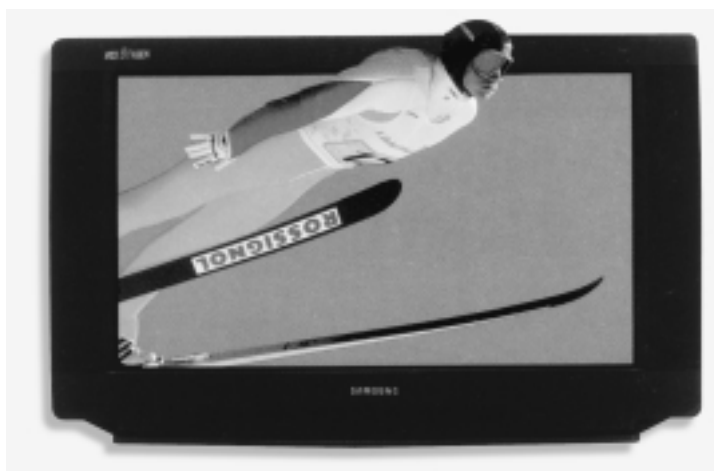


# LA TELEVISION DIGITAL (DTV)

*Carlos García Quiroz*

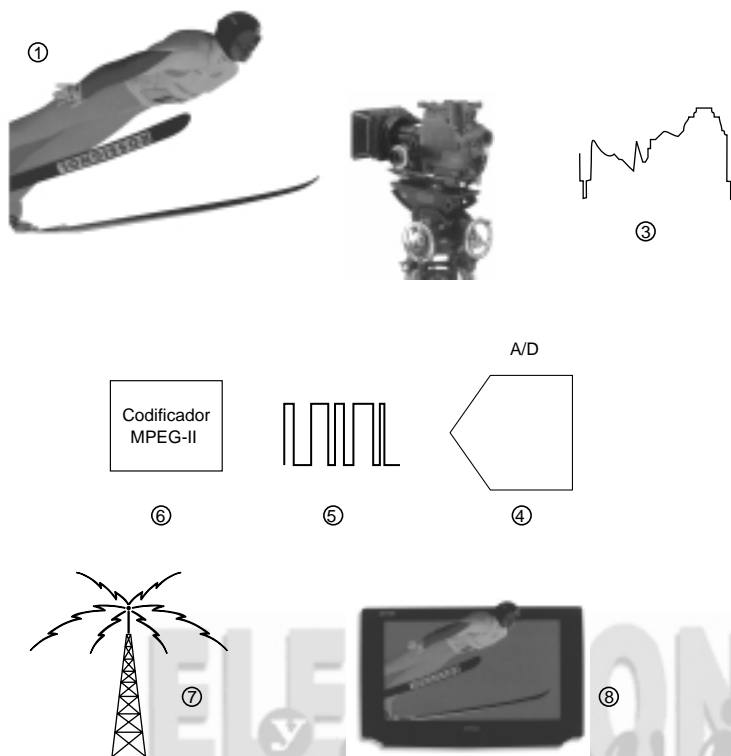


***En este artículo, haremos un recuento de las principales técnicas que se utilizan en los formatos de televisión digital que apenas se están implementando, una vez que los organismos regulatorios de Estados Unidos han aprobado las normas respectivas. Definitivamente, hay cambios sustanciales entre un formato analógico y uno digital, pues éste último incorpora el fruto de los avances en la tecnología de procesamiento de datos.***

## **¿Qué es la televisión digital?**

La televisión con tecnología digital se basa en la conversión de una señal de TV convencional (que es 100% analógica) en una secuencia de bits, cuyos estados (0,1) son las unidades mínimas de información con que trabajan todas las computadoras y los sistemas lógicos (figura 1).

Esta conversión tiene diversos aspectos que conviene tomar en cuenta, entre los que destaca el siguiente: desde que comenzaron a utilizarse las técnicas digitales, los investigadores advirtieron que una conversión directa de la señal de TV en formato digital requería un ancho de banda realmente prohibitivo, que implicaría la desaparición de una gran cantidad de canales



En forma resumida, podemos decir que la televisión digital comienza de manera idéntica a la televisión analógica: con una imagen (1) tomada por una cámara de video (2), que convierte la información luminosa en señal de video analógica (3). Esta señal pasa por un convertidor A/D (4), de donde ya sale como información digital (5). Para evitar que en su transmisión utilice un ancho de banda excesivo, se comprime bajo el estándar MPEG-II (6), y finalmente se amplifica y se envía hacia la antena transmisora (7), para que sea recibida en los receptores de TV-digital hogareños (8), donde se invierte el proceso y se recupera la imagen original.

de TV o el uso de bandas de frecuencias que aún no hubieran sido explotadas (algo similar sucedió con el formato de alta definición de la NHK de Japón, el cual necesitaba de un ancho de banda excesivo, razón por la que nunca logró ningún éxito fuera de ese país, y en la actualidad ha sido completamente abandonado).

Debido a la gran cantidad de información que aparece en una imagen en movimiento, toda la secuencia de bits obtenida en la conversión de analógico a digital debe transformarse en una secuencia más pequeña; es decir, tiene que ser comprimida y codificada para que pueda transmitirse a los receptores, ya sea por vía terrestre, satélite, cable o incluso por microondas.

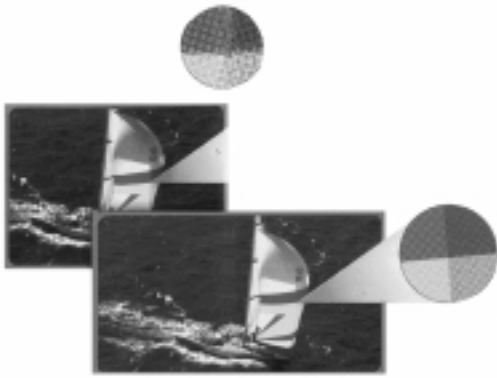
Veamos más de cerca cómo se hace esta transformación: la imagen digital es un conjunto de pequeños elementos unitarios, llamados "píxeles" o pels, ordenados en forma matricial y donde cada uno tiene un valor numérico que representa su intensidad luminosa y su color.

Para representar de forma digital una imagen, se necesita una cantidad muy grande de bits que describan la conformación de los casi 350,000 píxeles o elementos que componen la imagen (figura 2).

## Conversión analógico/digital

El primer paso que debe cumplir la televisión digital es la conversión de analógico a digital (A/D), ya que -como sabemos- la señal de imagen que se obtiene de las cámaras de video es analógica (los dispositivos captores de luz CCD convierten la luz que les llega en un nivel de voltaje equivalente, lo que a final de cuentas se traduce en una señal analógica).

Este proceso consiste en convertir, bajo condiciones controladas, los voltajes analógicos en códigos binarios expresándolos en forma de un escalonado discreto (figura 3). Dicha conversión debe regirse por ciertas normas muy estrictas



Duplicando el número de líneas horizontales (de 625 a 1250), las imágenes televisivas adquieren una calidad casi fotográfica; pero esto requiere una cantidad de bits muy grandes.

para que haya un mínimo de pérdidas de información; a continuación mencionaremos algunas de las más importantes.

### Teorema de muestreo de Nyquist

Para conseguir una conversión A/D adecuada, la teoría de comunicación se ha apoyado en las matemáticas. Justamente, para determinar la frecuencia mínima con la cual se puede muestrear

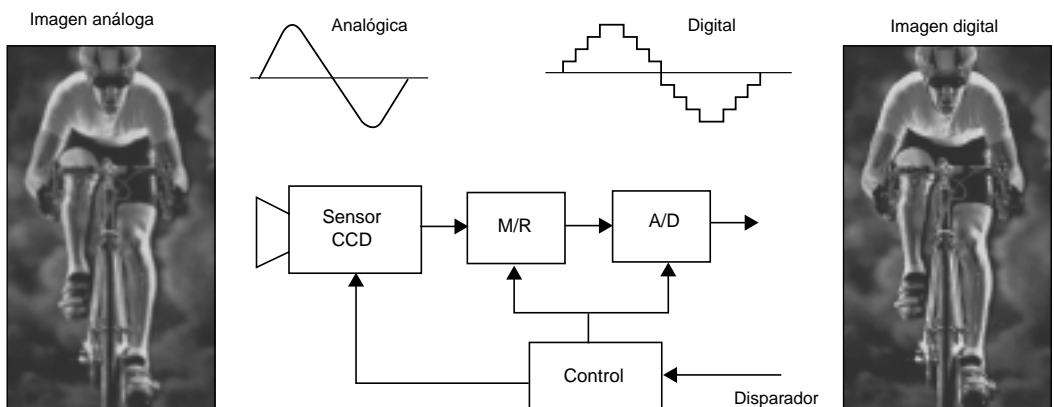
una señal análoga, sin que se lleguen a perder porciones importantes de señal durante el proceso de transformación, se utiliza el teorema de muestreo de Nyquist, que dice: "Si la frecuencia de muestreo ( $F_s$ ) es al menos el doble de la frecuencia más alta en la señal ( $F_{m\acute{a}x}$ ), se puede recuperar la señal original de los datos discretos." Esto significa que si, por ejemplo, queremos hacer un muestreo de una señal de audio que abarca desde 20 a 20,000 Hz, tendríamos que usar una frecuencia de muestreo mínima de 40 KHz.

De esta manera se limita el ancho de banda de los circuitos de procesamiento, dando así mismo una aproximación del ancho de banda requerido. En la práctica, los valores de muestreo de video digital están arriba del mínimo y son colocados en 2.5 veces la frecuencia más alta de la señal (en el caso del video, cuya frecuencia máxima en el formato NTSC llega hasta 4.25 MHz, la frecuencia de muestreo mínima sería de 9.5 MHz; y si es de más, mejor).

### Muestreo, cuantización y resolución

En el proceso de conversión de una señal analógica a digital, la amplitud de la primera es dividida en un cierto número de intervalos regu-

### Obtención de una imagen digital

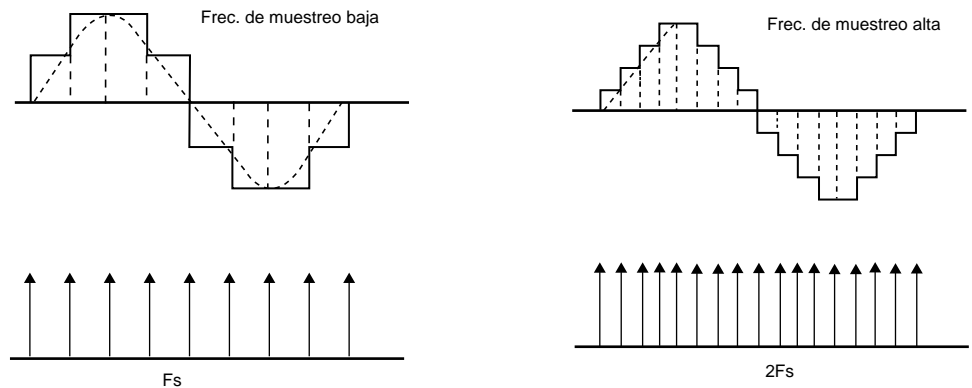


- Sensor CCD (dispositivo de carga acoplada): Captura la información de luz y la convierte en voltaje.
- Muestreo/Retención (M/R): Detiene el voltaje para que sea convertido.
- Convertidor A/D: Convierte el voltaje a código binario.
- Control: Sincroniza la operación durante el proceso.

Figura 3

Figura 4

Ondas seno con diferentes frecuencias de muestreo



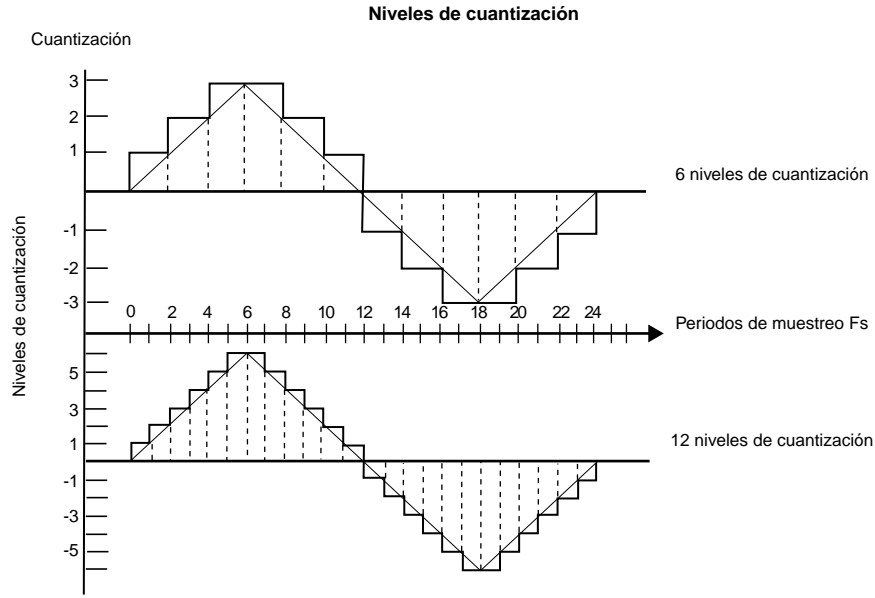
lares (que son los únicos valores que podrá tomar la señal en su formato digital), obteniéndose un valor numérico equivalente. En cada periodo de muestra, cuya duración depende del número de muestras tomadas o de la frecuencia de muestreo (*Sampling Frequency*), se “captura” un valor numérico equivalente al valor análogo de la señal original.

En la figura 4 se muestran dos aproximaciones de una onda seno, pero con dos frecuencias

de muestreo distintas: el valor de la alta frecuencia es el doble del valor de la baja frecuencia. Obviamente, puesto que los valores de muestreo más altos dan la mejor aproximación, se proporciona una mejor resolución.

En la figura 5 observamos dos ondas análogas tipo triángulo con periodos de muestreo idénticos. La diferencia entre ambos es que los niveles de conversión válidos del segundo caso duplican en número a los del primero (lo que

Figura 5



significa que en el segundo caso la señal analógica se ha dividido en intervalos la mitad de pequeños que en el caso 1).

Combinando ambos fenómenos, podemos decir que la resolución de un proceso de conversión de analógico a digital está estrechamente relacionado con el número de muestras por segundo y la cantidad de intervalos utilizados para representar el voltaje analógico original; y en ambos aspectos, mientras más elevado sea el valor, mejor se representará la señal original.

### Codificación A/D

Después de que la señal analógica es muestreada y se han obtenido una serie de valores numéricos de su amplitud en los puntos de muestreo, este valor numérico deberá convertirse en un número binario, para su posterior manejo por medio de circuitos lógicos (lo que significa por ejemplo que un valor de 23 unidades se representará como 10111).

El número de bits usado en este código binario se relaciona exponencialmente con el número de niveles de cuantización utilizados. El proceso de asignación de un código binario a cada nivel de cuantización es llamado "codificación".

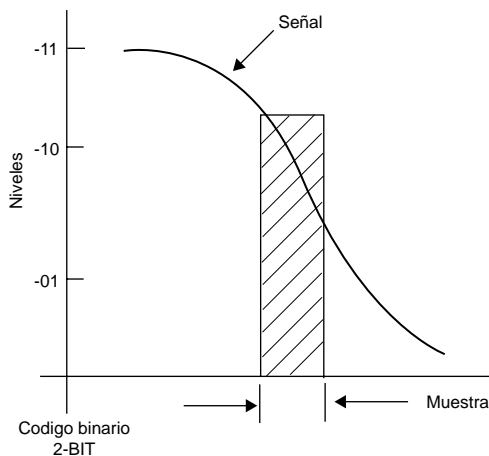
Un código N-BIT utilizaría N bits, con lo cual se tendrían  $2^N$  niveles de voltaje distintos. En tanto, un código de 4 bits permitiría  $2^4$  ó 16 niveles, y un código de 8 bits sirve para representar  $2^8$  ó 256 niveles. Un sistema completo de codificación binaria, cuenta con un método de medición de una muestra analógica contra los niveles de referencia; además, produce el código binario apropiado para el nivel de una cuantización particular (figura 6).

### Recomendaciones CCIR-601

Debido al predominio de la televisión como medio de entretenimiento en nuestros días, y para tratar de estandarizar los formatos (evitando zonas en las que existen dos o más sistemas de televisión simultáneamente, como en Europa y algunas regiones de Sudamérica), se han diseñado reglas mundiales que permitan la conversión a formato digital de cualquier señal de video, no importa que el original venga en formato NTSC, PAL, SECAM, etc.

**Figura 6**

Código binario de una muestra escogida, el cual será 10



Específicamente, la norma CCIR-601 fija los formatos de imagen, parámetros y procedimientos para la representación digital de señales de video analógico, y está basada en la idea de tener una frecuencia de muestreo común para las normas de exploración de 625/50 (formatos PAL y SECAM) y 525/59.94 (formato NTSC). Esto se refiere al número de líneas horizontales y a la frecuencia de barrido vertical de los sistemas europeo y americano, respectivamente. La intención de esta unificación es que cuando se instaure la televisión digital, por fin se eliminen las zonas geográficas que usan distintas normas de TV, estableciendo un estándar mundial.

Para describir la familia de frecuencias de muestreo, fue introducida una anotación especial; en ésta, la frecuencia de 3.375 MHz es utilizada como unidad de medición.

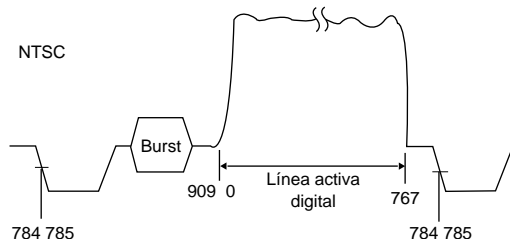
El video digital compuesto utiliza una frecuencia de muestreo que es de cuatro veces la frecuencia de la subportadora (4 Fsc), lo que significa que su valor es de 14.32 MHz en NTSC, y esto facilita la estabilización de la fase de las muestras con respecto al *Burst* de color y la separación Y/C (figura 7).

Las señales por componentes son muestreadas de diferente manera que la señal compuesta, ya que -como se dijo antes- la frecuen-

**Figura 7**

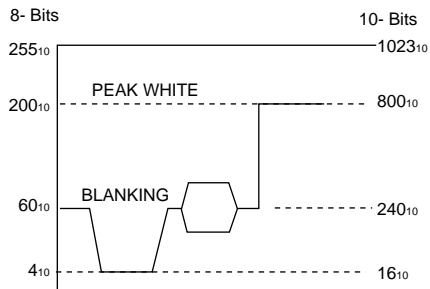
**Número de muestras de NTSC digital.**

Observe los parámetros de la señal NTSC muestreada a 4 Fsc, y que corresponden a la norma SMPTE 244M.



**Niveles de cuantización de 8 y 10 bits para NTSC.**

Observe cómo la señal NTSC analógica se adapta a los niveles de cuantización de 8 y 10 bits.



La base de muestreo es de alrededor de 3.375 MHz; de ahí que la frecuencia empleada para muestrear la señal de luminancia (4Fs), sea de 13.5 MHz (figura 8).

En sistemas por componentes, las señales de diferencia de color tienen menos ancho de banda (por lo general menos de la mitad de la señal de luminancia); o sea que se puede muestrear

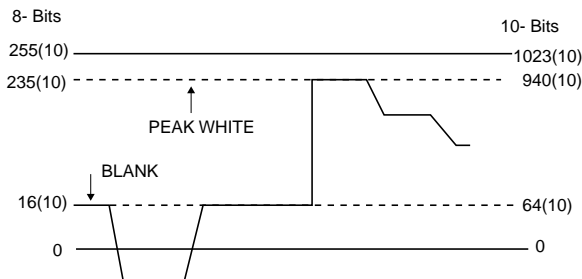
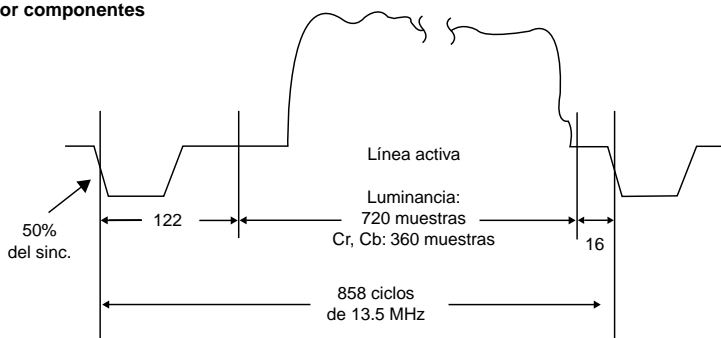
con la mitad de la frecuencia (6.75 MHz); así, el 4 representa 13.5 MHz, y el 2 representa 6.75 MHz.

En el ámbito de la difusión televisiva, la mayoría de los equipos profesionales utilizan el muestreo 4: 2: 2 (figura 9).

A pesar de dicha estandarización, aún existe un problema muy serio cuando tratamos de

**Señal por componentes**

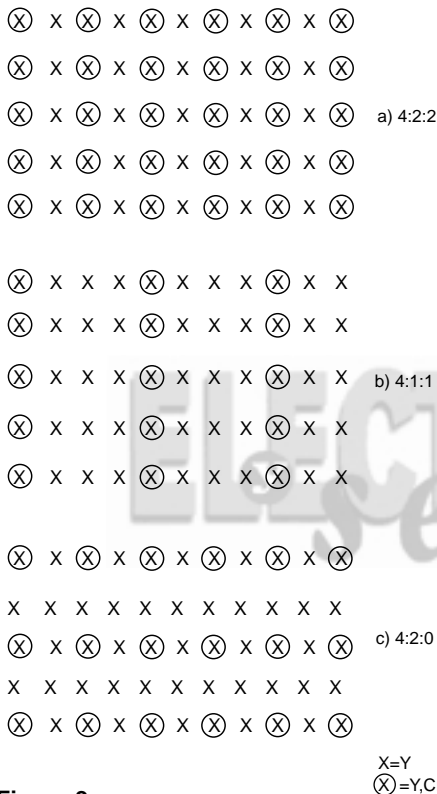
Relación A/D de una línea de video en componentes con una frecuencia de muestreo de 13.5 MHz.



Observe cómo la señal por componentes digital se adapta a los niveles de cuantización de 8 y 10 bits. La información de sincronía desaparece de la parte baja de la escala porque sólo se utiliza con línea activa.

**Figura 8**

- a) Formato 4:2:2 en dos dimensiones. Sólo la unidad de luminancia Y está representada en cada pixel; horizontalmente las señales de diferencia de color CR, Cb sólo se especifican cada dos pixeles.
- b) Formato 4:1:1. Corta el ancho de la banda de color horizontalmente; las diferencias de color están representadas horizontalmente cada cuatro pixeles.
- c) Formato 4:2:0 Combina el espacio horizontal; el espacio horizontal de las diferencias de color es el mismo que en el vertical.



**Figura 9**

transmitir estas imágenes digitalizadas directamente, ya que el ancho de banda requerido excedería con mucho el autorizado por los organismos internacionales de regulación del espectro electromagnético; por tal razón, a la digitalización se le añade un proceso de compresión de datos, el cual se explicará brevemente a continuación.

## Compresión digital

Actualmente, la compresión digital se ha convertido en un término familiar para quien está

relacionado con el medio televisivo o para quien trabaje cotidianamente con computadoras. Literalmente, comprimir significa "reducir el tamaño, volumen, concentración o densidad de un objeto".

La compresión digital permite que varias señales de video de alta calidad sean llevadas en un espacio de frecuencia que ocupa un solo canal analógico, con lo que se reducen significativamente los costos de transmisión –sobre todo en los servicios de cable y satélite.

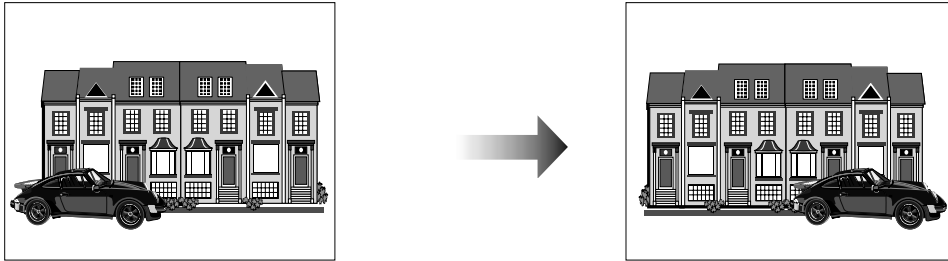
## Reducción de datos

Si consideramos que la compresión de video reduce la transferencia de datos, puede deducirse que se elimina información repetida o innecesaria en cuadros de imagen consecutivos. Las imágenes de TV contienen redundancia temporal y espacial; esto es, que gran cantidad de información visual en la pantalla permanece sin cambio. Pongamos un ejemplo muy claro: en los noticiarios tradicionales, el escenario detrás del comentarista por lo general permanece invariable, mientras que el único objeto en movimiento suele ser esta misma persona y en ocasiones los insertos de video que apoyan la nota que se esté comentando. En estos casos, se podría perfectamente enviar una sola vez la información del escenario, y de ahí en adelante tan sólo enviar aquellas porciones de imagen que efectivamente estén en movimiento, con lo que se puede reducir de forma muy considerable la cantidad de información transmitida. Vea en la figura 10 otro ejemplo de la compresión de datos.

Entonces, en el dominio del tiempo, el objetivo es transmitir sólo los aspectos de la imagen que cambian. Por eso los cuadros de video son subdivididos en bloques y se codifican en dos etapas:

- 1) En la primera, se identifican los componentes de imagen que permanecen fijos por un lado, y por el otro aquellos que tienen movimiento; y en éstos se localiza una dirección de desplazamiento que relacione el contenido de cada bloque con el contenido de las imágenes anteriores o posteriores. O, lo que es lo mismo, con base en el movimiento del objeto

La base de la compresión de video en el formato MPEG, consiste en no enviar la información redundante; por ejemplo, en esta escena, un auto pasa frente a una serie de edificios; al comprimirse la señal el fondo de la escena se envía una sola vez, y sólo se va actualizando la porción en movimiento (el auto). Con este método se logran razones de hasta 40 a 1, esto es, una información que antes necesitaba 40 unidades transmitidas ahora puede manejarse sólo con una.



**Figura 10**

en los cuadros anteriores se hace una “predicción” de hacia dónde se desplazará en cuadros futuros.

- 2) En la segunda etapa, se calcula si hay alguna diferencia entre el bloque de imagen actual y el pronosticado. Solamente las direcciones de desplazamiento y las diferencias entre los bloques son transmitidas hacia el descodificador, el cual invierte todo el proceso.

### ***Tipos de compresión***

Con todo lo anterior, podemos encontrar que básicamente existen dos tipos de compresión, dependiendo de la fidelidad con que se transmiten los datos de la imagen original:

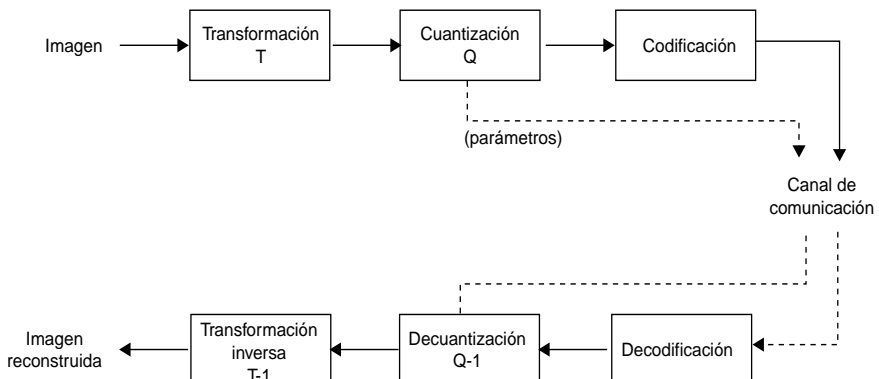
- 1) Sin pérdida de datos: Son aquellas compresiones en las que el proceso no introduce distorsión y la información se recupera íntegramente.

Ventaja: No hay error de reconstrucción.

Desventaja: No se logran altas tasas de compresión.

- 2) Con pérdida de datos: El proceso introduce distorsión, aunque ésta resulta casi imperceptible; entonces la señal reconstruida será una aproximación a la original, puesto que los datos se operan con una compresión fija y están moldeados conforme a los sentidos humanos -por lo que son más prácticos para transmisión y grabación- (figura 11).

**Esquema de compresión con pérdidas**



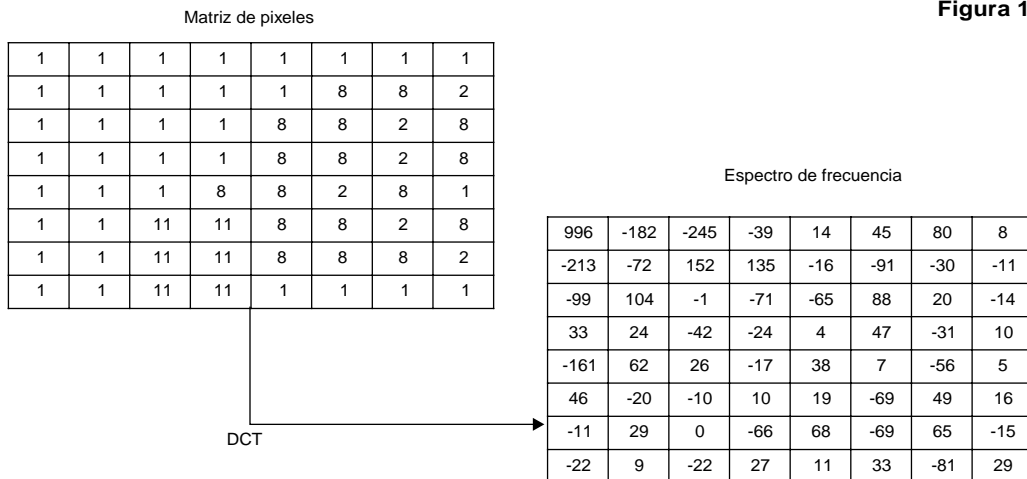
**Figura 11**



## Transformación de coseno discreta (DCT)

En un fragmento de imagen

Figura 12



Ventaja: Las tasas de compresión que se logran son altas.

Desventaja: La distorsión puede llegar a ser considerable.

## Transformación

Por medio de un cambio en el formato de la señal se busca eliminar redundancia entre pixeles, logrando así la compresión de las imágenes. Convencionalmente se emplea la transformación de coseno discreta (DCT).

### Transformación de coseno discreta (DCT)

Está basada en la teoría de la transformación de Fourier, según la cual cualquier forma de onda de CA puede ser analizada en su frecuencia fundamental más baja y sus componentes armónicos.

La señal de video original es digitalizada y dividida en pequeños bloques de "n x n" pixeles; típicamente, de 8 x 8 ó 16 x 16 (figura 12).

Al tratarse de una transformación espacio-frecuencia, obtenemos un espectro de frecuencia para un determinado conjunto de datos.

DCT analiza los bloques aún más pequeños, y produce, en vez de una señal que varía en el tiempo, una señal en el dominio de la frecuen-

cia en forma de coeficientes. Estos son cuantificados para eliminar la información menos importante, de tal manera que sea invisible al ojo. Si se pudiera interpretar para ser analizada en forma visual, la DCT se observaría como en la figura 13.

### Interpretación de la DCT

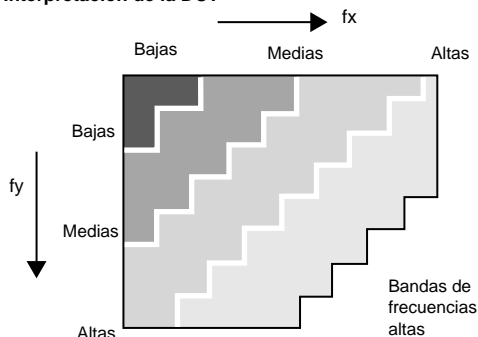
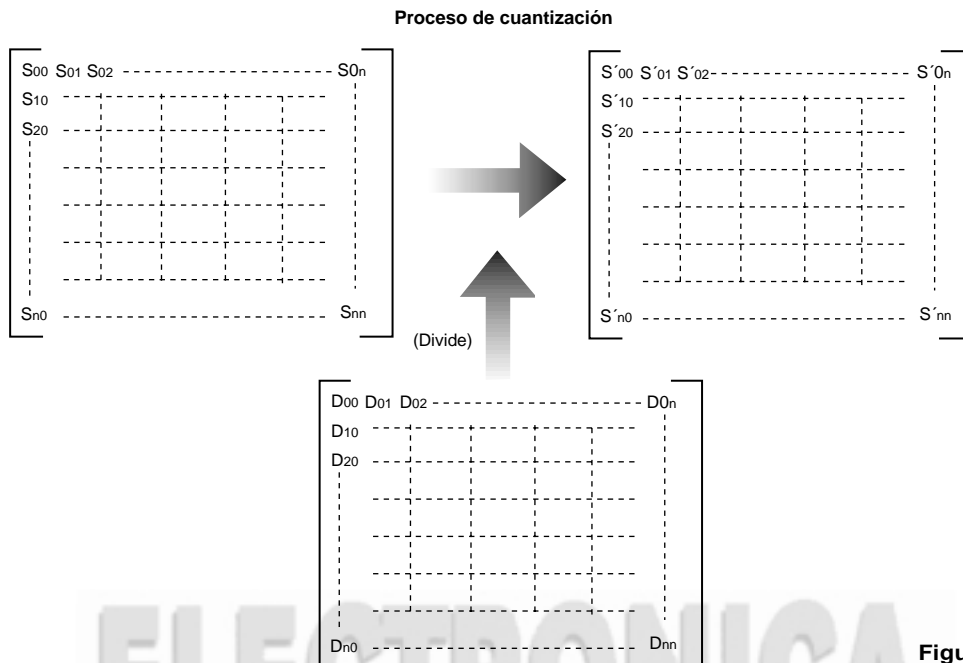


Figura 13

### Cuantización

Una vez transformada la señal, el cuantificador se encarga de descartar (selectivamente) los componentes cuya contribución sea desprecia-



**Figura 14**

ble. Por eso es que los coeficientes originales DCT son divididos con base en una tabla de cuantización fija. El valor pequeño es aplicado a  $D_{00}$ , y los más grandes son aplicados a  $D_{0n}$  y  $D_{nn}$  en la tabla de cuantización. Esto significa que la división está hecha con valores pequeños de coeficientes DCT para bajas frecuencias, y con valores grandes para altas frecuencias (figura 14).

### **Codificación**

La función de un codificador es minimizar la cantidad de bits necesarios para representar la salida del cuantizador (Eliminación de la Redundancia de Código). Esto puede lograrse variando la longitud del código en cada *pel*, en función de su estadística de aparición en una imagen dada.

### **Método de codificación Huffman**

En este método, dependiendo de la probabilidad de aparición de cada uno de los valores de salida del cuantizador, se asignan códigos de longitud más corta a valores frecuentes y códigos de longitud más larga a valores menos frecuentes.

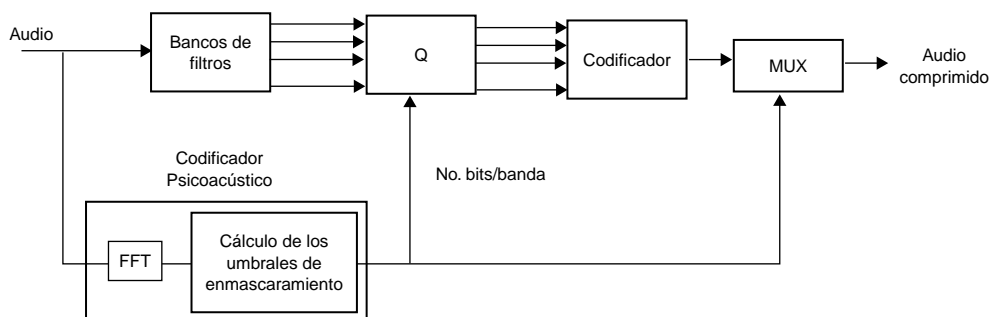
### **Compresiones de audio**

En comparación con el video, para el audio se han logrado mejores resultados al comprimir las señales (figura 15). Pero para esto ha sido necesario utilizar el sistema de descomposición en sub-bandas, el cual, a través de un banco de filtro, divide la banda de interés en  $N$  partes iguales (normalmente 32) para tratarlas por separado.

Otro sistema que también se utiliza es la Codificación Perceptual, en la que se determinan los valores de los umbrales de enmascaramiento para ajustar los cuantizadores y discriminar la información no audible. Esto significa que cuando un sonido muy suave aparezca de forma simultánea con uno fuerte, como el oído humano normalmente no aprecia el débil, no hay por qué perder ancho de banda transmitiéndolo.

### **Normas internacionales de televisión digital**

Una norma internacional es una serie de regulaciones necesarias para uniformar el uso y ex-



plotación de una tecnología, con el fin de lograr la mayor expansión posible de la misma.

El objetivo de las normas es proporcionar los elementos básicos del marco regulatorio aplicable a esta tecnología.

Los principales organismos internacionales encargados de la regulación de los sistemas, son la Organización Internacional de Estandarización (ISO) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Bajo los auspicios de la ISO, existe JPEG (*Joint Pictures Experts Group*) y MPEG (*Motion Pictures Experts Group*).

### JPEG

Es un sistema de compresión de datos para imágenes fijas en B/N y en color. Está clasificado como un sistema con pérdidas, porque el algoritmo que usa toma en cuenta las limitaciones del sistema de visión -que no ve los detalles pequeños de color, tan bien como los de blanco y negro.

Dentro de este estándar existe una forma sin pérdida que en la actualidad ya nadie utiliza; el motivo es que la compresión obtenida es muy pequeña.

La base de este sistema es la DCT, y ofrece compresión de datos de 5 a 100 veces (conforme aumenta el grado de compresión, aumentan las pérdidas hasta volverse intolerables incluso para un espectador poco exigente).

### MPEG

El sistema MPEG apareció en 1988. Es difícil definir a MPEG en pocas palabras, pues no se trata simplemente de un esquema de compresión de

datos de imágenes en movimiento; en esencia, MPEG es un juego de normas o algoritmos definidos que pueden combinarse en varias formas para hacer real el equipo de compresión.

Este sistema no determina cómo el codificador debe llevar al cabo la compresión, pero sí define cómo el descodificador debe atribuir el significado a una variedad de flujos de bits comprimidos. Tampoco define cómo transmitir tales flujos, ya que esto depende de su aplicación.

El uso de la compresión de video va más allá de los requerimientos de la radiodifusión. Y es que el rango de aplicaciones va desde pequeñas imágenes en movimiento en computadoras personales, hasta grandes imágenes de alta definición.

### Perfiles y niveles

Por su amplio rango en rendimiento y complejidad, MPEG se divide en perfiles; a su vez, éstos, se dividen en niveles.

Un “perfil” es una técnica; un “nivel” es una restricción, tal como el tamaño de imagen o la velocidad de bits utilizados en la técnica. Dentro de la estructura del perfil, un número de niveles está disponible (tabla 1). Los niveles difieren entre sí, en primer lugar, por la resolución y la velocidad de datos requeridos. El nivel principal es apropiado para la televisión de definición estándar (SDTV).

La mayor parte de radiodifusión y producción están en el perfil y nivel principal (MPML, *Main Perfil - Main Level* subconjunto de MPEG).

**Tabla 1**

Perfil \ Nivel	Nivel bajo arriba de 352 x 388 píxeles (4MB máx.)	Nivel medio arriba de 720 x 576 píxeles (15MB máx.)	Nivel alto 1440 arriba de 720 x 576 píxeles ( 60MB máx.)	Nivel alto arriba de 1920 x 1152 píxeles (80 MB máx.)
Simple				
Medio		M.P.M.L.		
S.N.R escalable				
Espacial escalable				
Alto				

El formato de video 4:2:0 se utiliza en la mayor parte de la jerarquía de MPEG, donde las diferencias de color son submuestreadas verticalmente. Para propósitos de radiodifusión, es ampliamente reconocido que el formato 4:2:2 es el que se utiliza.

### **MPEG-1**

Diseño enfocado en imágenes progresivas; describe estándares para una baja velocidad de bits codificados (hasta 1.5 Mbps), con una resolución máxima de 352 x 288 píxeles y con un audio comprimido de hasta 192 Kbps para estéreo.

Se emplea principalmente para video en CD-ROM. En radiodifusión, su uso es muy limitado, y está siendo eliminado también en aplicaciones computacionales.

### **MPEG-2**

A medida que evoluciona la tecnología, se conciben nuevas posibilidades de aplicación.

El MPEG-2 fue creado con el propósito de ofrecer un marco para el procesamiento en tiempo real, tanto en la codificación como en la decodificación.

Originalmente, MPEG-2 está orientado a aplicaciones en tiempo real, como televisión digital, videoconferencia, captura de video, etc.

Como característica principal, dispone de un modo básico compatible con el MPEG-1, además de diferentes perfiles y niveles de codificación para una mayor variedad de aplicaciones. Cuenta también con la posibilidad de codificar múltiples fuentes de video en una misma escena.

MPEG-2 ha sido diseñado para cubrir un amplio rango de requerimientos, desde calidad VHS

hasta televisión de alta definición (a través de algoritmos -perfiles- y resolución de imágenes -niveles), con velocidades de transferencia de datos de entre 2 y 10 Mbps.

La codificación del video es compleja, especialmente cuando se requiere mantener, en una forma simple y a bajo costo, la decodificación en el extremo receptor.

MPEG-2 puede ofrecer mejor calidad de imagen en radios de compresión altos, pero con complejidad en la decodificación (figura 16).

Entre las características más importantes de MPEG, están el concepto de codificación bidireccional (que se basa en la predicción y compensación de movimiento) y las imágenes P, (que son decodificadas utilizando la imagen anterior como base, son desplazadas por vectores de movimiento, y son corregidas con datos de diferencia).

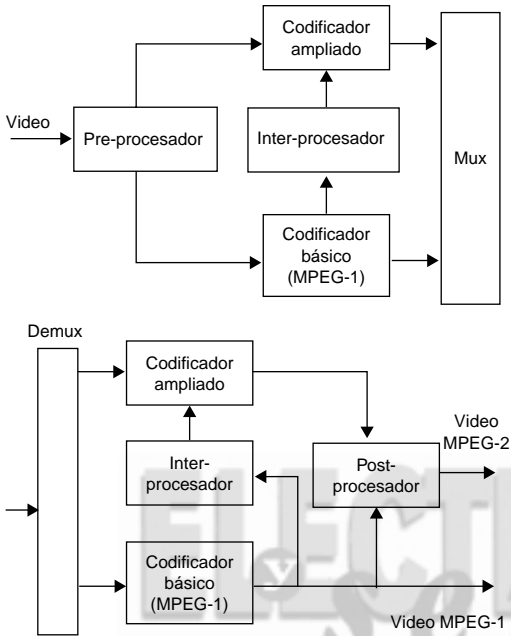
La figura 17 muestra un ejemplo de una imagen secuencial utilizada en MPEG. La secuencia empieza con una imagen I como referencia. Las imágenes posteriores hasta la siguiente imagen I, son llamadas "grupo de imágenes" (GOP). Dentro de este grupo se consideran como:

- I: Codificados Intra-Cuadro.
- P: Predichos (se predice tomando como referencia a otros I o P).
- B: Predichos bidireccionalmente (se predice tomando a los I o P anteriores y posteriores).

El codificador cambia de modo de predicción, conforme construye la secuencia. Se insertan cuadros "I" en cada determinado intervalo, para corregir desviaciones en la predicción y compen-

**Figura 16**

Diagrama de codificador y decodificador del MPEG-2. El procesador, inter-procesador y codificador ampliado se encargan de codificar el video para ubicarlo en alguna de las nuevas combinaciones de nivel / perfil aceptadas.



sación de movimientos, así como cambios en la luminancia.

El resultado de aplicar una compresión MPEG a una señal de video, es un número de diferentes tipos de datos:

- 1) El decodificador debe indicar el perfil, el nivel y el tamaño de la imagen.
- 2) La secuencia de los cuadros I, P y B debe especificarse de manera que el decodificador sepa cómo interpretar y reordenar los datos de la imagen transmitida.
- 3) El tiempo al cual va la imagen referida, se indica enviando una forma de código de tiempo.
- 4) Los datos admiten tres tipos de imagen para ser descodificados.

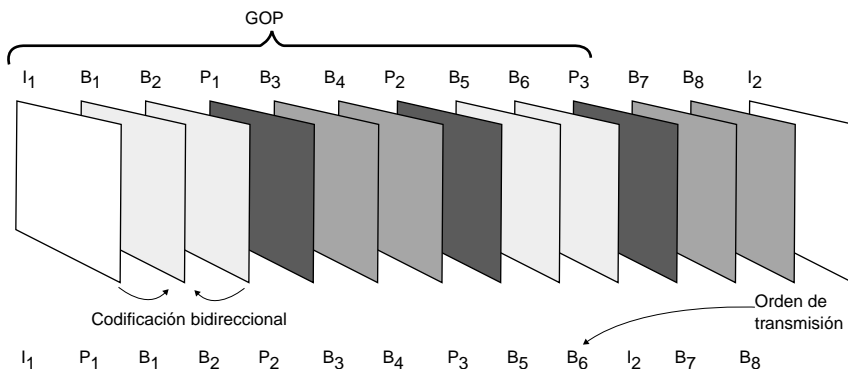
### Transmisión de TV progresiva y entrelazada

El nuevo sistema de DTV en los Estados Unidos, es un significativo avance tecnológico con relación a la televisión estándar en NTSC.

La norma en DTV utiliza la compresión digital y la modulación 8VSB, que proporcionan imágenes de alta calidad, audio con calidad CD y la provisión para transmisiones de datos. Esta innovación permite difundir video en múltiples formatos, lo que proporciona una gran flexibilidad para las teledifusiones.

La mayoría de estaciones elegirán 1080 líneas entrelazadas o 720 líneas progresivas como su principal formato de producción. Solamente por el número, se pensaría que el formato de 1080 I (entrelazado) proporciona la mejor resolución; sin embargo, el formato de 720 P (progresivo) en realidad es comparable, en resolución vertical, con el 1080.

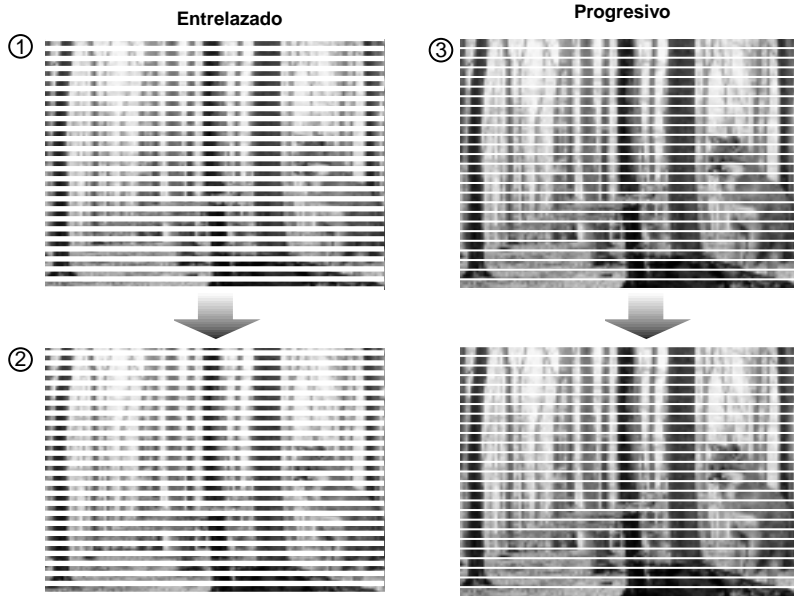
Los formatos de 1080 x 1920 progresivo proporcionan la más alta resolución espacial, pero



**Figura 17**

**Figura 18**

Cuando las líneas impares son exploradas ①, las porciones de la imagen que caen en las líneas pares no son mostradas; de manera inversa sucede en la subsecuente exploración; líneas pares ② da como resultado que el ojo detecte un parpadeo. En exploración progresiva ③ todas las líneas son exploradas en cada instante, así que no existe el parpadeo interlínea.



con una baja resolución temporal. Por esta razón, los diferentes formatos serán elegidos para diferentes tipos de programación.

Ahora bien, la exploración entrelazada da lugar a un parpadeo (*flicker*) interlineal, cuando líneas muy finas de una escena caen en líneas de exploración individuales (figura 18).

### Formatos múltiples

La existencia de diferentes formatos, se debe a que las aplicaciones en televisión tienen distintos requerimientos y a que los propios formatos permiten un trueque específico para cada tipo de programa.

Cinco de los seis formatos de ATSC (Comité de Sistemas de Televisión Avanzada) y HDTV (Televisión de Alta Definición) son progresivos; por lo tanto, de la transmisión inicial, la mayor parte de programación digital de TV será en exploración progresiva. Este escenario nos conduce a un futuro en el que los diferentes estándares van a coexistir y compartir receptores. A esto obedece el hecho de que las grandes cadenas televisivas ya hayan realizado su elección.

Si bien es evidente que las imágenes de 720 P son superiores a las de 480 P, y que 1080 I tiene sus ventajas, el principal problema seguirá sien-

do el costo. Pero lo que sí es una realidad, es que el gobierno de los Estados Unidos, a través de la FCC, ha asegurado que dentro de unos años los 1600 teledifusores que existen, gastarán cientos de millones de dólares en equipo para poder transmitir televisión digital. La penalización para el que no cumpla, será la pérdida de su licencia para efectuar transmisiones.

### Comentarios finales

Al romper con la rigidez de la televisión analógica, que sólo permite transmitir una señal de televisión por canal asignado, los teledifusores tendrán la opción de reconfigurar su canal digital en función de sus oportunidades de negocio tradicionales; en otras palabras, podrán ofrecer uno o más programas de televisión simultáneos, de resolución alta o estándar.

Y si tomamos en cuenta que el público cambió sin problemas la televisión en blanco y negro por la televisión en color, que dejó de usar los discos negros de acetato y aceptó los discos compactos, y que de videocintas está cambiando para adquirir discos ópticos DVD, queda claro que la tecnología de la DTV no tardará en ser igualmente adoptada.