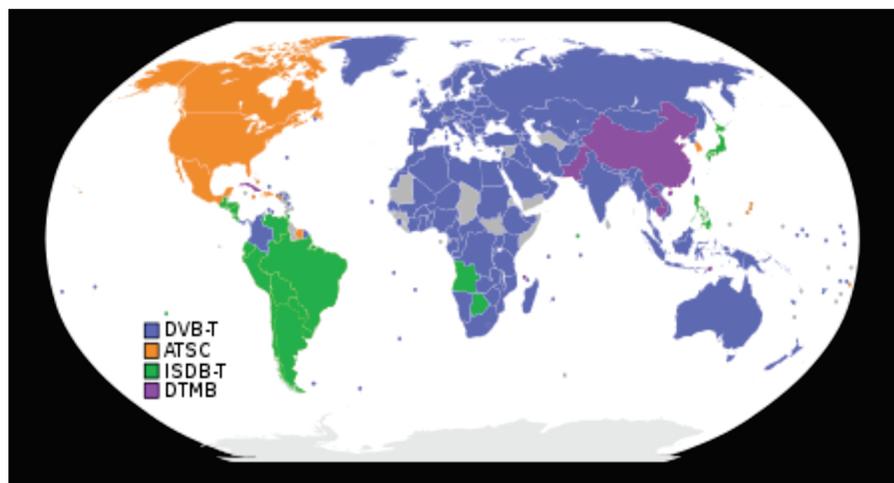




# CURSO DE TELEVISIÓN DIGITAL

**1**  
NÚMERO



## APRENDA

### Conceptos y fundamentos de la televisión digital

**CURSO DE TELEVISIÓN LED TV  
EDICIÓN ESPECIAL  
FASCÍCULO 5  
SEGUNDA EDICIÓN**

**REALIZACIÓN Y ADAPTACIÓN**  
ERASMO ANTONIO BUSTAMANTE QUICENO  
EX INSTRUCTOR SENA BOGOTÁ D.C.

**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**  
MARIA INES BUSTAMANTE VARGAS  
INGENIERO DE PROCESOS

**ASESOR**  
LUIS FERNANDO BUSTAMANTE VARGAS  
INGENIERO ELECTRÓNICO

**REALIZACIÓN Y EDICIÓN**  
**ELECTRÓNICA BUSER'S**

**CORREO ELECTRÓNICO**  
Erasmobustamante@buser's.com  
Luis.Bustamante@busers.com

Reservados todos los derechos. Está prohibido reproducir, almacenar, **digitalizar** y transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado (electrónico, mecánico, magnético, **digital**, fotocopia, grabación, etc. sin la autorización escrita de Electrónica BUSER'S.

BOGOTÁ, D.C., ABRIL DE 2021

# *CURSO DE* **TELEVISION DIGITAL**

## **Sistemas de Exploración y Digitalizando la señal Análoga**

### **Exploración Entrelazada**

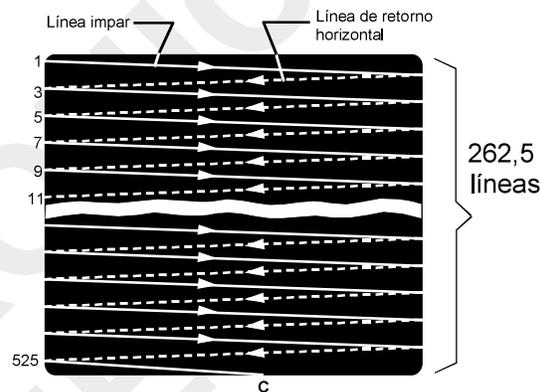
La televisión convencional que actualmente recibimos en nuestros televisores, es Terrestre o inalámbrica y además, es análoga y pertenece al standard NTSC.

Se basa en un cuadro de imagen con una resolución de 525 líneas horizontales, una frecuencia horizontal de 15.734,26 Hz, frecuencia vertical de 59,94 Hz y una relación de aspecto de 4:3, es decir por cada 4 medidas horizontales, hay 3 medidas verticales.

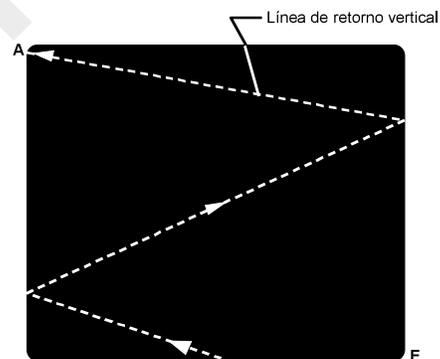
El sistema de exploración, es entrelazado (Interleaving), ya que cada cuadro de imagen se divide en dos campos, el par y el impar, cada uno con 262,5 líneas, tal como lo muestran las figuras 1-1 a 1-3.

Cuando los tres haces terminan de trazar las 262,5 líneas del campo **Impar**, desde la parte superior a la inferior de la pantalla, retornan desde la parte inferior a la superior de dicha pantalla hacia para realizar el trazado de las 262,5 líneas del próximo campo **Par** que será colocado en forma entrelazada con el Impar.

Pero como ya es conocido de todos los técnicos y estudiosos, el transmisor de televisión solo

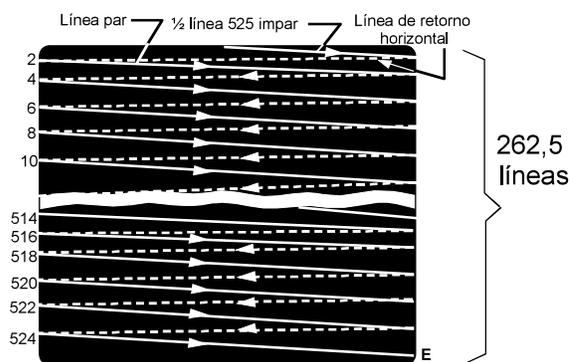


**FIGURA 1-1. Trazado del Campo Impar**



**FIGURA 1-2. Retorno Vertical**

envía uno de los dos campos de televisión a la vez con sus 262,5 líneas. El hecho de que veamos ambos campos entrelazados sobre la pantalla, se debe al fenómeno de la persistencia visual.



**FIGURA 1-3. Trazado del Campo Par**

Este sistema de exploración, es llamado Temporización 525/59,94/2:1, es decir que la imagen NTSC está definida por 525 líneas por cuadro y cada cuadro por dos campos para un total de 60 campos (59,94). La notación 2:1, indica que la exploración es entrelazada, 2 campos por 1 cuadro.

### Ancho de Banda

Cada uno de los cuadros o imágenes de televisión, está definido por 525 líneas horizontales, es decir, 262 líneas por campo.

Sin embargo, de las 525, solo son visibles o se hallan activas un total de 480 por cada cuadro de la imagen, ya que las otras 25 son eliminadas por los pulsos de borrado vertical (Blanking), es decir, 22,5 en la parte superior del cuadro y 22,5 en la parte inferior de éste.

Para los sistemas convencionales de televisión basados en el CRT o tubo de rayos catódicos, cada una de las 525 líneas horizontales de la imagen está definida por un promedio de 300 elementos o pixeles de color y cada pixel está compuesto por tres puntos de fósforo de color rojo (R), verde (G) y azul (B).

Si multiplicamos los 300 pixeles que tiene cada línea horizontal por el número de líneas activas que

tiene la pantalla, se obtiene un total de  $300 \times 480 = 144.000$  pixeles.

Para desplegar una imagen inmóvil, sin parpadeo sobre la pantalla, éste cuadro de imagen debe ser refrescada o repetido 29,94 veces por segundo, para facilidad de cálculo, redondeamos a 30.

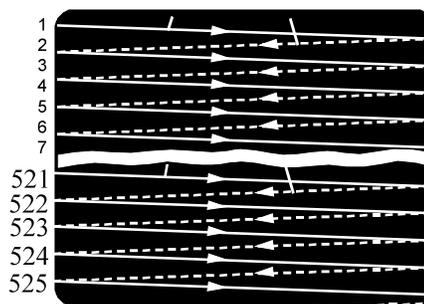
Luego, el número de pixeles o elementos de la imagen que la señal de video debe excitar por segundo, es el producto de  $144.000 \times 30 = 4.320.000$ . De otro modo, el ancho de banda de la señal de video, debe ser de 4,3 MHz.

Como a la información de video es necesario adicionarle la información de audio, el ancho del canal de televisión, es de 6 MHz.

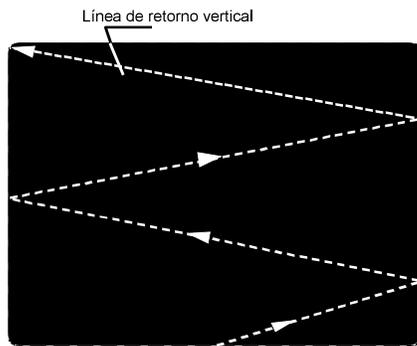
### Exploración Progresiva y su Ancho de Banda

Los televisores que emplean el sistema de dos campos entrelazados, presentan un fenómeno de parpadeo a todo lo largo de cada una de las líneas horizontales y un desalineamiento entre los campos, llamado *Glitter*.

Para evitar este fenómeno, se emplea el sistema de exploración progresiva. En este caso, el transmisor envía simultáneamente las 525 líneas de un cuadro de televisión y el televisor las debe trazar una a una desde la parte superior de la panta-



**FIGURA 1-4. Trazado progresivo del primer cuadro**



**FIGURA 1-5. Retorno vertical**

lla hasta la inferior para representar un cuadro de imagen, figura 1-4.

Trazado el primer campo, los tres haces retornan desde la parte inferior a la superior de la pantalla en forma invisible, como lo muestra la figura 1-5.

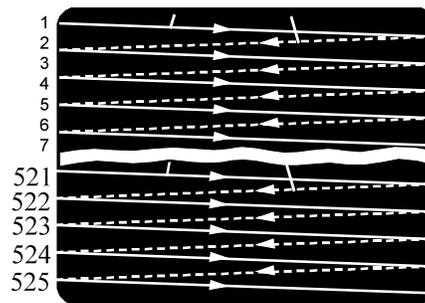
El próximo paso, es trazar el segundo cuadro con otras 525 líneas de la imagen, figura 1-6. Luego, los haces deben retornar desde la parte inferior a la superior de la pantalla y dar inicio al cuadro 3. Este proceso se repite 29,94 veces por segundo en el sistema NTSC y es llamado refresco vertical.

Este sistema de exploración, es llamado Temporización 525/59,94/1, es decir que la imagen NTSC está definida por 525 líneas por cuadro y cada cuadro por un solo campo para un total de 60 campos por segundo (59,94). La notación 1, indica que la exploración es progresiva, un solo campo por cuadro. 2 campos por 1 cuadro.

## LA TELEVISION DE ALTA DEFINICION HDTV

Los comienzos de la televisión digital se originan con la televisión analógica de alta definición, denominada HDTV (iniciales de **H**ight **D**efinition **T**V y en la televisión Mejorada IDTV (iniciales de **I**mproved **D**efinition **T**V).

Estos dos standares proporcionan una mayor resolución por la mayor cantidad de pixeles desple-



**FIGURA 1-6. Trazado progresivo del segundo cuadro**

Cuando se envía un solo campo de televisión, tal como se vio antes, el transmisor necesita cierta potencia y un ancho de banda de 6 MHz. Para enviar al tiempo un cuadro de televisión con sus 525 líneas, el transmisor debe emplear el doble de potencia y además, el doble de ancho de banda, cerca de 12 MHz.

De igual modo, para que el televisor analógico pueda responder a esta señal con las 525 líneas en forma simultánea, necesita que los circuitos del sintonizador (tuner), los procesadores de frecuencia intermedia VIF y de video, respondan con el mismo ancho de banda.

En las condiciones actuales, es necesario cambiar los transmisores en el estudio de televisión, que deben disponer de mayor potencia y ancho de banda y los circuitos de los televisores para que respondan a este mayor ancho de banda, incrementando necesariamente los costos.

gados por cada línea horizontal (1.920 H) y de líneas por cuadro vertical (1.080V).

Para los televisores analógicos HDTV, se emplean pantallas más anchas con relación de aspecto de 16:9, imitando las proporciones de una sala de cine, dándole a la imagen visualizada, mayor proporción en sentido horizontal, lo cual conllevó a que

---

definitivamente los televisores con CRT fuesen reemplazados por los LCD y los PDP (plasma).

Para los televisores HDTV, se emplea una pantalla con relación de aspecto de 16:9, imitando las proporciones de una pantalla de cine, para darle a la imagen mayor proporción en sentido horizontal, lo cual conllevó a que definitivamente los *CRT fuesen reemplazados por las pantallas de cristal líquido (LCD) y plasma o PDP.*

Además, de las anteriores características en la imagen, la información del sonido viene mejorada, incorporando 5,1 canales con la misma calidad del disco compacto o CD, creando de este modo, la ilusión de disponer de un teatro casero.

### **Limitante del Ancho de Banda**

Si se transmite la televisión análoga en alta definición o HDTV, con una resolución de 720 pixeles horizontales y 1050 líneas horizontales por cuadro y una frecuencia de refresco (Frecuencia vertical) de 30 Hz, las cosas empeoran, pues ahora se necesita manejar un total de 18,9 Millones de pixeles o 18,9MHz:

$$600 \text{ pixeles} \times 1050 \text{ líneas} \times 30 \text{ cuadros} = 18,9 \text{Mbits/S}$$

Como estos 18,9 Mbps/S equivalen a 18,9 MHz y solo disponemos de un ancho de banda de 6 MHz, en el canal análogo, quedan tres (3) opciones para resolver el problema:

1. Cambiar el ancho de banda del transmisor y del televisor, de 6 a 18,9 MHz
2. Comprimir la señal para adaptarla al ancho de banda de 6 MHz
3. Disponer de canales con sistema Multiplex, dos con compresión y tres sin comprimir.

Como las dos primeras opciones, son incom-

patibles con el Standard de televisión NTSC actualmente vigente, la única opción aceptable es transmitir en forma simultánea la señal NTSC por unos canales y la de HDTV por otros o en su defecto, transmitir un canal con un ancho de banda de 20 MHz, de los cuales se emplean los primeros 6 MHz para NTSC y la restante banda para HDTV.

Sin embargo, esto es una potestad de las grandes compañías que explotan la televisión comercial. Aparentemente, no es rentable transmitir los dos formatos de televisión en forma simultánea, la NTSC y la HDTV.

Si se transmite a través del aire, la señal solo cubre unos 80 Kms a la redonda para evitar la interferencia entre los diferentes canales. Además, en VHF solo se pueden utilizar las frecuencias de 54 a 88 MHz y de 174 a 216MHz. En UHF, solo se puede utilizar la banda de 473 a 884 MHz.

Luego, en este momento, solo quedan dos alternativas para recibir televisión de alta definición, ya sea la vía Satélite o la vía directa mediante cable o televisión por cable.

### **LA TELEVISION DIGITAL**

La norma para la televisión digital terrestre **TDT** aprobada en Colombia fue la Europea **DVB**, sigla formada con las iniciales de los términos en Inglés **D**igital **V**ideo **B**roadcasting, que traduce Video comercial Digital. A esta sigla, se le puede adicional la letra T (DVB-T), cuando el origen de la señal es vía terrestre; S cuando el origen de la señal es vía Satélite o C cuando el origen es vía Cable.

El ancho de banda de la televisión Europea, es de 8 MHz, pero dicho ancho se ha reducido actualmente a 7,61 MHz.

De los tres sistemas de transmisión empleados para la televisión digital, satelital, cable o terrestre,

la última es la más problemática, ya que en terrenos accidentados o con la masiva presencia de edificios, se presentan una o varias señales reflejadas que se tienden a mezclar y producir un efecto de eco.

Para evitar el anterior inconveniente, se emplea el principio de modulación COFDM, sigla derivada de los términos en inglés **C**oded **O**rthogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplexing, que traduce División multiplexada de Frecuencias Codificadas Ortogonalmente.

Con este principio de modulación, se emplea un gran número de portadoras (2.000 o más) equiespaciadas en frecuencia y modulada a su vez cada una de ellas por el método **QPSK** o el **QAM**. Al modulador QAM, le ingresa una trama de datos en el formato de compresión MPEG2.

Cada una de las portadoras forma un subcanal y la suma de las informaciones transmitidas por dichos subcanales, equivale a la información total de lo que se desea transmitir.

### Digitalizando la Señal de Video

La principal ventaja de digitalizar la señal de video, es la de permitir la compatibilidad entre los

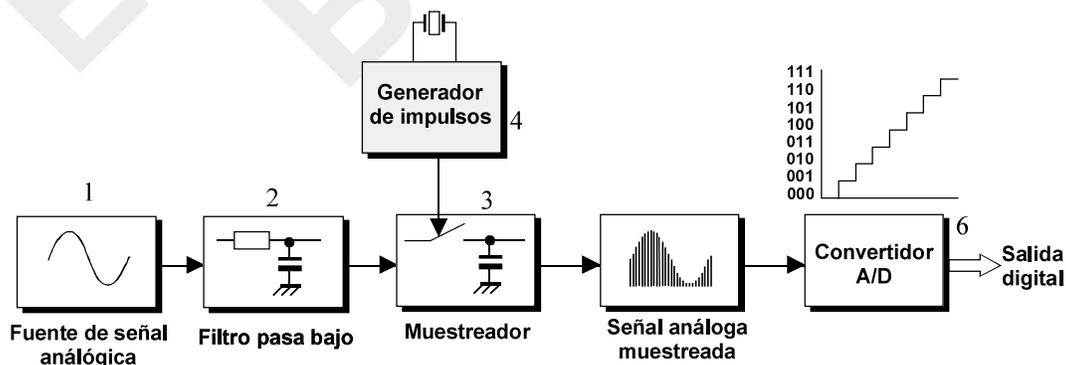
equipos de intercambio de programas con diferentes países y en forma independiente de los estándares ya establecidos PAL y NTSC.

Además, la digitalización permite la copia de los programas sin ninguna degradación en la calidad de las imágenes, facilitando la introducción de efectos especiales.

Las anteriores ventajas no son posibles de realizar con señales análogas. La figura 1 muestra el proceso básico empleado para digitalizar una señal análoga, en un proceso similar al utilizado para el CD o disco compacto.

La señal análoga de video, bloque 1, ingresa a un circuito pasabajo, donde se limita su ancho de banda, bloque 2. Del bloque 2, la señal ingresa al circuito de muestreo, compuesto por un condensador y una compuerta, que toma los valores instantáneos del voltaje análogo y los aplica al condensador.

El interruptor de la compuerta, es manejado por la señal de reloj o frecuencia que realiza el muestreo. La onda muestreada queda como aparece en el bloque 5.



**FIGURA 1. Proceso básico de muestreo y digitalización de la señal de Video**

De hecho, cada valor instantáneo de la señal analógica es convertido a una cifra binaria de 8 bits, en un circuito ADC o conversor analógico a digital, bloque 6.

Sin embargo, el proceso de conversión, es un poco más extendido y elaborado, como se describe a continuación, ya que es necesario posteriormente comprimir la señal por su elevado ancho de banda.

Es muy importante aclarar, que en los estudios de televisión digital, la señal es digitalizada y puede alcanzar una rata de bits por segundo, del orden de los 270 Mbits, flujo demasiado considerable, por su ancho de banda.

Pero antes de transmitir la señal hacia los usuarios, la señal debe ser comprimida para reducir su ancho de banda. La Reducción reduce sensiblemente el volumen de los datos a costa de una pequeña pérdida en la calidad de la imagen.

### El Muestreo

El proceso básico de digitalización del video analógico es mostrado resumidamente en la figura 3. Para digitalizar la imagen analógica de video, se toman muestras (Sampling) por separado a la señales de luminancia **Y** y a las de diferencia de color **R-Y** y **B-Y**, también llamadas **Cr** y **Cb**, para conformar una matriz con informaciones de luz y de color.

De acuerdo a las recomendaciones de la CCIR 601 (Comité Consultivo Internacional para las Radio-comunicaciones) se estableció un formato de calidad 4: 2: 2, tomando 4 muestras de la señal **Y**, una de **Cr** y otra de **Cb**, ver figura 2.

Por cada porción activa (53µS) de cada línea horizontal, se toman 720 muestras para la señal de luminancia **Y** y 360 muestras por cada una de las señales diferencia de color **R-Y** y **B-Y**. No se digitalizan los pulsos de sincronismo ni los de borra-

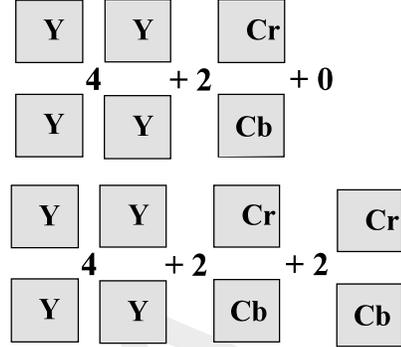


FIGURA 2. Muestreo de 4:2:0 y 4:2:2

do, éstos más bien se emplean para sincronizar las transmisiones digitales.

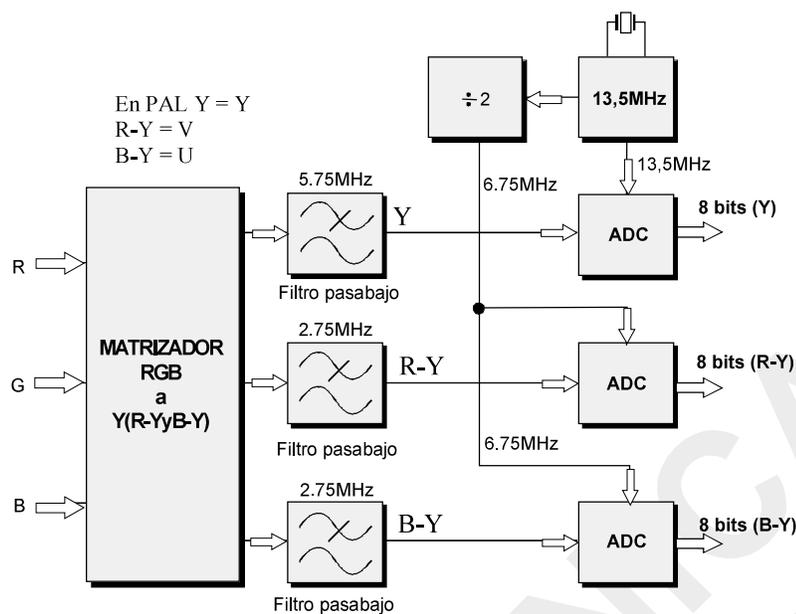
De hecho, como no se tomó la muestra a la totalidad de la línea, es evidente que la calidad del video obtenido *es inferior* al visualizado por la señal analógica original. El período completo no puede ser muestreado.

También es cierto, que la señal CVBS no es digitalizada, solo se hace con las señales diferencia de color **R-Y** y **B-Y**, con lo cual se mejora notablemente la calidad de la señal y se eliminan posibles intermodulaciones (Crosstalk) entre las señales **Y** (Luminancia) y **C** (Croma).

También es cierto, que antes de muestrear la señal, los componentes son sometidos a la acción de circuitos pasabajos para limitar su ancho de banda.

Por el teorema de Nyquist-Shanon, que estudió la problemática del muestreo, se deduce que la frecuencia  $F_s$  que realiza el muestreo a la señal de video, debe ser por lo menos el doble de la frecuencia a muestrear, cerca de 9 MHz.

Sin embargo, su valor se puede aproximar a un múltiplo de 858 de la frecuencia de barrido horizontal para el standard NTSC y a un múltiplo de 864 para la frecuencia de barrido horizontal en el Standard PAL, así:



**FIGURA 3. Proceso de Conversión Digital**

$$F_s \text{ en NTSC} = 15.734,26 \times 858$$

$$F_s = 15.734,25 \times 858 = 13,499995 \text{ MHz}$$

$$F_s \text{ en PAL} = 15.625 \times 864$$

$$F_s = 15.625 \times 864 = 13,5 \text{ MHz}$$

En cualquiera de los dos Standard de Televisión, PAL o NTSC, se emplea como frecuencia de muestreo, la de 13,5 MHz. En la mayoría de los televisores HDTV, se emplea un cristal de 27 MHz cuya frecuencia se divide por 2 para obtener los 13,5 MHz como señal de reloj.

Con los 13,5 MHz, período a período, se muestra la señal de luminancia Y cuyo ancho de banda fue limitado previamente por un filtro pasabajos a 5,75 MHz, figura 3.

La señal de componentes R-Y, es sometida a la acción de otro filtro pasabajos para limitar su ancho de banda a solo 2,75 MHz. Luego, es muestreada, período a período, por una frecuencia de 6,75MHz, que se obtiene dividiendo la de 13,5MHz por 2

Finalmente, la señal de componentes B-Y, es sometida a la acción de otro filtro pasabajos, para limitar su ancho de banda a 2,75 MHz. Luego es muestreada por una frecuencia de 6,75MHz, que se obtiene dividiendo la de 13,5 MHz por 2.

Cada uno de los tres (3) componentes de video muestreado, es aplicado a un circuito ADC o conversor Análogo- Digital, para convertirla a formato digital de 8 bits, figura 3.

La norma CCIR que establece una longitud de palabra de 8 bits para cuantificar 256 diferentes niveles, distribuidos de la siguiente manera:

**Señal de Luminancia:** 235 niveles, de los cuales el nivel del negro es el 16 y el blanco el 235. Los niveles del 236 al 256 y del 0 al 15, se reservan para absorber la sobremodulación.

**Señal de Cromo:** 224 niveles para las señales de color U y V. El 0 análogo coincide con el nivel 128. Así los niveles extremos se hallan a  $\pm 112$ ,

es decir entre los números binarios 11110000 (240 en decimal) y 00010000 (16 en decimal). Se reservan los niveles del 0 al 16 y del 241 al 256 para los casos de sobremodulación.

### Rata o Flujo de Bits

Reconstruyendo los pasos anteriores, se puede aproximar la rata o flujo de bits a manejar por segundo al digitalizar las señales análogas de video, así:

$$\begin{aligned} \text{Mbits/S} &= (13,5\text{MHz} \times 8) + 2(6,75\text{MHz} \times 8) \\ \text{Mbits/S} &= 108 + 2(54) = 216 \end{aligned}$$

También se puede sacar la velocidad o rata de bits por segundo, multiplicando 27.000.000 (2 veces la señal de reloj de 13,5 Mhz) por la longitud de la palabra:  $27.000.000 \times 8 = 216 \text{ Mbps}$ .

De otro modo, simplificando las cosas, vemos que el hecho de muestrear una señal análoga para convertirla a digital colocando a cada muestra un código de 8 bits, produce en un flujo de 216 Mbits por segundo (equivalente a 216 Mh).

Sin embargo, empleando la modulación PCM o modulación por código de pulsos, la tasa o rata de bits, se puede reducir a 108 Mbps.

De todos modos, el resultado es un ancho de banda, ya que se puede manejar en los estudios de televisión digital, pero que requiere de mucha potencia y costo para emitirlo a través del aire y manejarlo por los métodos por nosotros hasta ahora conocidos. Es necesario *...comprimir la señal de video*. Este tema será cubierto en próximo capítulo.

### TRANSMISION DE LA SEÑAL DIGITAL

Para transmitir la señal desde su punto de origen, existen 3 medios:

- a) Vía Terrestre
- b) Vía Satelital
- c) Vía Cable

En las figuras 4, 5 y 6, se muestra en forma de bloques el proceso básico que experimenta la señal digital en los tres estándares antes de ser emitida al aire. En los tres, son comunes los bloques de Compresión, inserción de sincronismos y el corrector de errores Reed Solomon.



FIGURA 4. Transmisor Básico terrestre



FIGURA 5. Transmisor Básico Satelital

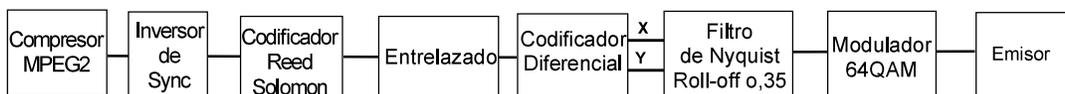


FIGURA 6. Transmisor Básico por Cable

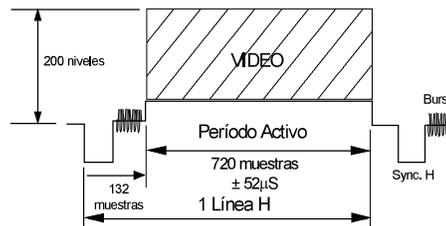
Los tres estándares, para reducir el ancho de banda generada por la alta tasa de bits muestreados por segundo o Mbps, después de digitalizar la señal analógica se le aplicará la trama de compresión **MPEG2**, cuyo principio básico, se muestra en la figura 7.

El primer paso en el proceso, es muestrear, tomar muestras de las señales componentes de video Y; Cr y Cb, de acuerdo a la norma CCIR 601 4:2:2, tal como se mostró antes en la figura 2.

Si se asume una señal NTSC de 525 líneas por cuadro (Frame), de ellas solo se hallan activas 480, las restantes 45 son eliminadas por los pulsos de borrado (Blanking).

Además, a cada porción de la línea horizontal, el pulso de borrado le elimina parte inicial y posterior de cada línea. Parte de los cuadros de televisión se emplean para transportar datos y sincronizar la transmisión digital.

Se justifica la menor relación de muestreo porque no toda la información transmitida es visible al ojo humano. Esta es más sensible a los cambios de la luminosidad que a los cambios en la calidad o tonalidad del color.



**FIGURA 8. Muestreo de una Línea H**

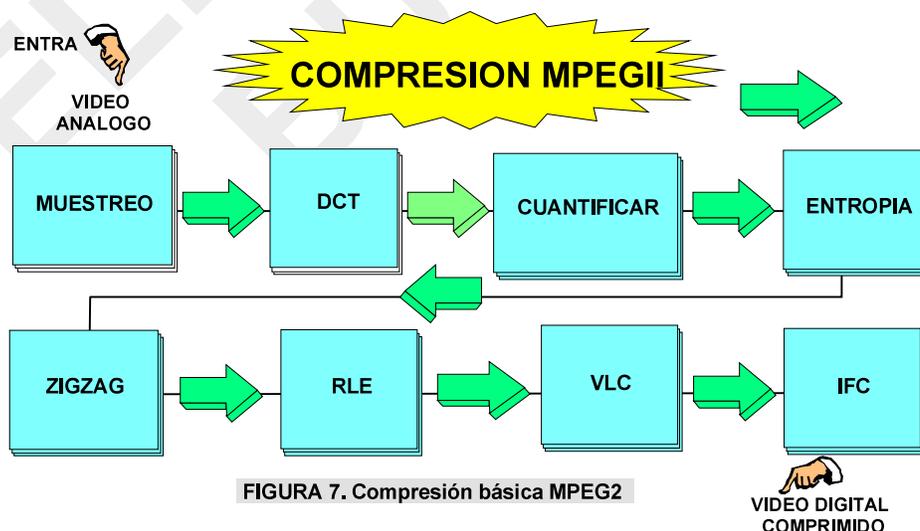
### Bloques y Macrobloques

El próximo paso es el agrupamiento de los píxeles en bloques y macrobloques. Si muestreamos una señal NTSC de 480 líneas activas y con un muestreo de 4:2:0 y 720 muestras por la porción activa de la línea, se muestrea un total de:

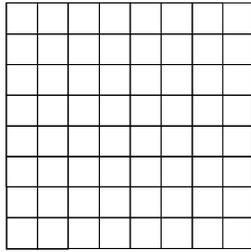
$$480 \times 720 = 345.600 \text{ píxeles.}$$

Un agrupamiento de  $8 \times 8 = 64$  píxeles es llamado bloque, figura 9 y el agrupamiento 6 bloques, es llamado Macrobloque, figura 10.

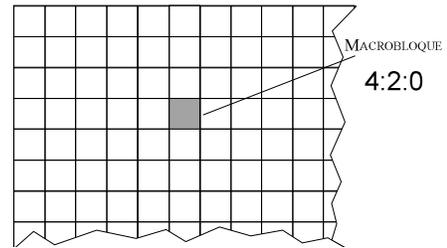
Para la señal de luminancia Y, se toman  $345.600/64 = 5.400$  bloques de  $8 \times 8$  píxeles. Para las señales diferencia Cr y Cb se toman 1.350 por cada una de ellas. El total muestreado de bloques, es:  $5.400 + 2 (1350) = 8.100$



**FIGURA 7. Compresión básica MPEG2**



**FIGURA 9. Bloque de 8 x 8 píxeles**



**FIGURA 10. Cada macrobloque contiene 4 muestras de luminancia Y y dos de color, uno Cr y otro Cb.**

A cada conjunto de 6 bloques, 4 por la señal de luminancia Y y 2 por las señales Cr y Cb, se le denomina **Macrobloque**, figura 10. Luego, por un cuadro (imagen) de televisión, se tienen  $8.100/6 = 1.350$  Macrobloques.

es decir, a aquellos bloques de luminancia y de croma que tienen el mismo valor, se les aplica este proceso.

Un caso típico, es un paisaje en el mar, donde se observa un firmamento abundante de color azul y mucha agua de color azul verdosa.

**DCT (Transformada del coseno Discreto)**

El siguiente paso en la compresión de las señales, es la de reducir la redundancia espacial,

De pronto, en el paisaje se observa un pequeño velero que se mueve lentamente. De hecho,

50	50	50	50	99	99	99	99
50	50	50	50	99	99	99	99
50	50	50	50	99	99	99	99
50	50	50	50	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

**11-a**



87	50	50	50	99	99	99	99
50	50	50	50	99	99	99	99
50	50	50	50	99	99	99	99
50	50	50	50	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

**11b**

Bloque de 8 x 8 píxeles

Bloque de 8 x 8 píxeles



87	-37	-37	-37	12	12	12	12
-37	-37	-37	-37	12	12	12	12
-37	-37	-37	-37	12	12	12	12
-37	-37	-37	-37	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12

**11c**



87	-37	-37	-37	99	99	99	99
-37	-37	-37	-37	99	99	99	99
-37	-37	-37	-37	99	99	99	99
-37	-37	-37	-37	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

**11d**

Bloque de 8 x 8 píxeles

Bloque de 8 x 8 píxeles

---

es evidente que hay una cantidad de bloques de píxeles de 8 x 8 que se repiten en una región de un solo cuadro, mostrando mucha agua o mucho cielo azulado.

MPEG2 aprovecha este fenómeno y les aplica la función matemática de la transformada del coseno discreto. Durante la codificación, a las muestras cambiantes y de poca repetición les asigna un número considerable de bits y a las muestras con mucha repetición, pocos bits.

La trama MPEG2, almacena los datos más visible y cambiantes al ojo en el lugar más estrecho y crea más ceros (0) para el bloque codificado.

Suponiendo que el bloque codificado tiene los valores de la figura 11a, MPEG2 calcula el valor promedio de este bloque. Como un cuarto del blo-

que tiene el valor de 50 y los otros 3/4 tienen el valor de 99, el promedio será:

$$(50 + 99 + 99 + 99)4 = 87$$

Este promedio se coloca como primer código de referencia en el sitio del primer píxel, parte superior izquierda, figura 11b.

A continuación, se coloca para los demás píxeles la diferencia entre el valor de referencia y el del propio píxel. Como la diferencia entre la referencia (87) y el del píxel (50) es de -37 este será el valor colocado para los píxeles del primer cuadrante, figura 11c

En los siguientes 3 cuadrantes, el valor de cada píxel es de 99 y están excediendo en 12 el valor de referencia. Luego, este será el valor colocado a los píxeles de los 3 cuadrantes restantes.

## EL RECEPTOR DE TELEVISION DIGITAL

La figura 4, muestra la configuración en forma de bloques que debe tener un receptor de Televisión Digital, para que pueda recibir, ya sea la señal terrestre DVB-T, la señal satelital DBS o el acoplamiento directo vía **Cable**.

El tuner debe sintonizar las bandas de VHF y UHF que cubren las frecuencias de los 47 a los 862 MHz que involucran las señales digitales terrestres de acuerdo a las normas CCIR. De hecho, dicho tuner, solo puede sintonizar el standard adecuado, el ATSC Americano o el DVB Europeo.

La salida del tuner, debe entregar dos diferentes tipos de frecuencia intermedia, centradas alrededor de los 36,17MHz para la señal digital y 38,9MHz para la señal analógica tradicional.

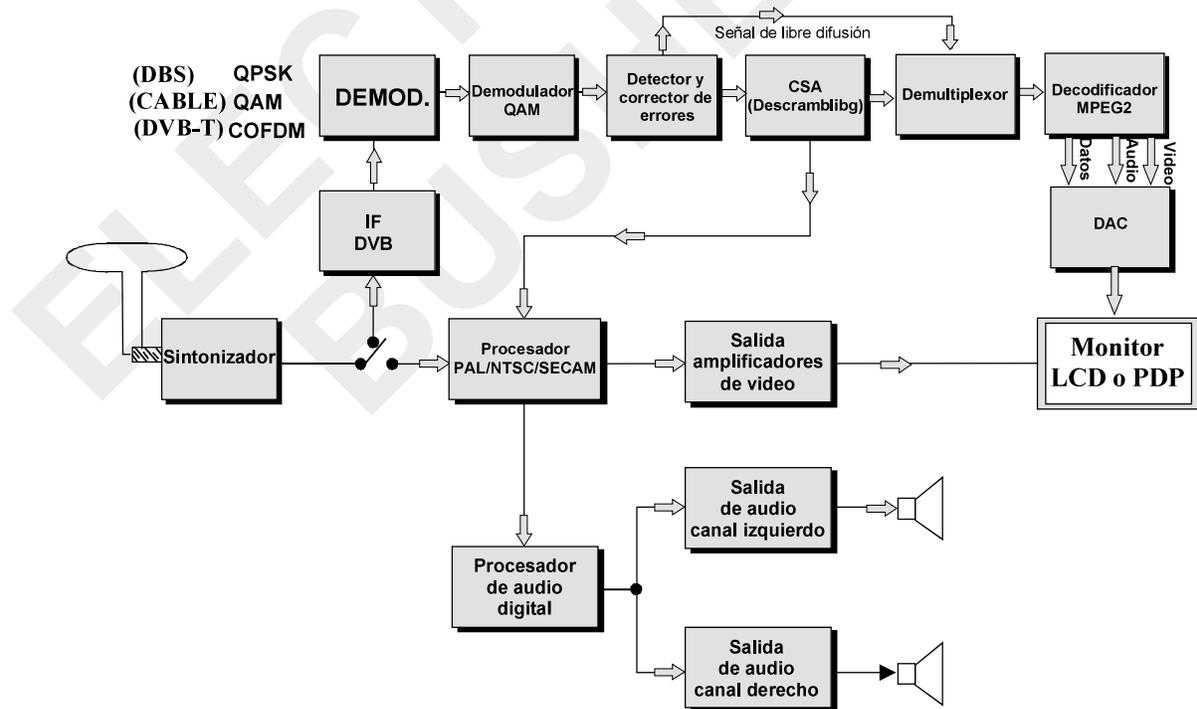
A la salida del tuner o sintonizador, hay un conmutador electrónico que pueda darle paso a la fre-

cuencia intermedia tradicional analógica VIF de 38,9 MHz o en su defecto, al la frecuencia intermedia digital IF-DVB de 36,16MHz

Cuando la señal de frecuencia intermedia VIF es analógica, ésta toma el camino a un circuito identificador de los estándares PAL, NTSC o SECAM, para procesar la señal de video y la señal de audio como lo hace un circuito integrado jungla común y corriente

Si la señal de frecuencia intermedia proviene de una fuente digital terrestre IF-DVB, ésta debe ingresar a un circuito recuperador COFDM, pues en el transmisor fue previamente modulada por el sistema COFDM (División Multiplexada de Frecuencia y Codificada Ortogonalmente).

Luego de recuperada la señal digital, se ingresa a un circuito demodulador que puede ser QPSK



**FIGURA 4. Receptor Digital terrestre DVB**

---

cuando la señal digital proviene de una fuente Satelital o QAM cuando proviene de una fuente de señal por CABLE.

La sigla QPSK, indica que el sistema de modulación empleado fue el de desplazamiento gatillado de la fase en cuadratura (**Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eying).

La sigla QAM, indica que el sistema de modulación empleado fue el de **M**odulación por **A**mplitud de **C**uadratura (**Q**uadrature **A**mplitud **M**odulation).

El siguiente paso de la señal, es el sub-bloque **D**etector y **C**orrector de **e**rrores. Este corrige los bits erróneos que se hallan introducido en el canal de transmisión.

Pero si la señal es enviada vía satélite o en forma terrestre, se emplean simultáneamente decodificadores tipo Viterbi y Reed Solomón. Si la transmisión es recibida vía Cable, solo se aplica el corrector de errores de Reed Solomón.

La señal ya corregida en errores, puede ingresar directamente al sub-bloque Demultiplexor si es un canal libre, pero si éste es pago, debe ingresar previamente al sub-bloque descrambler o de desembrollador CSA (**C**ommon **S**crambling **A**lgorithm).

El circuito CSA, se emplea durante la transmisión, para mezclar ***casi al azar*** los paquetes de datos en el transmisor (como una revuelta de huevos) por medio de algoritmos) antes de comprimirlos. Se dice al azar, pero realmente la acción la realiza un microcontrolador.

En el televisor, el circuito CSA recupera el orden original de los paquetes de datos empleando el mismo algoritmo decodificador, de forma que solo el abonado autorizado pueda ver el programa.

Como la señal a la salida del circuito demodulador QAM puede contener varios canales de información, ésta debe pasar por el sub-bloque **D**emultiplexor que selecciona el canal que se desea visualizar.

El canal seleccionado, ingresa ahora al sub-bloque **M**PEG2 y decodifica la señal para recuperar la información original cuando fue convertida de análoga a digital, tanto el de video, el sonido y los datos o teletexto.

Finalmente, las señales de video, sonido y de datos o teletexto, que siguen siendo digitales, emergen del bloque MPEG2 hacia el bloque conversor DAC (conversor Análogo a Digital), donde se recupera la información análoga, como era antes de digitalizarla.

Las señales de video, pueden seguir el camino normal de una señal análoga, para ser desplegada sobre una pantalla de cristal líquido LCD, LED TV, OLED o un PDP, siguiendo el proceso normal de exploración para estos dos tipos de pantallas.

El anterior proceso, debe ser controlado por un Microprocesador o un microcontrolador y además se le deben adicionar los pulsos de sincronismo horizontales y verticales, así como los de borrado, de acuerdo al estándar NTSC, PAL o SECAM.

### **Un TV Digital Samsung**

En la figura 5 de la página 14, se muestra el plano en forma de bloques de un Televisor LCD Digital de la marca SAMSUNG.

En página 15, se muestra en forma de bloques, el equivalente a una caja decodificadora de la señal de televisión digital, con base al circuito integrado STi5105, el cual está asistido por una memoria Flash y una memoria DRAM de doble tasa de datos DDR.

ELECTRONICA  
BUSHER'S

---

La señal de televisión digital terrestre, hace contacto con el tuner, que puede procesar ambas señales, la análoga y la Digital. Este entrega a su salida, las siguientes señales:

- \* Señal análoga de video compuesto CVBS
- \* Frecuencia intermedia de sonido SIF, de 4,5 MHz.
- \* El Flujo de transporte **TS** (transport Stream) con las palabras de 8 bits de la señal de video MPEG aún comprimida.

La señal de video compuesta CVBS, ingresa directamente al puerto análogo del circuito integrado Escalador, de referencia en este caso 336-FPGA.

La frecuencia intermedia de sonido IFS, ingresa directamente al procesador de sonido SGTV5810, quien entrega las dos señales de audio estereofónico L y R, al amplificador de salida NTP3000.

El flujo de transporte con la señal de video MPEG2, viene con los datos de video y de audio aún comprimido en palabras de 8 bits.

Ambas señales, con su flujo de transporte TS, ingresan al integrado LCX16244, que contiene en su interior, un buffer de alta velocidad de 16 bits y triestado (74HLCX16244).

Este buffer triestado, puede transferir simultáneamente dos palabras de 8 bits, una para una caja decodificadora, incorporada en el televisor y otra para una **PCMCIA** donde se puede transferir la información a otros circuitos.

El decodificador está elaborada con base al circuito integrado STi5105, el cual, como se dijo antes, realiza la función de una caja decodificadora **Set Top Box** o STB), ya que puede descomprimir ambas informaciones, la de video y la de sonido.

La señal de video, descomprimida y convertida a formato análogo, toma el camino de un circuito pasa altos, de donde emerge, incluyendo sus componente separados Y, Cr y Cb, hacia un Switch electrónico, el IC de referencia BA7657.

El Switch BA7657, decide si deja pasar esta señal descomprimida o las señales Y, Cr y Cb externas hacia el circuito integrado 336-FPGA. Este circuito integrado, contiene en su interior:

- \* Un Comb Filter, con tres líneas de retardo.
- \* Un Multidecodificador y un Desentrelazador
- \* El Equivalente al circuito integrado Scaler
- \* La interface LVDS
- \* Un procesador HDMI de 10 bits

En la página 18, se muestran las funciones completas del tuner electrónico, que trae 28 pines y puede sintonizar frecuencias desde 47MHz hasta 862MHz.

Los Canales Análogos tradicionales, se sintonizan:

- \* VHF-L, desde 48,25MHz a 168,26MHz
- \* VH-H , desde 175,25MHz a 463,25MHz
- \* UHF de 471,25MHz a 855,25MHz

La televisión Digital DVB-T:

- \* VHF-H, desde 174(177,5) MHz a 230(226,5)MHz.
- \* UHF de 470(474) MHz a ,25MHz a 862(858) MHz.

Los 8 bits de la señal MPEG2, emergen simultáneamente y en forma paralela, por los pines 25, el bit de menor peso MD0 y por el terminal 18, el bit de mayor peso MD7.

El Tuner es manejado desde el 336-FPGA, por las dos señales del bus I2C, SDA y SCL.