo de transporte de la cinta en el formato cuádruples



En esta figura vemos como eran grabadas las pistas en este formato

## **CRONOLOGÍA DE LA GRABACIÓN DE VÍDEO**

Vamos a indicar en esta cronología sólo unos pocos hechos de vital importancia. Para ver una lista más exhaustiva consultar: "Grabación de vídeo " Alfonso Martín Marcos Tomo 1 páginas 14 a 16. Los formatos que siguen a continuación no son los que introdujeron las novedades descritas, pero fueron los que se comercializaron con más éxito.

- 1970 Philips desarrolla el VCR que es el primer formato doméstico que aparece en el mercado.
- 1971 Aparece el U-Matic que introduce en el mundo profesional la cinta de cassette. Hasta entonces los formatos profesionales usaban cinta de bobina abierta.
- 1976 JVC inventa el VHS el formato más vendido de todos los tiempos (se estima en más de 400 millones de unidades vendidas en todo el mundo) , que se ha convertido en el estándar mundial ,para la visualización de programas en entornos domésticos , y múltiples aplicaciones .
- 1978 Sony desarrolla el formato C, de una pulgada, que ha sido el sistema de exploración helicoidal que se impuso en medios de teledifusión como estándar de alta calidad hasta la aparición de los modelos digitales.
- 1981 Sony presenta el formato Betacam que posibilitó la construcción de camascopios compactos (cámara y equipo de grabación en una sola pieza) con un peso muy reducido y una calidad muy alta .Este sistema es el estándar actual de E.N.G. y se usa en toda la industria de la televisión y de la imagen, muy por encima de cualquier otro sistema.
- 1986 Sony presenta el DVR-1000 primer magnetoscopio digital que sigue la norma CCIR 601 de codificación digital en componentes según el formato 4:2:2

## **3. FUNDAMENTOS DE LA GRABACIÓN EN SOPORTE MAGNÉTICO**

En este capítulo haremos un breve repaso a los fundamentos de la grabación sobre soporte magnético. Luego nos pararemos en las particularidades de la señal de vídeo (Parte más importante del capítulo).

### **GRABACIÓN EN SOPORTE MAGNÉTICO**

La grabación sobre soporte magnético se basa en la propiedad que tienen ciertos materiales (denominados magnéticos) de retener un campo magnético que con anterioridad se les había aplicado.

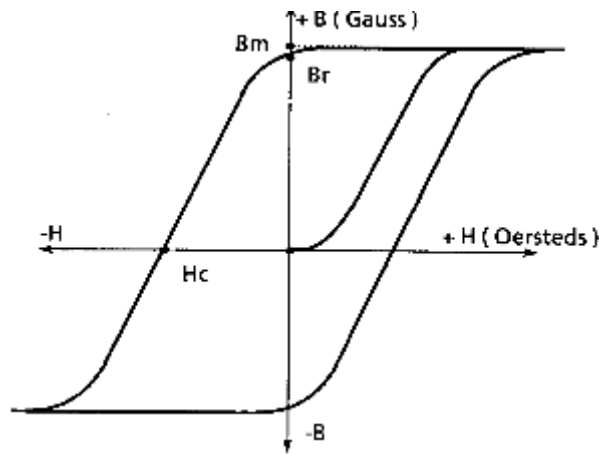
El fundamento del magnetismo se resume en el denominado ciclo de histéresis. Vamos a explicar este fenómeno.

Si a un material magnético se le aplica un campo magnético creciente  $H$ , la magnetización o densidad de flujo magnético  $B$  no crece linealmente si no a través de

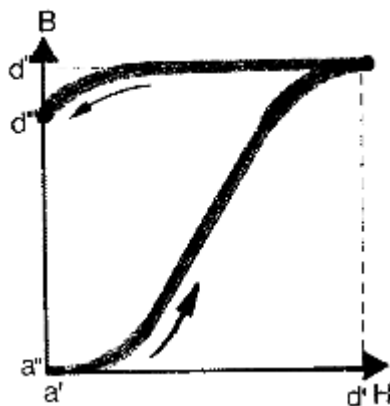
una curva. Esta magnetización solo crece hasta llegar a un punto  $B(m)$  en el cual se dice que el material está saturado.

Si ahora se reduce el campo magnético  $H$  la magnetización  $B$  no sigue la curva de subida sino que desciende de otra manera (f. Aunque este campo magnético  $H$  se anule por completo sigue quedando un campo magnético  $B(r)$ , el cual recibe el nombre de remanencia. Si el campo  $H$  sigue descendiendo haciéndose negativo llegará un momento en que la magnetización  $B$  se hará nula. Este campo magnético recibe el nombre de coercitividad ( $H(c)$ ). Las unidades en que se miden son Oersteds. Este parámetro es el que nos indica la calidad del soporte magnético ya que cuanto mayor es se podrán grabar señales más fuertes y de mayor ancho de banda.

Vamos a estudiar un poco más detenidamente este fenómeno. En las siguientes figuras vemos como se comportan los materiales magnéticos.



Ciclo de histéresis de un material ferromagnético



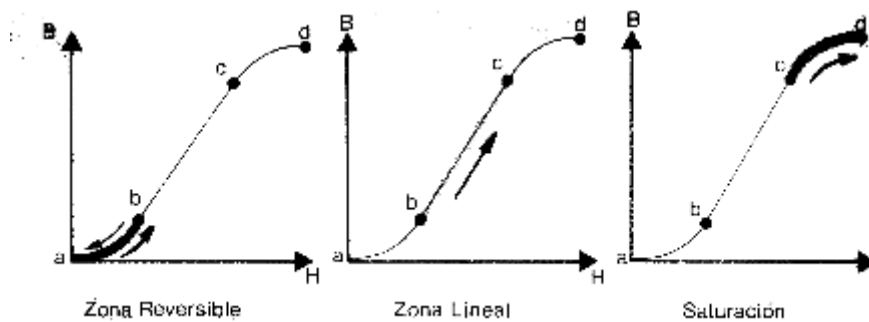
Detalle de la histéresis de un material

El fundamento del magnetismo se resume en el denominado ciclo de histéresis. Vamos a explicar este fenómeno.

Si a un material magnético se le aplica un campo magnético creciente  $H$ , la magnetización o densidad de flujo magnético  $B$  no crece linealmente sino a través de una curva. Esta magnetización solo crece hasta llegar a un punto  $B(m)$  en el cual se dice que el material está saturado.

Si ahora se reduce el campo magnético  $H$  la magnetización  $B$  no sigue la curva de subida sino que desciende de otra manera (f). Aunque este campo magnético  $H$  se anule por completo sigue quedando un campo magnético  $B(r)$ , el cual recibe el nombre de remanencia. Si el campo  $H$  sigue descendiendo haciéndose negativo llegará un momento en que la magnetización  $B$  se hará nula. Este campo magnético recibe el nombre de coercitividad ( $H(c)$ ). Las unidades en que se miden son Oerstedes. Este parámetro es el que nos indica la calidad del soporte magnético ya que cuanto mayor es, se podrán grabar señales más fuertes y de mayor ancho de banda.

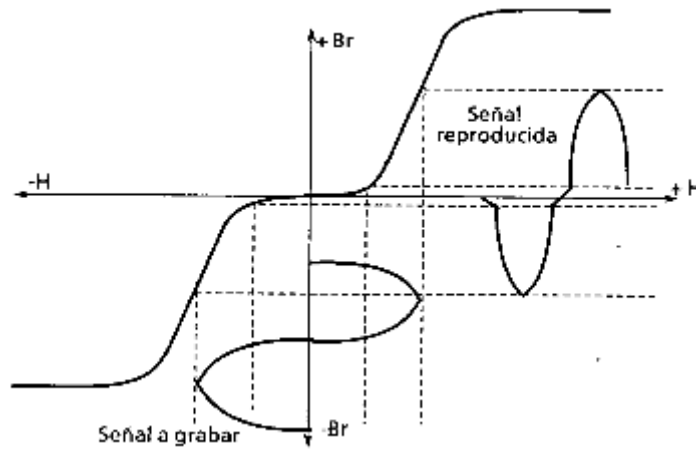
Vamos a estudiar un poco más detenidamente este fenómeno. En las siguientes figuras vemos como se comportan los materiales magnéticos.



Descripción de la curva de magnetización

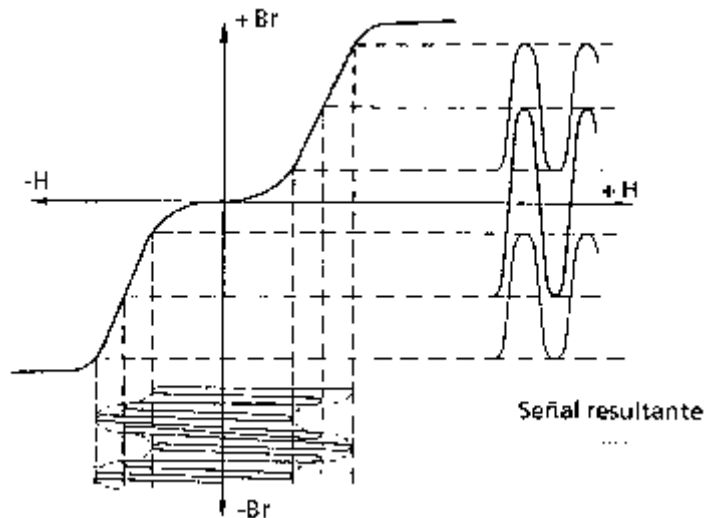
En la primera gráfica vemos que hay un tramo que es reversible (a-b). En la segunda vemos la zona lineal (b-c). En la tercera observamos el proceso de saturación. Estas características nos fijaran la forma de grabar las señales en la cinta magnética.

Si procedemos a grabar una señal (por ejemplo senoidal) directamente, observamos que se produce una distorsión muy grande, lo cual es inaceptable si pretendemos obtener una grabación con un bajo índice de distorsión armónica.



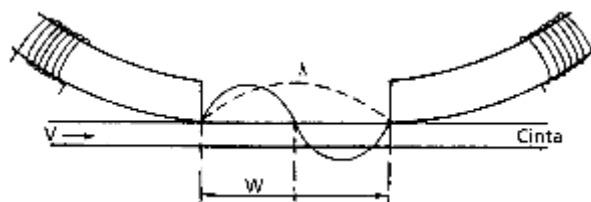
### Grabación e una cinta magnética sin el uso de corriente de polarización

Para resolver este problema se debe hacer trabajar al material en la zona lineal, lo cual se consigue superponiendo a la señal una onda de alta frecuencia de la amplitud adecuada. Esta se denomina corriente de polarización (bias control). Como podemos ver en la figura 9 el problema queda resuelto obteniéndose una señal sin distorsión.



### Proceso de grabación con corriente de polarización de alta frecuencia

Vamos a detallar ahora el proceso de grabación. En la siguiente figura vemos un esquema del cabezal de grabación (del que hablaremos más adelante) y de la cinta con el material magnético. Sea  $W$  el ancho del entrehierro de la cabeza, el cual nos magnetizará la cinta.





Podemos deducir físicamente que la longitud de onda máxima que podemos grabar será  $l=W$  ya que en este punto la igualdad entre el ciclo positivo y negativo hace que se anulen las fuerzas magnéticas creadas por ambos ciclos (flujo magnético nulo). La velocidad de propagación de la onda viene dada por la expresión:  $V = l/T$   $V$ : velocidad de propagación.  $l$ : longitud de onda  $T$ : periodo de onda Como  $f= 1/T$  ( $f$ : frecuencia de la onda) la expresión queda:  $V = l.f$ .

Por la anterior formula podemos ver que hay una relación directa entre la máxima frecuencia a grabar y la velocidad de desplazamiento de la cinta (o del cabezal frente a la cinta). Haciendo números podemos obtener los siguientes datos: tomamos como 6Mhz la máxima frecuencia y 2,5 micras la distancia del entrehierro, sustituyendo en la formula obtenemos una  $V=30m/seg$ . Estas velocidades son inviables ya el desgaste de los cabezales y elementos mecánicos sería muy elevado, la cinta de vídeo se deformaría y además el consumo de esta sería excesivo. Por este motivo en la grabación de vídeo se optó por no dejar fijo el cabezal y dotar a éste de una velocidad contraria a la cinta para poder obtener una velocidad de escritura adecuada.

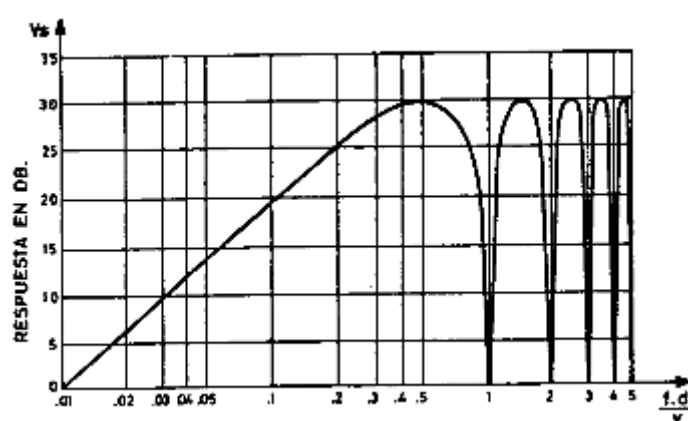
En reproducción tenemos obviamente el mismo problema aunque aparecen nuevos problemas que no estudiaremos aquí. En la figura tenemos una gráfica en la que vemos como varía la amplitud de la señal reproducida en función del parámetro  $f.d/v$  donde:

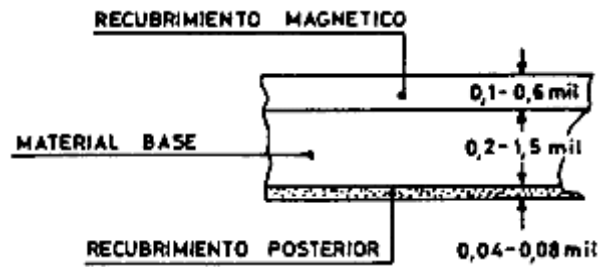
$f$ : frecuencia  $d$ : distancia del entrehierro  $v$ : velocidad de la cinta (o cabezal)

Se puede ver que la salida aumenta a un ritmo aproximado de 6dB por octava. Este fenómeno nos obliga a que en reproducción tengamos que equalizar para igualar la respuesta.

## CINTAS MAGNÉTICAS

En las cintas magnéticas para la grabación de vídeo se pueden distinguir varias capas.





Sección de una cinta de vídeo. Sección transversal

A) Revestimiento posterior. Su misión es reducir la carga estática de la cinta para eliminar la suciedad, la cual si se acumula en un punto de la cinta provoca fallos en la señal, que son conocidos como “dropouts”. Su espesor varía de 1 a 2 micras.

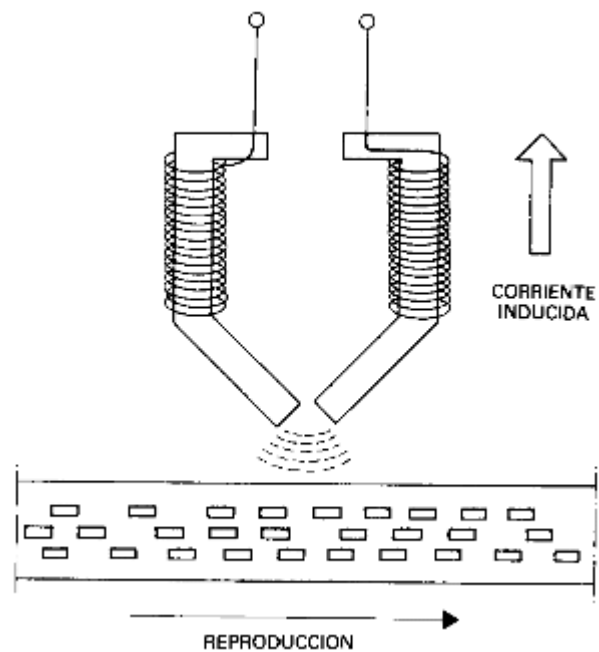
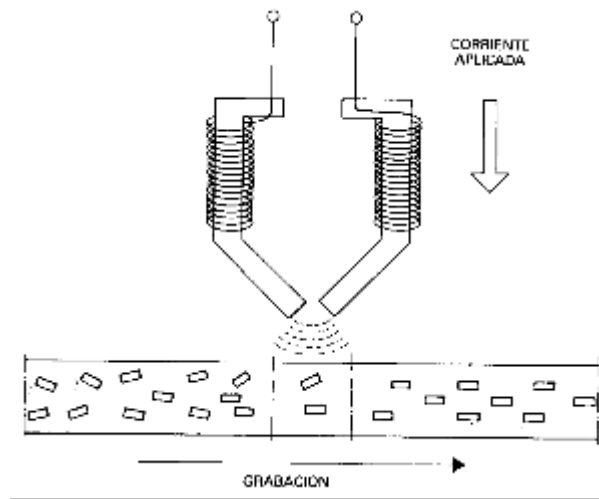
B) Material base de la cinta. Esta capa le proporciona a la cinta sus propiedades mecánicas y suele ser de polyester. Su espesor varía entre 0.005 y 0.0038 milímetros.

C) Revestimiento magnético. Esta capa le da a la cinta sus características magnéticas y en la actualidad se fabrica en cuatro tipos diferentes:

1. Óxido férrico. Es la más utilizada hasta el momento. Posee una coercitividad entre 300 y 360 Oerstedes.
2. Óxido de hierro dopado. Dopado de cobalto presenta una coercitividad entre 500 y 1200 Oerstedes , pero tiene una gran dependencia con la temperatura.
3. Dióxido de cromo. Es el material usado para la duplicación por contacto térmico. Este material y el anterior presentan una relación señal/ruido 6 dB superior al óxido férrico.
4. Partículas metálicas. Con una coercitividad de 1000 a 1500 Oerstedes poseen una relación señal/ruido 12dB superior a la de óxido férrico. Su ciclo de histéresis es casi rectangular lo cual permite grabaciones de frecuencias más altas, y la cinta puede desplazarse a más baja velocidad sin sacrificar el rango dinámico. Este tipo es el que está siendo utilizado en los nuevos formatos que aparecen en el mercado (por ejemplo es el utilizado en el formato doméstico de 8mm. usado este principalmente en camascopios).

## CABEZALES DE GRABACIÓN

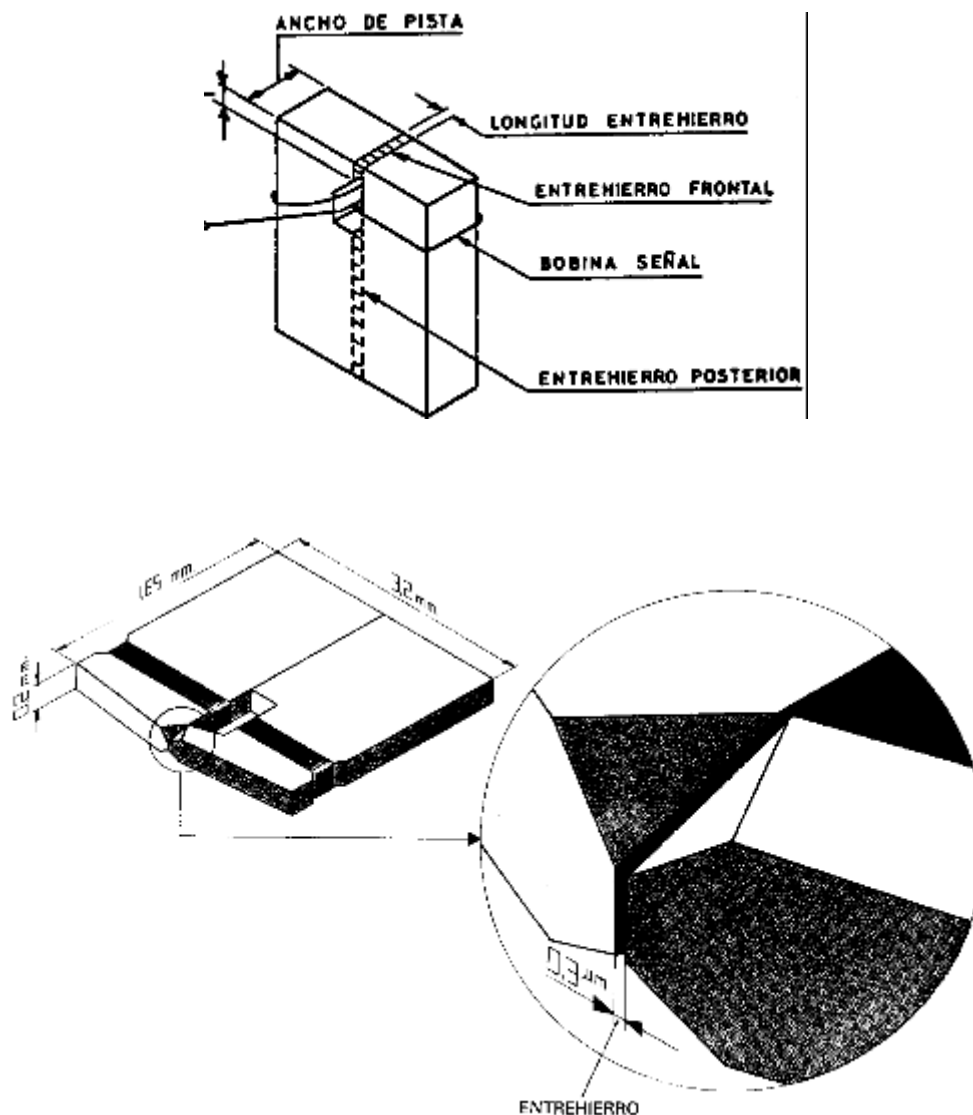
Para la realización de la grabación sobre la cinta es necesario un cabezal de grabación. En la figura 13 vemos el proceso. Durante la grabación una corriente aplicada produce la magnetización de la cinta (los pequeños imanes que la forman son orientados por el campo magnético producido). En la reproducción estos pequeños imanes producen en la cabeza una pequeña corriente inducida.



Proceso de grabación y reproducción de una cinta magnética

La cabeza es un electroimán con su núcleo interrumpido en un punto. Esta interrupción es el entrehierro, donde el campo magnético que existe en el núcleo por la corriente que se ha aplicado, se dispersa un poco hacia el exterior. De esta manera si la cinta se “pega” al entrehierro es posible su magnetización. En la figura de la izquierda vemos un esquema de un cabezal. Los parámetros más importantes en los que nos fijaremos son dos. Por un lado la longitud del entrehierro, la cual nos limita la máxima frecuencia a grabar. Y por otro lado el ancho de la pista que como su nombre indica nos da la anchura de la pista que el cabezal graba sobre la cinta. Esta anchura nos da la cantidad de señal que podemos obtener, a mayor anchura más señal (mejor relación señal/ruido), y además la cantidad de información o pistas que podemos grabar en un ancho de cinta determinado (cantidad de información). Cuanto mayor sea su anchura, la cantidad de

información a grabar se reduce, es por ello que se debe llegar a un compromiso entre la calidad y la cantidad. En la figura de la derecha podemos ver una estructura más realista de una cabeza.



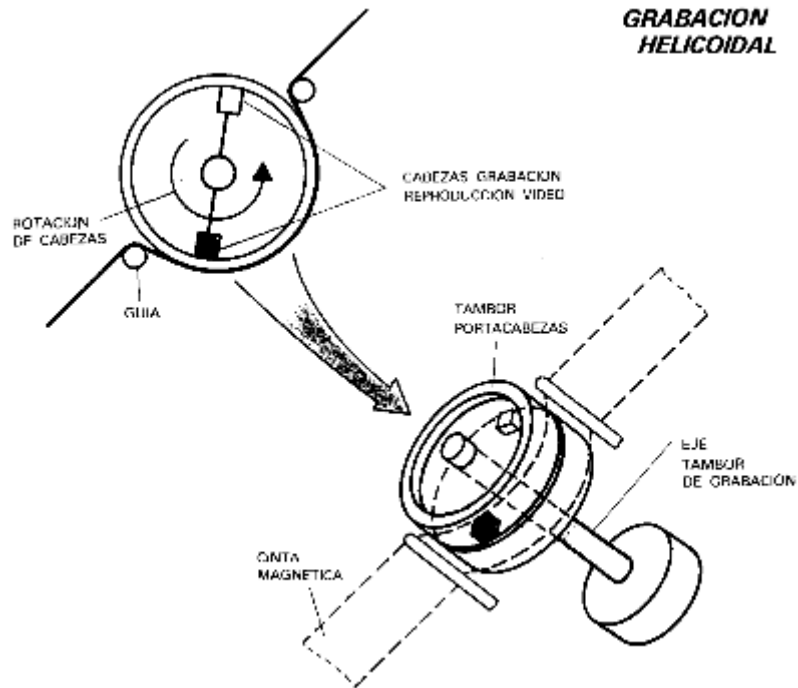
## SISTEMA DE EXPLORACIÓN HELICOIDAL

Como ya hemos mencionado en varias ocasiones debido a las restricciones de velocidad que se le imponen a la cinta los cabezales de vídeo deben de ser móviles y no fijos, como lo eran en las grabaciones de audio. En la introducción vimos un sistema para lograr esto, pero no es el usado actualmente. Todas las máquinas desarrolladas con posterioridad a las de formato cuádruples (2 pulgadas) adoptaron el sistema de exploración helicoidal que seguidamente describiremos.

En primer lugar el cabezal o cabezales se montan sobre un cilindro denominado tambor portacabezales. Este gira sobre un eje a una velocidad fija que viene dada por el número de campos por segundo que posea la imagen (a partir de aquí nos fijaremos

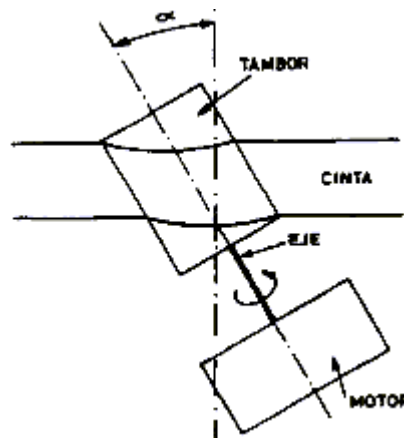
exclusivamente en el sistema español PAL de 25 cuadros por segundo y 50 campos por segundo y todos los datos numéricos que se incluyan irán referidos a él).

Si este tambor estuviese alineado con la cinta es fácil comprender que no se podría grabar nada ya que unas pistas se grabarían sobre otras. Es por ello por lo que al tambor se le coloca girado con respecto a la cinta. Este ángulo es muy pequeño del orden de 2 a 6 grado), aunque es suficiente para que las distintas pistas no se solapen.

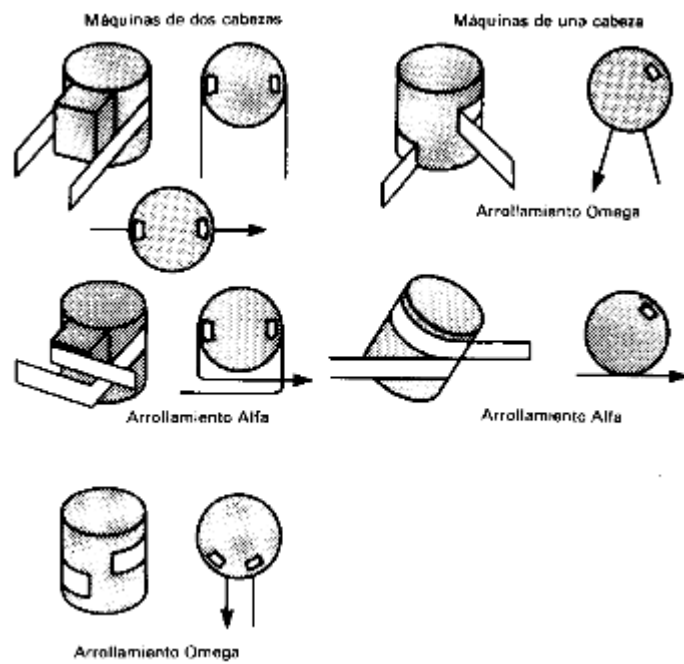


El número de cabezas que se sitúan sobre el tambor suele ser de dos pero en algunos casos es solo una y en sistemas profesionales suelen ser varias.

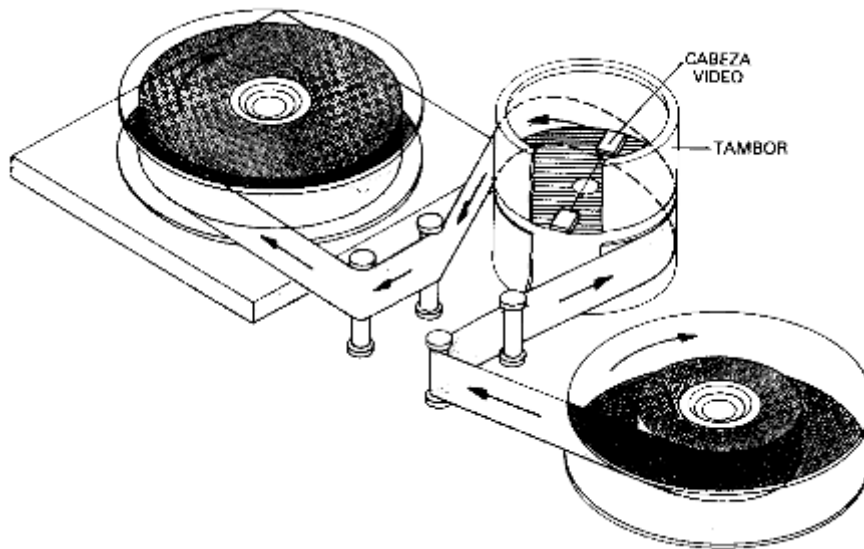
Ahora ya solo queda situar la cinta sobre el tambor para que podamos hacer la grabación o lectura. Esta operación se conoce como enhebrado de la cinta y en los sistemas de cassette es automática.



En las figuras que siguen vemos algunos tipos de enhebrados o arrollamientos y el sistema VHS paso a paso.

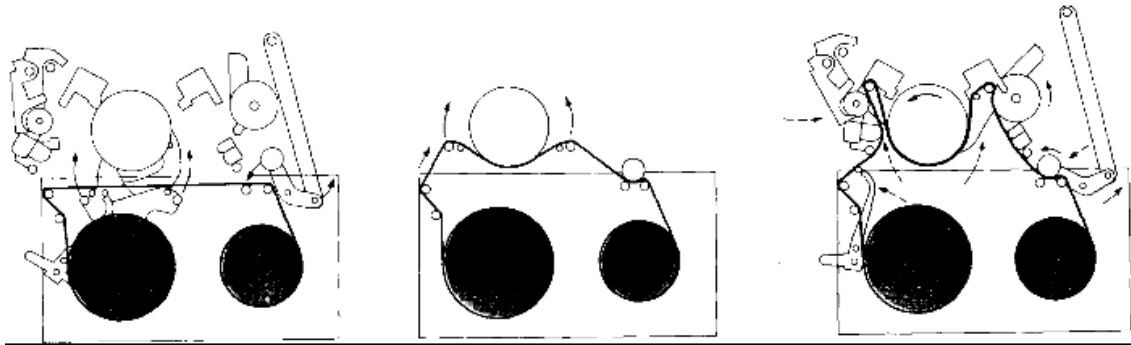


Diferentes tipos de arrollamiento de cinta

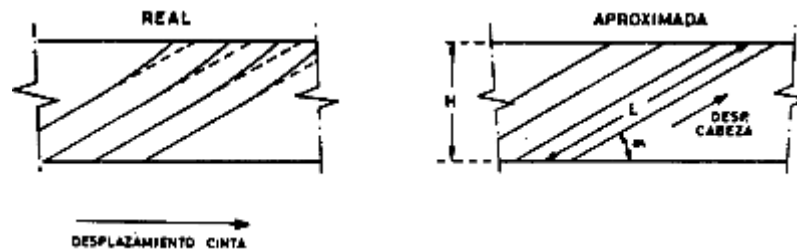


Tambor con los cabezales y la cinta enhebrada

A continuación se representa el mecanismo de enhebrado de la cinta en el formato VHS.



La grabación inscrita en la cinta será casi rectilínea, así lo sería si la cinta no se moviera. Debido a este movimiento la pista grabada tiene forma helicoidal, de aquí le viene el nombre a este formato de exploración.

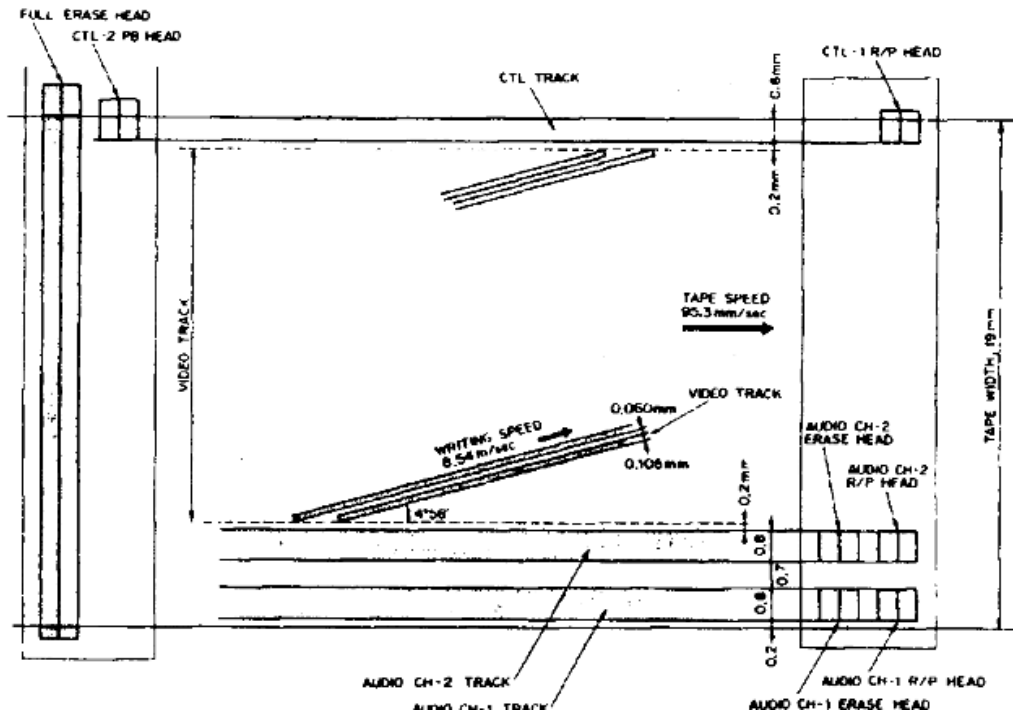


## PATRÓN DE GRABACIÓN ESTANDARD

En este apartado vamos a ver como se graban en la cinta de vídeo las diferentes señales que se necesitan. En primer lugar vamos a describir cuales son estas señales y sus características.

1. Información de vídeo: Es la propia señal de vídeo en color. Es la más importante de todas y la que al tener mayor ancho de banda, ocupa más espacio en la cinta.
2. Información de sonido: Este puede ser de uno o varios canales dependiendo del sistema. Se suele grabar en los extremos de la cinta.
3. Información de sincronismo: El tambor por cada giro que da graba una pista de vídeo. Para conocer donde comienza cada pista de vídeo graba en esta pista de sincronismos un pulso al comienzo de cada pista de vídeo. En la reproducción estos pulsos le sirven para localizar el comienzo de cada pista, ajustar el giro del tambor y controlar la velocidad de la cinta. Estos pulsos son los usados para controlar el tracking, lo cual veremos en un apartado posterior. Esta pista recibe el nombre de CTL. Se graba en un extremo de la cinta distinto al de audio.
4. Información de código de tiempo: En los magnetoscopios profesionales cada cuadro lleva un código que lo identifica. Veremos esto con más detalle en otro apartado. Se graba en un extremo de la cinta, ocupando un canal de sonido o en una pista independiente próxima al sonido.

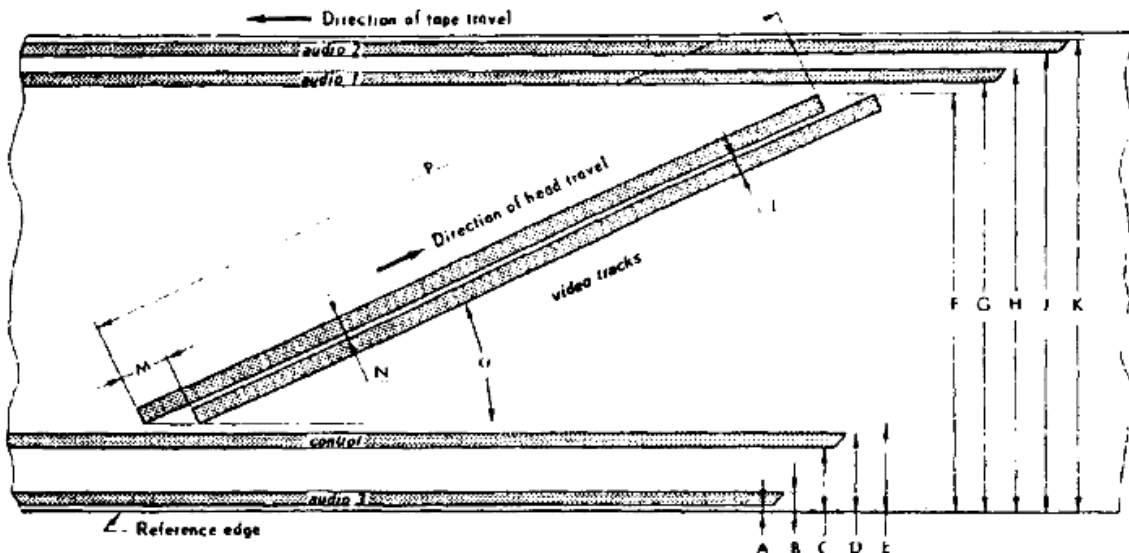
## TAPE PATTERN



En la figura vemos un patrón de cinta que corresponde al formato U-Matic. En el observamos la disposición de los distintos cabezales y la dirección de desplazamiento de la cinta y del tambor. Podemos ver que los cabezales de borrado anteceden a los de grabación y reproducción. En la parte superior se localiza la pista de CTL. En la inferior hay dos canales de audio uno de los cuales se puede usar para grabar el código de tiempo. las pistas en diagonal son las de vídeo. En este formato cada pista equivale a un campo de la imagen. Entre dos pistas consecutivas de vídeo hay un espacio en que no se graba nada. Recibe el nombre de banda de guarda o zona de protección. Estas bandas de guarda también aparecen entre las demás pistas y entre las de vídeo y las longitudinales. Las pistas longitudinales son las que se graban con cabezales fijos siguiendo los métodos tradicionales ("audio"). Reciben ese nombre por la forma de la pista grabada, ya que esta sigue toda la longitud de la cinta.

A modo de otro ejemplo vemos el formato del sistema C, de una pulgada.





## GRABACIÓN DE LA SEÑAL DE VÍDEO

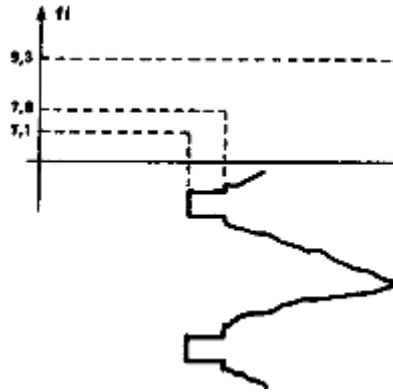
La grabación de la señal de vídeo en soporte magnético plantea problemas diferentes a los de audio debido a su gran ancho de banda. Una señal de vídeo podemos considerar que se extiende desde los 25Hz hasta los 5Mhz. Por tanto abarca 18 octavas. Como el voltaje de salida crece a un ritmo de 6dB por octava, significa que la amplitud de las frecuencias inferiores a las superiores, varía en 100dB. Esto no es posible de hacer, así que para lograr grabar el vídeo es necesario usar una transformación en la señal de vídeo. La que se ha elegido es la modulación en FM.

### Modulación en FM

Vamos primeramente a enunciar algunas ventajas para el uso de esta modulación:

La señal reproducida no es distorsionada si aparecen pequeños desplazamientos de alineamiento de la cabeza lectora, lo cual si ocurre si modulamos en amplitud. No es necesaria la polarización de las cabezas (bias control) pues en FM no es un problema la no linealidad de los materiales ferromagnéticos.

Describamos el sistema de modulación de una forma más detallada. Como en toda modulación FM debemos asignar unas frecuencias instantáneas relacionadas con la forma de onda a tratar. En este caso como la señal de vídeo posee una variación continua de amplitud se utilizará esta amplitud para seleccionar las diferentes frecuencias. Lo vamos a ver con un ejemplo (tomaremos la referencia del sistema doméstico de VHS) para que se vea más claro.



La señal de vídeo posee los siguientes valores predeterminados (ver anexo 1) para el nivel de sincronismo 0 voltios (V), para el nivel de negro 0.3 V y para el nivel de blanco 1 V. Así asignaremos para el nivel de sincronismo 3.8Mhz para el nivel de negro 4.1Mhz y para el nivel de blanco 4.8MHz.

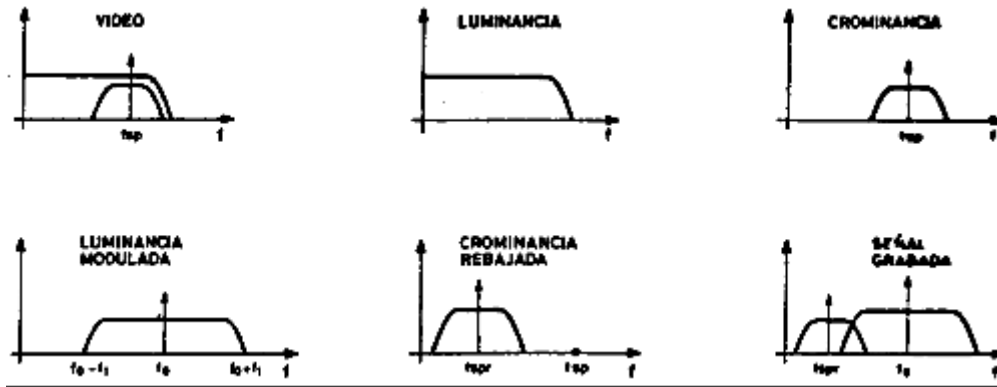
Conviene dejar claro que estas frecuencias son las instantáneas de la señal, lo que no quiere decir que coincidan con el ancho de banda de la señal. Calculemos pues el ancho de banda. Tomando como partida la regla de Carson:  $B(w) = 2W(D+1)$  donde:  $B(w)$ : Ancho de banda de la señal modulada en FM.  $W$ : Ancho de banda de la señal moduladora (En este caso la señal de vídeo).  $D$ : Índice de modulación:  $D = D_{Fc}/W$   $D_{Fc}$ : desviación máxima instantánea. Como  $D$  es de valor muy pequeño estamos en un caso de modulación FM de banda estrecha, la cual no tiene la gran protección contra ruido de la convencional pero consigue un gran ahorro del ancho de banda. Para el caso del VHS la frecuencia de la moduladora se ha reducido a 2Mhz dando por tanto un ancho de banda:  $B(w) = 6Mhz$ . La frecuencia central de la banda será la media de las desviaciones instantáneas o sea 4.3Mhz. Por lo tanto el espectro de la señal modulada en FM ocuparía desde 1.3Mhz hasta 7.3Mhz (Vemos que el número de octavas se ha reducido ha casi 5 octavas).

Observando la señal de vídeo se ve que no siempre se alcanzan los 4.8Mhz ya que esto sólo sucede en los blancos máximos de la imagen, pero siempre se alcanzan los 3.8Mhz, para los sincronismos. Debido a esta característica se ha comprobado que puede reducirse la banda lateral superior quedando esta limitada a 5.75Mhz.

Hasta ahora sólo hemos hablado de la señal de vídeo como si fuera sólo la luminancia o en blanco y negro. ¿Qué sucede con el color? En una primera aproximación se puede pensar en coger la señal de vídeo compuesto (luminancia más crominancia) y modularla en frecuencia por el procedimiento antes visto elevando la frecuencia instantánea superior al valor máximo de la señal de color. Este proceso, aunque válido, plantea algunos problemas. El más importante es el aumento del ancho de banda (ya no se podría hacer la reducción antes mencionada) , además el exceso del ancho de banda conlleva un empeoramiento de las altas frecuencias, lugar donde está el color. Debido a estas limitaciones este método sólo se usa en los equipos profesionales de una pulgada (formatos B y C). En la mayoría de los demás formatos se usa un método que se conoce con el nombre de sub-portadora de color corregida.

## Sub-portadora corregida

Como vimos en el apartado anterior pretender grabar la señal de luma y croma juntas nos lleva a anchos de banda muy grandes lo cual provoca velocidades de cinta grandes y cabezales de alta frecuencia, todo ello incrementando mucho el coste. Para evitar esto en los magnetoscopios de bajo coste se optó por separar las dos señales luma y croma y procesarlas por separado según el método que se describe en la figura.



Este método recibe el nombre de sub-portadora de color corregida. Consiste en grabar en la misma pista la luma y la croma, pero la croma se graba en las bajas frecuencias. Esto se consigue separando ambas señales. Luego se modula la luminancia en FM y la croma se rebaja a bajas frecuencias, mediante un batido de la frecuencia de la sub-portadora de color con una frecuencia fija y posteriormente se realiza un filtrado.

Una vez rebajada la croma sigue manteniendo la modulación en cuadratura, solamente que sobre una sub-portadora de valor más bajo. Ahora se puede sumar a la señal de luma modulada en FM y grabarse sobre la cinta. Hemos visto como mediante este método puede conseguirse reducir el ancho de banda pero por el contrario introduce otros problemas. Por un lado en los procesos de conversión a baja frecuencia y luego a la frecuencia original de 4.43Mhz, se pierde calidad; y por otro lado aparecen retardos entre ambas señales mostrándose en la pantalla como si las imágenes tuvieran el color “descolocado”. También con este sistema se reduce mucho el ancho de banda de la señal de color (entre 0.5 y 1.5Mhz).

## Sistemas en componentes

En algunos sistemas profesionales, para evitar algunos de los problemas antes mencionados, se recurre a grabar las señales de crominancia en pistas separadas, lo cual permite que estas puedan tener un ancho de banda mucho mayor. Esta filosofía es usada por el sistema Betacam, y será explicada más adelante.