

ESTADO DEL ARTE DE LA TELEVISION EN 3D

MAURICIO MIGUEL GUERRERO GONZALEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010

ESTADO DEL ARTE DE LA TELEVISION EN 3D

MAURICIO MIGUEL GUERRERO GONZALEZ

Monografía para optar al título de
Especialista en Telecomunicaciones

Director
ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO
Especialista en Telecomunicaciones
MSc. En Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESPECIALIZACION EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

He llegado hasta un punto con gran importancia para mi vida, terminar mi trabajo de grado ha sido un sueño, por el he luchado día tras día con dedicación y empeño, es por eso que hoy la felicidad embarga mi corazón y quiero compartirlo con las personas que más quiero.

Dedico todo este esfuerzo que ya ha tenido su recompensa:

A mis padres (Migue y Yolanda) quienes han sido el motor de mi vida, ellos me han aportado su motivación en todo momento y siempre han estado ahí para que no desfalleciera.

A mis abuelos por sus sabios consejos y gran impulso para continuar el camino.

A mi hermano que me ayudo a levantar en los momentos difíciles.

A mis tías y tíos que siempre se han preocupado por mi futuro para que cada día sea una mejor persona.

A mis primos con quienes he compartido momentos inolvidables y han estado conmigo en todos los pasos de este proceso y en especial quiero agradecer a ese ser maravilloso que todo el tiempo ha estado ahí guiándome y acompañándome en el sendero de la vida.

Gracias Dios por iluminarme y llenarme de sabiduría para conseguir tan importante propósito.

Mauricio M. Guerrero González

AGRADECIMIENTOS

*La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento,
Sino también en la destreza de aplicar
Los conocimientos en la práctica.*

Aristóteles

Conseguir este importante logro en mi vida no ha sido una tarea fácil, el conocimiento no llega de un día para otro, este se forma con un proceso en el que muchos aportaron su granito de arena.

Quiero que sea esta la oportunidad para agradecer a los que siempre estuvieron a mi lado y que me sirvieran de guía para que esto fuera realidad. A los ingenieros: Raúl Restrepo y Alex Monclou quienes con sus conocimientos me iluminaron cuando cometía errores, y por la paciencia que tuvieron en este largo proceso. A mis padres (Yolanda y Miguel), a mi hermano (Miguel Ángel), a mis padres putativos (Cecilia, Jairo, Ángel Custodio y Nora Isabel) que me han soportado por largo tiempo y me ayudaron en una etapa difícil en la vida, a una gran persona que se me presentó en la vida (Gina Isabela), y a todos mis primos y amigos que siempre estuvieron ahí para apoyarme, por su paciencia, porque al fin y al cabo son ellos los que me han soportado: ¡GRACIAS!

También quiero agradecer a todos los que estuvieron ahí para darme su mano y ayudarme a continuar.

De corazón infinitas gracias por su valiosa colaboración.

Mauricio M. Guerrero González

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. SISTEMA VISUAL HUMANO	14
1.1 EL OJO HUMANO	14
1.1.1 Funcionamiento del ojo	16
1.1.2 Vía visual	20
2. CONCEPTOS DE IMAGEN BINOCULAR	22
2.1 VISION ESTEREOSCOPICA	22
2.2 RECEPCIÓN EN 3D	23
2.2.1 Modelo PIN-HOLE	24
2.2.1.1 Transformación de Perspectiva	24
3. LA TELEVISION	27
3.1 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN	27
3.2 LOS PRIMEROS DESARROLLOS DE LA TELEVISIÓN	28
3.2.1 La Telefotografía	28
3.2.2 El Movimiento en la Imagen	28
3.2.3 Televisión Mecánica, el disco de NIPKOW y la rueda Fónica	29
3.2.4 La Rueda Fónica	31
3.2.5 Televisión Electrónica	31
3.2.6 En el Equipo Receptor, el tubo de rayos catódicos - TRC	31
3.2.7 En el Equipo Emisor, el iconoscopio	32
3.2.8 La Señal de Video, resultado entre el equipo emisor y receptor	34
4. DESARROLLO DE LA TELEVISION	36
4.1 LA TELEVISIÓN EN COLOR	37
4.2 SISTEMAS ACTUALES DE TVC	38
4.3 LA ALTA DEFINICIÓN "HD"	40
4.4 LA RELACIÓN DE ASPECTO	41
4.5 EL PALplus	42
4.6. LA DIGITALIZACIÓN	42
4.7 HITOS TECNICOS EN EL DESARROLLO DE LA TELEVISIÓN	45
4.8 TIPOS DE TELEVISIÓN	47
4.8.1 DIFUSION ANALÓGICA	47

4.8.2 Difusión Digital	48
4.8.3 Televisión Terrestre	49
4.8.4 Televisión por Cable	51
4.8.5 Televisión por Satélite	51
4.8.6 Televisión IP (IPTV)	52
 5. INTRODUCCION GENERAL A LOS CONCEPTOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL (DTV)	 53
5.1 ¿QUE ES HDTV, HIGHT DEFINITION TV?	53
5.2 CONCEPTOS BASICOS DE TELEVISION DIGITAL	59
5.2.1 Color – NTSC, PAL y SECAM	59
5.2.2 Tipos de Señal de Video	60
5.2.3 La Familia MAC	62
5.2.4 El Plan WARC 77 DBS para Europa	63
5.3 NUEVOS ESTANDARES DE TELEVISIÓN	64
 6. RESEÑA HISTORICA DE LA TELEVISIÓN DE 3D	 70
6.1 TELEVISIÓN DE 3D	71
6.2 GENERACIÓN DE IMÁGENES 3D	71
6.3 GAFAS PARA VER PELICULAS 3D	73
6.3.1 Gafas 3D Pasivas	74
6.3.1.1 Las Imágenes de Anaglifo o Anaglifos	74
6.3.1.2 Gafas Polarizadas	77
6.3.2 Gafas 3D Activas	81
6.3.3 WOWvx 3D	83
 7. TIPOS DE TELEVISORES 3D	 84
7.1 TELEVISIÓN ESTEREO	84
7.2 TELEVISIÓN ESTEREOSCÓPICA	85
7.3 TELEVISORES WOWvx	86
 CONCLUSIONES	 90
 BIBLIOGRAFIA	 92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ojo humano	15
Figura 2. Formación de imágenes en el ojo	17
Figura 3. Enfoque del ojo	18
Figura 4. Esfera ocular	18
Figura 5. El iris y la pupila	19
Figura 6. Conos y bastones en la retina	20
Figura 7. Absorción óptima de conos y bastones por longitud de onda	21
Figura 8. Transmisión de un estímulo óptico desde la retina a los lóbulos Posteriores de los hemisferios del cerebro	23
Figura 9. Visión Estereoscópica Configuración con ejes ópticos paralelos	25
Figura 10. Modelo PIN-HOLE	26
Figura 11. Transformación de perspectiva	27
Figura 12. Transformación de perspectiva, escalado de coordenadas	27
Figura 13. Captador Electrónico de Zworykin	35
Figura 14. Vieja televisión blanco y negro	37
Figura 15. Distribución de los sistemas de TV en el mundo	39
Figura 16. Barras de color EBU vistas en un MFO y un vectoscopio	41
Figura 17. Televisión Digital Terrestre en el mundo	47
Figura 18. TV Analógica	50

Figura 19. Barras de color EBU en formato YUV	51
Figura 20. Formatos de radio aspecto de DTV	59
Figura 11. Tipos de señal de video y sus conectores	63
Figura 22. Formas de onda de NTSC y MAC	65
Figura 23. Línea de señal D2MAC	68
Figura 24. Cámara Estereoscópica	74
Figura 25. Multicámara	74
Figura 26. Time Of Flight	75
Figura 27. Imagen en 2D e Imagen en escala de grises “plano de profundidad”	75
Figura 28. Gama de colores RGB	77
Figura 29. Gafas de Anaglifo	77
Figura 30. Funcionamiento de las Gafas Anaglifo	78
Figura 31. Onda Electromagnética	80
Figura 32. Polarización de una onda	81
Figura 33. Polarización por Absorción selectiva	82
Figura 34. Gafas Polarizadas	83
Figura 35. Gafas Activas	84
Figura 36. Barrera de Paralaje	85
Figura 37. Pantalla Estereoscópica	86
Figura 38. Pantalla Autoestereoscópica	87
Figura 39. Televisor WOWvx de Philips	88
Figura 40. Lentes Multivista	89

Figura 41. Patrón de Repeticiones	90
Figura 42. Lentes de Cristal Líquido	91

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: ESTADO DEL ARTE DE LA TELEVISIÓN 3D

AUTOR(ES): MAURICIO MIGUEL GUERRERO GONZÁLEZ

FACULTAD: ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES

DIRECTOR(A): ÁLEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

RESUMEN

La televisión desde sus principios ha tenido una gran evolución, brindando un medio de información y diversión. Cada avance tecnológico está dirigido a brindar una mejor calidad en cuanto a visibilidad y audio. Dentro de los avances en la visualización se tiene actualmente la visualización de imágenes en tres dimensiones (Televisión 3D), lo cual exige la utilización de nuevas técnicas de procesamiento de imágenes a nivel de software y hardware.

La visualización de imágenes en 3D no es una tecnología nueva ya que es una técnica que se conoce desde principios del siglo XX. Esta técnica se ha querido aplicar a la televisión y otros medios con el objetivo de brindar mayor realismo de la escena a los espectadores, lo cual puede ser muy valioso en campos como la medicina, entre otros.

En la televisión y el cine en 3D se pretende brindar una mejor percepción al espectador dándole una sensación de profundidad y tratando involucrar virtualmente al espectador a la escena. Para brindar esa percepción a los espectadores se requiere de un alto nivel de procesamiento, transmisión y recepción de imágenes, sumado al gran ancho de banda requerido para el proceso de transmisión de la señal; de ahí la necesidad de contar con los avances en la tecnología de la televisión digital para brindar una excelente calidad de imágenes (color, brillo, definición, entre otras).

Este documento recopila información acerca de los avances hechos por varios fabricantes de televisores, quienes han hecho inmensos esfuerzos en la investigación de metodologías para la visualización de imágenes sin la necesidad del uso de gafas de anáglifos, polarizadas y activas. En este sentido, se presentan los primeros avances que han logrado en este campo compañías como Philips, en una tecnología conocida como WOWvx.

PALABRAS CLAVE:

Televisión Digital, Imágenes 3D, Sistema Visual Humano, Cámaras Estereoscópicas, Gafas Anaglifas, Gafas Polarizadas, Barreras de Paralaje, WOWvx.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: ESTADO DEL ARTE DE LA TELEVISIÓN 3D
AUTHOR: MAURICIO MIGUEL GUERRERO GONZÁLEZ
FACULTY: ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
DIRECTOR: ÁLEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

ABSTRACT

From the beginning, television has had a great evolution, providing an information and entertainment. Each technological advance is aimed at providing a better quality in terms of visibility and audio. Among the advances in the display is currently displaying images in three dimensions (3D TV), which requires the use of new techniques of image processing software and hardware level.

The 3D image display technology is not new because this technique is known from the early twentieth century. This technique has been tried to apply to television and other media with the aim of providing greater realism of the scene to the spectators; this aim can be very valuable in fields such as medicine, among others. The objective in television and movies in 3D is to provide a better understanding giving the viewer a sense of depth and trying to involve virtually the viewer to the scene. To provide viewers that perception requires a high level of processing, transmission and reception of images, plus the large bandwidth required for the process of signal transmission, hence the need for progress in digital television technology to provide excellent image quality (color, brightness, sharpness, etc.).

This document compiles information on progress made by several TV manufacturers, who have made tremendous efforts in research methodologies for displaying images without the use of anaglyphs glasses, polarized and active. In this way, we present the first progress in this field have made companies like Philips, in a technology known as WOWvx.

KEY WORDS:

Digital Television, 3D Images, Human Visual System, Stereoscopic Cameras, Anaglyph Glasses, Polarized Glasses, Parallax Barrier, WOWvx.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día en el mundo de las telecomunicaciones uno de los principales objetivos es realizar una integración de servicios, entre los que se encuentra Televisión, Voz y datos digitales; sin que dichos servicios requieran de grandes anchos de banda para ser transmitidos. Desde hace algunos años se viene hablando de introducir la tecnología de 3D “Efecto tridimensional” en la televisión doméstica, recientemente se ha estado hablando de la transmisión de imágenes en 3D por IPTV; el cual es una evolución del tradicional servicio de televisión por ADSL. Dicha información digital puede ser transmitida por cable o desde satélites; siendo este último uno de las de mayor aceptación en el mercado doméstico por la no utilización de cables, los cuales pueden en algunos momentos convertirse en molestias.

Actualmente cada vez mas fabricantes están desarrollando equipos de televisión 3D, estos permiten visualizar contenidos en tres dimensiones. En la actualidad se hace necesario el uso de gafas polarizadas para poder visualizar las imágenes en 3D. Se espera que en el futuro los desarrollos en estos nuevos equipos no hagan necesaria la utilización de las famosas gafas polarizadas, sino que por el contrario el usuario se siente enfrente de su televisor y disfrute de las imágenes en 3D de alta calidad.

Un factor en contra de este tipo de servicios, es el alto costo del hardware necesario para la visualización 3D sin necesidad de las gafas polarizadas. Dentro de los desarrolladores de estos nuevos equipos se pueden citar empresas como Philips, Mitsubishi, Samsung, SONY, entre otras. Adicional a esto se tiene que aun no hay un estándar globalmente aceptado como es el caso de H.264 para TV en 2D.

En general las tendencias de las nuevas tecnologías se encaminan a encontrar metodologías y herramientas tecnológicas que faciliten la transmisión y recepción de imágenes en 3D a bajo costo y excelente calidad. Brindando así una forma asequible al mercado doméstico.

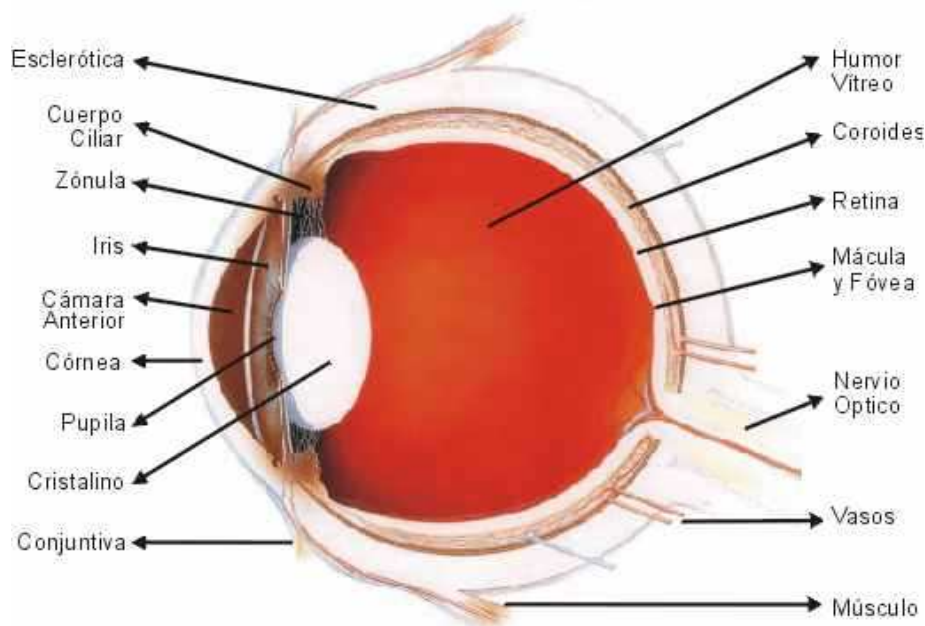
1. SISTEMA VISUAL HUMANO

1.1 EL OJO HUMANO

El ojo es un fotorreceptor el cual se encarga de recibir los rayos luminosos provenientes de los distintos cuerpos, éste los convierte en señales eléctricas que se envían al cerebro para su interpretación. Gran parte de la información que capturan nuestros sentidos es proporcionada por los ojos, los cuales nos permiten conocer las distintas formas, colores y texturas de todos los cuerpos que nos rodean.

En la siguiente imagen se pueden observar las diferentes partes que componen el ojo, ver figura 1.

Figura 1. Ojo Humano



Tomado de: <http://www.siste.com.ar/serv021.htm>

Aunque el ojo humano es denominado a menudo el órgano de la visión (EN REALIDAD ES EL SENSOR), en realidad, el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las ondas electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro a través del nervio óptico. A todo esto (ojos nervio óptico y cerebro) se le denomina sistema visual humano.

El globo ocular es una estructura esférica de aproximadamente 2,5 cm de diámetro con un marcado abombamiento sobre su superficie anterior. La parte exterior se compone de tres capas, las cuales se describen a continuación:

- Capa más externa o *esclerótica* (función protectora), cubre unos cinco sextos de la superficie ocular y se prolonga en la parte anterior con la córnea transparente.
- Capa media o úvea tiene a su vez tres partes diferenciadas: *la coroides, el cuerpo ciliar y el iris*.
- La capa más interna es *la retina*, sensible a la luz.

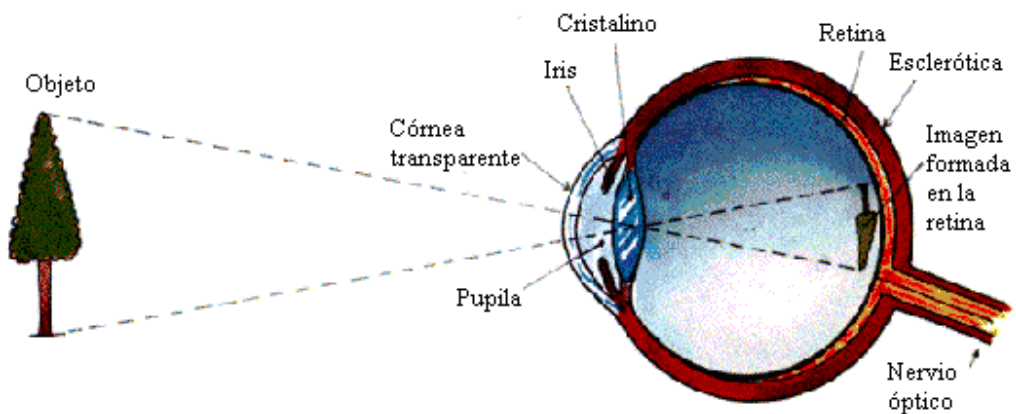
La córnea es una membrana resistente, por medio de la cual la luz penetra en el ojo. En la parte posterior existe una cámara llena de un fluido claro y húmedo (*el humor acuoso*) que separa la córnea de la lente del cristalino. Está conectada con el músculo ciliar, que tiene forma de anillo y la rodea mediante unos ligamentos. *El iris* es una estructura suspendida entre *la córnea y el cristalino* y tiene una abertura conocida como *la pupila*. El tamaño de *la pupila* depende de un músculo que rodea sus bordes, aumentando o disminuyendo cuando se contrae o se relaja, controlando la cantidad de luz hacia el ojo. *La retina* es una capa compuesta por células nerviosas. Las células receptoras sensibles a la luz se encuentran en su superficie exterior detrás de una capa de tejido pigmentado. Estas células tienen la forma de *conos* y *bastones*. La retina tiene una pequeña mancha de color amarillo, llamada *mácula lútea*; en su centro se encuentra la *fóvea* central, la cual posee la mayor agudeza visual. La capa sensorial de la *fóvea* se compone sólo de células con forma de conos, mientras que en torno a ella también se encuentran células con forma de bastones. A medida que se aleja del área sensible, las células con forma de cono se vuelven más escasas y en los bordes exteriores de la retina sólo existen las células con forma de bastones.

El nervio óptico entra en el globo ocular por debajo, lo cual origina en la retina una pequeña mancha redonda llamada disco óptico. Esta estructura forma el punto ciego del ojo, ya que carece de células sensibles a la luz [13].

1.1.1 FUNCIONAMIENTO DEL OJO

Una cámara fotográfica sencilla funciona como los ojos de los seres humanos. La lente del cristalino forma en la retina una imagen invertida de los objetos que enfoca y la retina se corresponde con la película sensible a la luz, como se observa en la figura 2.

Figura 2. Formación de Imágenes en el Ojo



Tomado de: <http://www.siste.com.ar/serv021.htm>

El enfoque del ojo se realiza de acuerdo al cambio en la forma de la lente del cristalino (se aplanan o redondean - acomodación). Los objetos cercanos se pueden ver cuando la lente del cristalino se redondea. Un niño puede ver con claridad a una distancia tan corta como 6,3 cm. Con el aumento de la edad del ser humano existe un endurecimiento progresivo tal que la visión cercana disminuye cerca de unos 15 cm a los 30 años y 40 cm a los 50 años.

La luz entra en el ojo a través de la córnea y el iris, atravesando la lente del cristalino antes de alcanzar la retina.



Figura 3. Enfoque del ojo

Tomado de: <http://www.siste.com.ar/serv021.htm>

La hipermetropía y la miopía corresponden a los defectos originados por las diferencias de tamaño en la estructura del ojo [13].

Figura 4. Esfera Ocular

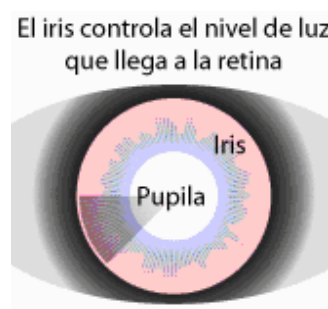


Tomado de: <http://www.gusgsm.com>

La retina recibe una pequeña imagen invertida de ese mundo exterior, transmitida por el sistema óptico formado por la córnea y el cristalino. El ojo es así una pequeña “cámara oscura”. La lente del cristalino altera su forma para enfocar la imagen, ver figura 4.

El iris es el encargado de controlar la cantidad de luz que ingresa en el ojo, esto depende de del nivel de intensidad de luz que exista en el ambiente, este control lo hace por medio de su dilatación (cuando hay poca luz) o contracción (cuando hay demasiada luz), ver figura 5.

Figura 5. El Iris y la Pupila.



Tomado de: <http://www.gusgsm.com>

La retina traduce la señal luminosa en señales nerviosas. Está formada por tres capas de células nerviosas, ver figura 6. Sorprendentemente, las células fotosensibles (conocidas como conos (*cones*) y bastones (*rods*)) forman la parte trasera de la retina (es decir: La más alejada de la apertura del ojo). Por eso, la luz debe atravesar antes las otras dos capas de células para estimular los conos y los bastones.

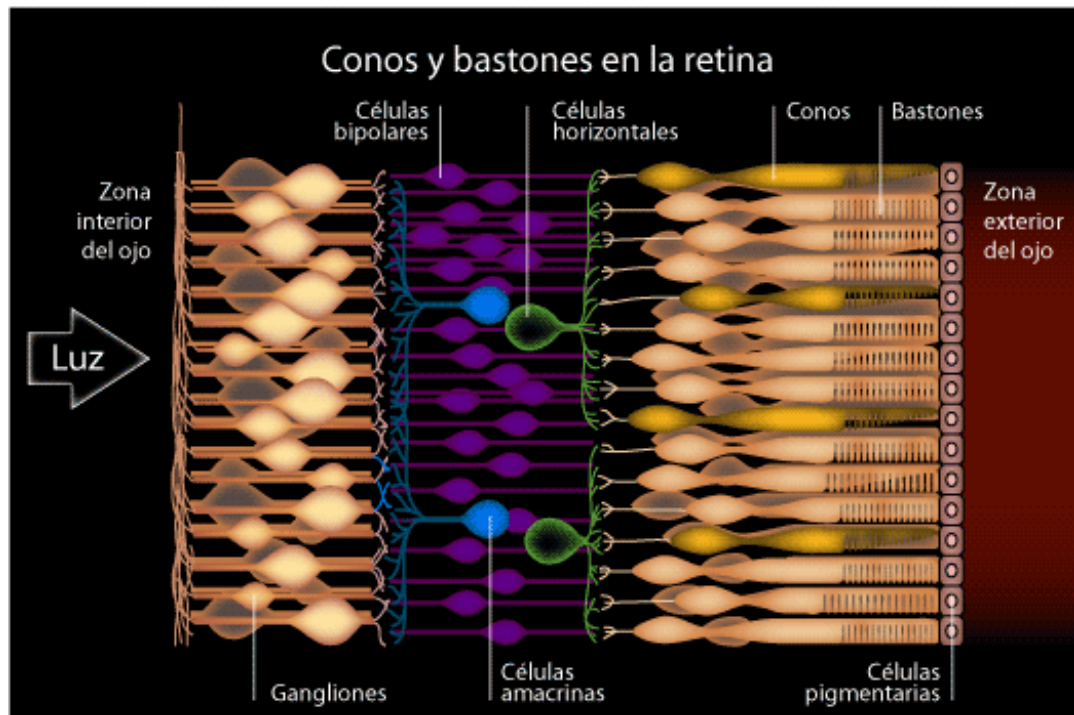


Figura 6. Conos y Bastones en la retina
Tomado de: <http://www.gusgsm.com>

Las causas e historia evolutiva de este diseño invertido de la retina no se conocen bien, pero es posible que esa posición de las células fotosensibles en la zona más posterior de la retina permita que cualquier señal luminosa dispersa sea absorbida por las células pigmentarias situadas inmediatamente detrás de la retina, ya que contienen un pigmento oscuro conocido como melanina. La capa media de la retina contiene tres tipos de células nerviosas: Bipolares, horizontales y amacrinas. La conexión de los conos y bastones con estos tres conjuntos de células es complejo, pero las señales terminan por llegar a la zona frontal de la retina, para abandonar el ojo a través del nervio óptico. Este diseño inverso de la retina hace que el nervio óptico tenga que atravesarla, lo que da como resultado el llamado punto ciego (*blind spot*) o disco óptico.

Los bastones y conos contienen pigmentos visuales, que son como los demás pigmentos en el sentido de que absorben la luz dependiendo de la longitud de onda de ésta. Sin embargo, estos pigmentos visuales tienen la particularidad de que cuando un pigmento absorbe un fotón de energía luminosa, la forma molecular cambia y se libera energía.

El pigmento que ha cambiado su estructura absorbe peor la energía y por eso se dice que se ha blanqueado o despigmentado (*bleached*). La liberación de energía por parte del pigmento y el cambio en la forma molecular hacen que la célula libere una señal eléctrica mediante un mecanismo que aun no se conoce por completo, [14].

➤ VISION ESCOTÓPICA Y FOTÓPICA

Los bastones son sensibles a niveles muy bajos de iluminación y son los responsables de nuestra capacidad de ver con poca luz (*visión escotópica*). Contienen un pigmento cuyo máximo de sensibilidad se halla en la zona de los 510 nanómetros (o sea, la zona de los verdes). Al pigmento de los bastones, la rodopsina, se la suele llamar “púrpura visual”, ya que cuando los químicos logran extraerlo en cantidad suficiente, tienen una apariencia purpúrea.

La visión escotópica carece de color, ya que una función de sensibilidad con un espectro único es ajena al color, por lo que la visión escotópica es monocromática.

Los conos son los que proporcionan la visión en color. Hay tres clases de conos. Cada una de ellos contiene un pigmento fotosensible distinto. Los tres pigmentos tienen su capacidad máxima de absorción hacia los 430, 530 y 560 nanómetros de longitud de onda, respectivamente. Por eso se los suele llamar “azules”, “verdes” y “rojos”. No es que los conos se llamen así por su pigmentación, sino por el supuesto “color de la luz” al que tienen una sensibilidad óptima.

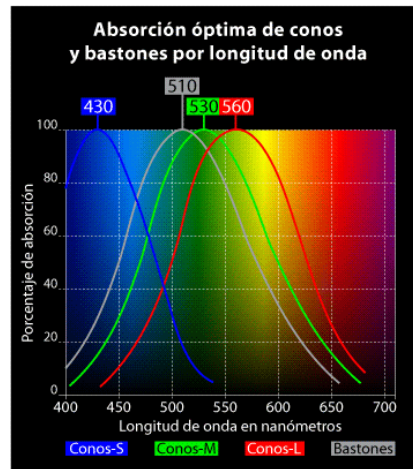


Figura 7. Absorción óptica de conos y bastones por longitud de onda

Tomado de: <http://www.gusqsm.com/>

Esta terminología es bastante desafortunada, ya que las luces monocromas de 430, 530 y 560 nm de longitud de onda no causan realmente la percepción de azul, verde y rojo, sino la de violeta, azul verdoso y amarillo verdoso. Por eso, las denominaciones conos cortos, conos medios y conos largos (por el tipo de longitud de onda al que son sensibles comparativamente) es más lógica (las abreviaciones en inglés son: *S-cones* (cortos), *M-cones* (medios) y *L-cones* (largos)).

La existencia de tres funciones de sensibilidad espectral proporciona la base de la visión en color, ya que cada longitud de onda causará una proporción única de respuestas en los conos sensibles a longitudes cortas, medias y largas. Son los conos quienes nos proporcionan la visión en color (*visión fotópica*), que permite distinguir notablemente bien pequeños cambios en la composición de longitudes de onda de una luz, [14].

1.1.2 VIA VISUAL

Las señales eléctricas que perciben los ojos estimulan unas células especiales en el interior de él (conos y bastones), estas células al recibir estos impulsos eléctricos producen una reacción química, la cual a su vez genera una nueva señal eléctrica, las señales provenientes de cada una de estas células son transmitidas a través de las fibras nerviosas de la retina y agrupadas en el nervio óptico. El nervio óptico envía la información a un área especializada de los lóbulos cerebrales donde es interpretada y transformada en imágenes, con esto el cerebro nos da la sensación de 3D de dichas imágenes. El recorrido que sigue la luz hasta convertirse en imágenes en nuestro cerebro puede observarse en la figura 8.

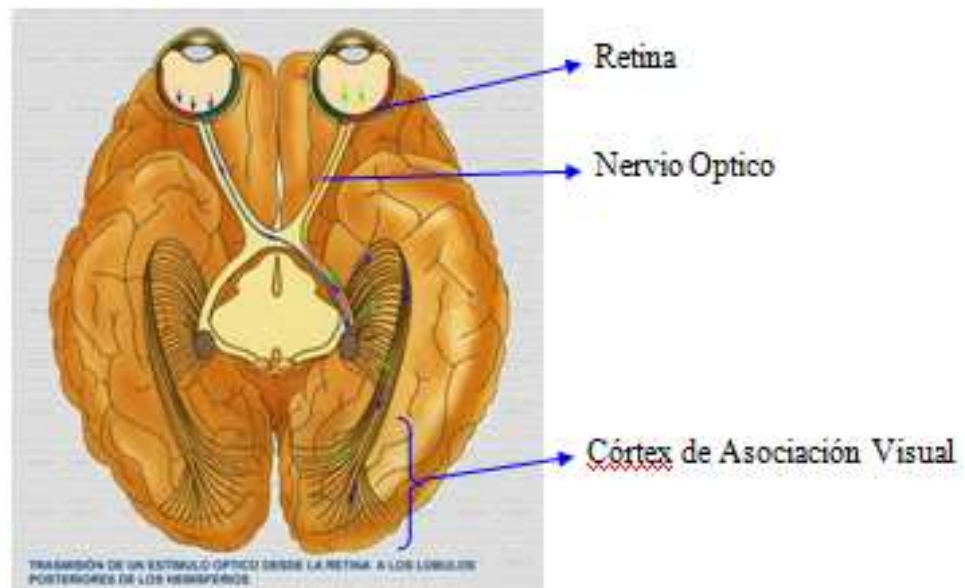


Figura 8. Transmisión de un estímulo óptico desde la retina a los lóbulos posteriores de los hemisferios del cerebro
Tomado de: <http://www.igb.es/neurologia/visitador/v001.htm#comunicacion>

2. CONCEPTOS DE IMAGEN BINOCULAR

2.1 VISION ESTEREOSCOPICA

Estereoscopia es el fenómeno por medio del cual es posible ver un objeto en 3D o dar una percepción del fondo o de fondo. Cuando es visto con ambos ojos se puede dar una percepción del fondo (distancia desde el ojo) o distancia relativa entre objetos, esto es llamado *Visión Binocular*.

Visión monocular es cuando solo un ojo es utilizado para ver, no es posible dar una adecuada percepción del fondo utilizando visión monocular.

La visión estereoscópica también se puede llevar a cabo fotografiando los mismos objetos desde posiciones diferentes, si los fotógrafos están viendo en un modo semejante o tal que el ojo izquierdo observe solo la foto izquierda y el ojo derecho observe solo la foto derecha, entonces, se puede obtener una impresión del objeto en 3D esto es llamado un modelo estereoscópico.

Este modelo describe la forma como un punto en tres dimensiones dado por las coordenadas $\mathbf{P}(X_w, Y_w, Z_w)$, es proyectado sobre un par de imágenes.

Este modelo esta basado en una cámara de cajón con un orificio minúsculo en vez de la lente, que permite obtener la transformación de perspectiva inversa necesaria para efectuar los cálculos de triangulación. En este trabajo como ya se ha dicho se consideran solamente cámaras con planos de imagen paralelos como lo muestra la figura 30, esto con el objetivo claro de simplificar la tarea de calculo de las coordenadas espaciales de la esquina analizada.

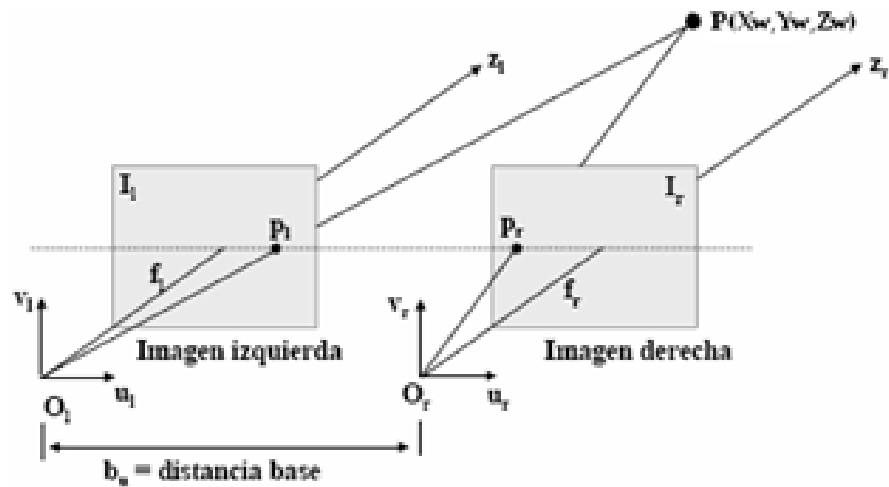


Figura 9. Visión Estereoscópica
Configuración con ejes ópticos paralelos

Como se observa el punto focal de cada cámara esta ubicado detrás del plano de la imagen, lo cual permite obtener imágenes no invertidas.

Un punto en tres dimensiones se proyectará en la imagen derecha en un píxel (U_r, V_r) y en la imagen izquierda en un píxel (U_l, V_l) las coordenadas V_r y V_l son exactamente iguales y la variación en la coordenada U recibe el nombre de *Disparidad* y solamente se produce a lo largo del eje horizontal mas conocido como línea *Epipolar*. Esta característica da lugar a la importante *Restricción epipolar* que dice: “el espacio de búsqueda de la posible pareja de un punto de coordenadas (U_r, V_r) está restringido a la línea epipolar.”

2.2. PERCEPCION EN 3D

Uno de los aspectos más sorprendentes cuando se estudia la percepción humana es la capacidad del observador para determinar la estructura 3D de los objetos a partir de patrones bidimensionales de luz. Los primeros estudios enfocados al análisis tridimensional a partir de imágenes fueron realizados por la comunidad científica de la fotogrametría. Estos estudios fueron retomados por científicos de la visión por computadora hasta llegar a desarrollar enfoques diferentes para una misma problemática.

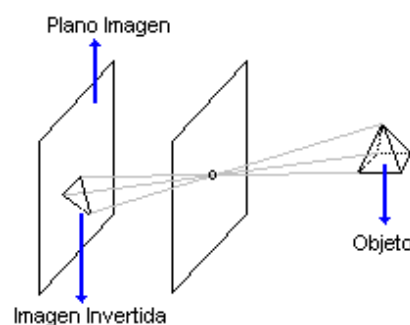
Si se tiene en cuenta que el tipo de sensor que normalmente suministra a un sistema de visión artificial la información del mundo 3D que le rodea es una cámara de video, el primer objetivo en visión 3D debe ser explicar como usar la información 2D que se tiene sobre la escena para realizar medidas del mundo 3D.

El modelo geométrico de proyección 3D a 2D más utilizado es el modelo de proyección por perspectiva (modelo pin-hole), [1].

2.2.1 MODELO PINHOLE

Se hace pasar la luz por un agujero muy pequeño, forzando a que a cada punto de un plano solo pueda llegar luz de un punto del mundo (un “rayo”).

Figura 10. Modelo PIN-HOLE

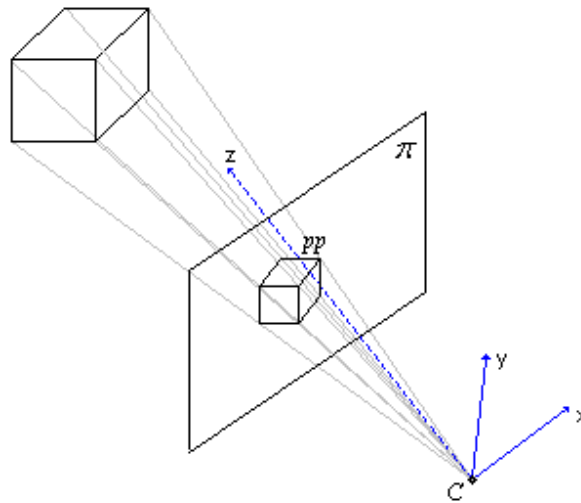


Tomado de: Autores

Los algoritmos que reconstruyen la estructura 3D de una escena o calculan la posición de objetos en el espacio necesitan las ecuaciones que unen los puntos 3D con sus correspondientes proyecciones 2D. Esto es llamado *transformación de perspectiva* [2].

2.2.1.1 TRANSFORMACIÓN DE PERSPECTIVA

Una cámara queda completamente determinada por el centro de proyección C y el plano imagen π . Los puntos en coordenadas tridimensionales dan lugar a “rayos” hasta C , y la imagen es la intersección de estos rayos con el plano π , que está a una distancia f . La dirección en la que mira la cámara es la recta normal al plano que pasa por el centro de proyección. El *punto principal* (pp) es la intersección de esa recta con el plano imagen, ver figura 11.



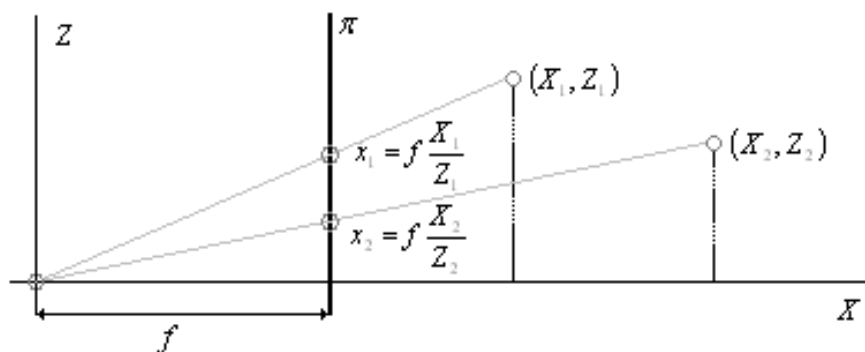
Tomado de: Autores
Figura 11. Transformación de perspectiva

Las ecuaciones de la transformación de perspectiva son muy sencillas cuando el centro de proyección es el origen y la cámara apunta en la dirección del eje Z:

$$x = f \frac{X}{Z} \quad y = f \frac{Y}{Z} \quad (1)$$

Esta transformación se puede interpretar intuitivamente como un simple escalado de las coordenadas, pero con un factor inversamente proporcional a la distancia al punto en *dirección perpendicular* al plano imagen, ver figura 12.

Figura 12. Transformación de perspectiva, escalado de coordenadas



La transformación de perspectiva tiene el inconveniente que es una transformación *no lineal*. Afortunadamente se dispone de herramientas matemáticas (geometría proyectiva, coordenadas homogéneas, etc.) que permiten estudiar la formación de las imágenes mediante técnicas esencialmente lineales.

Es normal suponer que los puntos 3D pueden venir dados con relación a un sistema de coordenadas distintas del proporcionado por el sistema de referencia de la cámara, siendo necesario además relacionar las coordenadas de un punto en la imagen con las coordenadas correspondientes en el sistema de referencia proporcionado por la cámara. Siendo necesario calcular los parámetros extrínsecos (relacionan dos sistemas de referencia 3D, cámara y global) y los parámetros intrínsecos (de la cámara a la imagen). Es lo que se conoce en visión artificial como calibración de la cámara [2].

3. LA TELEVISIÓN

La televisión es un sistema para la transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia.

Esta transmisión puede ser efectuada mediante ondas de radio o por redes especializadas de televisión por cable. El receptor de las señales es el televisor. La palabra "televisión" es un híbrido de la voz griega "*tele*" (distancia) y la latina "*visio*" (visión). El término televisión se refiere a todos los aspectos de transmisión y programación de televisión. A veces se abrevia como *TV*. Este término fue utilizado por primera vez en 1900 por Constantin Perski en el *Congreso Internacional de Electricidad de París* (CIEP).

El Día Mundial de la Televisión se celebra el 21 de noviembre en conmemoración de la fecha en que se celebró en 1996 el primer Foro Mundial de Televisión en las Naciones Unidas.

3.1 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN

El concepto de televisión (visión a distancia) se puede rastrear hasta Galileo Galilei y su telescopio. Sin embargo, no es hasta 1884, con la invención del Disco de Nipkow de Paul Nipkow cuando se hiciera un avance relevante para crear un medio. El cambio que traería la televisión tal y como hoy la conocemos fue la invención del iconoscopio de Vladimir Zworykin. Esto daría paso a la televisión completamente electrónica, que disponía de una tasa de refresco mucho mejor, mayor definición de imagen e iluminación propia.

Las primeras emisiones públicas de televisión las efectuó la BBC en Inglaterra en 1927 y la CBS y NBC en Estados Unidos en 1930. En ambos casos se utilizaron sistemas mecánicos y los programas no se emitían con un horario regular.

Las emisiones con programación se iniciaron en Inglaterra en 1936, y en Estados Unidos el día 30 de abril de 1939, coincidiendo con la inauguración de la Exposición Universal de Nueva York. Las emisiones programadas se interrumpieron durante la Segunda Guerra Mundial, reanudándose cuando terminó.

3.2 LOS PRIMEROS DESARROLLOS DE LA TELEVISIÓN

3.2.1 LA TELEFOTOGRAFÍA

Los primeros intentos de transmitir imágenes a distancia se realizan mediante la electricidad y sistemas mecánicos. La electricidad ejercía como medio de unión entre los puntos y servía para realizar la captación y recepción de la imagen, los medios mecánicos efectuaban las tareas de movimientos para realizar los barridos y descomposición secuencial de la imagen a transmitir. Para 1884 aparecieron los primeros sistemas de transmisión, mapas escritos y fotografías llamados telefotos. En estos primeros aparatos se utilizaba la diferencia de resistencia para realizar la captación.

El desarrollo de las células fotosensibles de selenio, en las que su resistividad varía según la cantidad de luz que incide en ellas, el sistema se perfeccionó hasta tal punto que en 1927 se estableció un servicio regular de transmisión de telefotografía entre Londres y Nueva York. Las ondas de radio pronto sustituyeron a los cables de cobre, aunque nunca llegaron a eliminarlos por completo, sobre todo en los servicios punto a punto.

El desarrollo de la telefotografía alcanzó su cumbre con los teleinscriptores, y su sistema de transmisión. Estos aparatos permitían recibir el periódico diario en casa del cliente, mediante la impresión del mismo que se hacía desde una emisora especializada.

Hasta la década de los años 80 del siglo XX se vinieron utilizando sistemas de telefoto para la transmisión de fotografías destinados a los medios de comunicación.

3.2.2 EL MOVIMIENTO EN LA IMAGEN

La imagen en movimiento es lo que caracteriza a la televisión. Los primeros desarrollos los realizaron los franceses Rionoux y Fournier en 1906. Estos desarrollaron una matriz de células fotosensibles que conectaban, al principio una a una, con otra matriz de lámparas. A cada célula del emisor le correspondía una lámpara en el receptor.

Pronto se sustituyeron los numerosos cables por un único par. Para ello se utilizó un sistema de conmutación que iba poniendo cada célula en cada instante en contacto con cada lámpara. El problema fue la sincronización de ambos

conmutadores, así como la velocidad a la que debían de girar para lograr una imagen completa que fuera percibida por el ojo como tal.

La necesidad de enviar la información de la imagen en serie, es decir utilizando solamente una vía como en el caso de la matriz fotosensible, se aceptó rápidamente. En seguida se desarrollaron sistemas de exploración, también llamados de desintegración, de la imagen. Se desarrollaron sistemas mecánicos y eléctricos.

3.2.3 TELEVISIÓN MECÁNICA, EL DISCO DE NIPKOW Y LA RUEDA FÓNICA

En 1884 Paul Nipkow diseña y patenta el llamado disco de Nipkow, un proyecto de televisión que no podría llevarse a la práctica. En 1910, el disco de Nipkow fue utilizado en el desarrollo de los sistemas de televisión de los inicios del siglo XX y en 1925, el 25 de marzo, el inventor escocés John Logie Baird efectúa la primera experiencia real utilizando dos discos, uno en el emisor y otro en el receptor, que estaban unidos al mismo eje para que su giro fuera síncrono y separados 2 m. Se transmitió una cabeza de un maniquí con una definición de 28 líneas y una frecuencia de cuadro de 14 cuadros por segundo.

Baird ofreció la primera demostración pública del funcionamiento de un sistema de televisión a los miembros de la Royal Institution y a un periodista el 26 de enero de 1926 en su laboratorio de Londres. En 1927, Baird transmitió una señal a 438 millas a través de una línea de teléfono entre Londres y Glasgow.

Este disco permite la realización de un barrido secuencial de la imagen mediante una serie de orificios realizados en el mismo. Cada orificio, que en teoría debiera tener un tamaño infinitesimal y en la práctica era de 1 mm, barría una línea de la imagen y como éstos, los agujeros, estaban ligeramente desplazados, acababan realizando el barrido total de la misma. El número de líneas que se adoptaron fue de 30 pero esto no dio los resultados deseados, la calidad de la imagen no resultaba satisfactoria.

En 1928 Baird funda la compañía *Baird TV Development Co* para explotar comercialmente la TV. Esta empresa consiguió la primera señal de televisión transatlántica entre Londres y Nueva York. Ese mismo año Paul Nipkow ve en la Exposición de radio de Berlín un sistema de televisión funcionando perfectamente basado en su invento con su nombre al pie del mismo. En 1929 se comienzan las emisiones regulares en Londres y Berlín basadas en el sistema Nipkow Baird, que emitía en banda media de radio.

Se desarrollaron otros exploradores mecánicos como el que realizó la casa Telefunken, que dio buenos resultados, pero que era muy complejo y constaba de un cilindro con agujeros que tenían una lente cada uno de ellos.

La formación de la imagen en la recepción se realizaba mediante el mismo principio que utilizaba en la captación. Otro disco similar, girando síncronamente, era utilizado para mirar a través de él una lámpara de neón cuya luminosidad correspondía a la luz captada en ese punto de la imagen. Este sistema, por el minúsculo tamaño del área de formación de la imagen, no tuvo mucho éxito, ya que únicamente permitía que ésta fuera vista por una persona, aun cuando se intentó agrandar la imagen mediante la utilización de lentes. Se desarrollaron sistemas basados en cinta en vez de discos y también se desarrolló, que fue lo que logró resolver el problema del tamaño de la imagen, un sistema de espejos montados en un tambor que realizaban la presentación en una pantalla. Para ello el tambor tenía los espejos ligeramente inclinados, colocados helicoidalmente. Este tambor es conocido como la rueda de Weiller. Para el desarrollo práctico de estos televisores fue necesaria la sustitución de la lámpara de neón, que no daba la luminosidad suficiente, por otros métodos, y entre ellos se utilizó el de poner una lámpara de descarga de gas y hacer pasar la luz de la misma por una célula de Kerr que regulaba el flujo luminoso en relación a la tensión que se le aplicaba en sus bornes. El desarrollo completo del sistema se obtuvo con la utilización de la rueda fónica para realizar el sincronismo entre el emisor y el receptor.

La exploración de la imagen, que se había desarrollado de forma progresiva por las experiencias de Senlecq y Nipkow se cuestiona por la exposición del principio de la exploración entrelazada desarrollado por Belin y Toulón. La exploración entrelazada solventaba el problema de la persistencia de la imagen, las primeras líneas trazadas se perdían cuando todavía no se habían trazado las últimas produciendo el conocido como efecto ola. En la exploración entrelazada se exploran primero las líneas impares y luego las pares y se realiza lo mismo en la presentación de la imagen. Brillounin perfecciona el disco de Nipkow para que realice la exploración entrelazada colocándole unas lentes en los agujeros aumentando así el brillo captado.

En 1932 se realizan las primeras emisiones en París. Estas emisiones tienen una definición de 60 líneas pero tres años después se estaría emitiendo con 180. La precariedad de las células empleadas para la captación hacía que se debiera iluminar muy intensamente las escenas produciendo muchísimo calor que impedía el desarrollo del trabajo en los platós.

3.2.4 LA RUEDA FÓNICA

La rueda fónica fue el sistema de sincronización mecánico que mejores resultados dio. Consistía en una rueda de hierro que tenía tantos dientes como agujeros había en el tambor o disco. La rueda y el disco estaban unidos por el mismo eje.

La rueda estaba en medio de dos bobinas que eran recorridas por la señal que llegaba del emisor. En el centro emisor se daba, al comienzo de cada agujero, principio de cada línea, un pulso mucho más intenso y amplio que las variaciones habituales de las células captadoras, que cuando era recibido en el receptor al pasar por las bobinas hace que la rueda dé un paso posicionando el agujero que corresponde.

3.2.5 TELEVISIÓN ELECTRÓNICA

En 1937 comenzaron las transmisiones regulares de TV electrónica en Francia y en el Reino Unido. Esto llevó a un rápido desarrollo de la industria televisiva y a un rápido aumento de telespectadores, aunque los televisores eran de pantallas pequeñas y muy costosas. Estas emisiones fueron posibles por el desarrollo de los siguientes elementos en cada extremo de la cadena: el tubo de rayos catódicos y el iconoscopio.

3.2.6 EN EL EQUIPO RECEPTOR, EL TUBO DE RAYOS CATÓDICOS - TRC

La implementación del llamado tubo de rayos catódicos o tubo de Braum, por S. Thomson en 1895 fue un precedente que tendría gran trascendencia en la televisión, si bien no se pudo integrar, debido a las deficiencias tecnológicas, hasta entrado el siglo XX y que perdura en los primeros años del siglo XXI.

Desde los comienzos de los experimentos sobre los rayos catódicos hasta que el tubo se desarrolló lo suficiente para su uso en la televisión fueron necesarios muchos avances en esa investigación. Las investigaciones de Wehnelt, que añadió su cilindro, los perfeccionamientos de los controles electrostáticos y electromagnéticos del haz, con el desarrollo de las llamadas "lentes electrónicas" de Vichert y los sistemas de deflexión permitieron que el investigador Holweck desarrollara el primer tubo de Braum destinado a la televisión. Para que este sistema trabajase correctamente se tuvo que construir un emisor especial, este emisor lo realizó Belin y estaba basado en un espejo móvil y un sistema mecánico para el barrido.

Una vez resuelto el problema de la presentación de la imagen en la recepción quedaba por resolver el de la captación en el emisor. Los exploradores mecánicos frenaban el avance de la técnica de la TV. Era evidente que el progreso debía de venir de la mano de la electrónica, como en el caso de la recepción. El 27 de enero de 1926, John Logie Baird hizo una demostración ante la Real Institución de Inglaterra, el captador era mecánico, compuesto de tres discos y de construcción muy rudimentaria. Alfredo Dinsdale lo describe de esta manera en su libro *Televisión*:

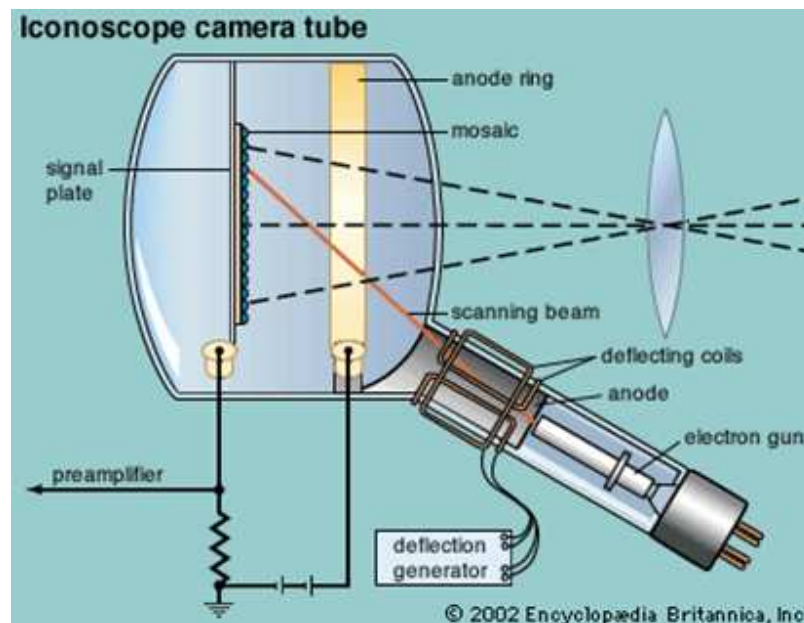
- El aparato estaba montado con ejes de bicicletas viejas, tableros de mesas de café y lentes de cristal de claraboyas, todo unido con lacre, cuerdas, etc., lo cual hizo que no impresionara muy favorablemente a aquellos que estaban acostumbrados a los primorosos mecanismos de los constructores de aparatos; sin embargo, la importancia de las pruebas fue real y decisiva para el mundo científico de aquellos tiempos.

La primera imagen sobre un tubo de rayos catódicos se formó en 1911 en el Instituto Tecnológico de San Petersburgo y consistía en unas rayas blancas sobre fondo negro y fueron obtenidas por Boris Rosing en colaboración con Zworykin. La captación se realizaba mediante dos tambores de espejos (sistema Weiller) y generaba una exploración entrelazada de 30 líneas y 12,5 cuadros por segundo. Las señales de sincronismo eran generadas por potenciómetros unidos a los tambores de espejos que se aplicaban a las bobinas deflexoras del TRC, cuya intensidad de haz era proporcional a la iluminación que recibía la célula fotoeléctrica.

3.2.7 EN EL EQUIPO EMISOR, EL ICONOSCOPIO

En 1931 Vladimir Kosma Zworykin desarrolló el captador electrónico que tanto se esperaba, el iconoscopio, ver figura 13. Este tubo electrónico permitió el abandono de todos los demás sistemas que se venían utilizando y perduró, con sus modificaciones, hasta la irrupción de los captadores de CCD's a finales el siglo XX.

Figura 13. Captador Electrónico de Zworykin



Tomado de:

<http://iiwikitv.wikispaces.com/file/view/camaras+analogicas.ppt#256,2,Diapositiva 2>

El iconoscopio está basado en un mosaico electrónico compuesto por miles de pequeñas células fotoeléctricas independientes que se creaban mediante la construcción de un sándwich de tres capas, una muy fina de mica que se recubría en una de sus caras de una sustancia conductora (grafito en polvo impalpable o plata) y en la otra cara una sustancia fotosensible compuesta de millares de pequeños globulitos de plata y óxido de cesio. Este mosaico, que era también conocido con el nombre de mosaico electrónico de Zworykin se colocaba dentro de un tubo de vacío y sobre el mismo se proyectaba, mediante un sistema de lentes, la imagen a captar. La lectura de la "imagen electrónica" generada en el mosaico se realizaba con un haz electrónico que proporcionaba a los pequeños condensadores fotoeléctricos los electrones necesarios para su neutralización. Para ello se proyecta un haz de electrones sobre el mosaico, las intensidades generadas en cada descarga, proporcionales a la carga de cada célula y ésta a la intensidad de luz de ese punto de la imagen pasan a los circuitos amplificadores y de allí a la cadena de transmisión, después de los diferentes procesos precisos para el óptimo rendimiento del sistema de TV.

La exploración del mosaico por el haz de electrones se realizaba mediante un sistema de deflexión electromagnético, al igual que el utilizado en el tubo del receptor.

Se desarrollaron otro tipo de tubos de cámara como el disector de imagen de Philo Taylor Farnsworth y luego el Icotrón y el superemitrón, que era un híbrido de iconoscopio y disector, y al final apareció el orticón, desarrollado por la casa RCA y que era mucho menor, en tamaño, que el iconoscopio y mucho más sensible. Este tubo fue el que se desarrolló y perduró hasta su desaparición.

Vladimir Zworykin realizó sus estudios y experimentos del iconoscopio en la RCA, después de dejar San Petersburgo y trabajando con Philo Taylor Farnsworth quien lo acusó de copiar sus trabajos sobre el disector de imagen.

Los transductores diseñados fueron la base para las cámaras de televisión. Estos equipos integraban, e integran, todo lo necesario para captar una imagen y transformarla en una señal eléctrica. La señal, que contiene la información de la imagen más los pulsos necesarios para el sincronismo de los receptores, se denomina señal de vídeo. Una vez que se haya producido dicha señal, ésta puede ser manipulada de diferentes formas, hasta su emisión por la antena, el sistema de difusión deseado.

3.2.8 LA SEÑAL DE VÍDEO, RESULTADO ENTRE EL EQUIPO EMISOR Y RECEPTOR

La señal transducida de la imagen contiene la información de ésta, pero como hemos visto, es necesario, para su recomposición, que haya un perfecto sincronismo entre la deflexión de exploración y la deflexión en la representación.

La exploración de una imagen se realiza mediante su descomposición, primero en fotogramas a los que se llaman *cuadros* y luego en líneas, leyendo cada cuadro. Para determinar el número de cuadros necesarios para que se pueda recomponer una imagen en movimiento así como el número de líneas para obtener una óptima calidad en la reproducción y la óptima percepción del color (en la TV en color) se realizaron numerosos estudios empíricos y científicos del ojo humano y su forma de percibir. Se obtuvo que el número de cuadros debía de ser al menos de 24 al segundo (luego se emplearon por otras razones 25 y 30) y que el número de líneas debía de ser superior a las 300.

La señal de vídeo la componen la propia información de la imagen correspondiente a cada línea (en el sistema PAL 625 líneas y en el NTSC 525 por cada cuadro) agrupadas en dos grupos, las líneas impares y las pares de cada cuadro, a cada uno de estos grupos de líneas se les denomina *campo* (en el sistema PAL se usan 25 cuadros por segundo mientras que en el sistema NTSC 30). A esta información hay que añadir la de sincronismo, tanto de cuadro como de línea, esto es, tanto *vertical* como *horizontal*. Al estar el cuadro dividido en dos campos tenemos por cada cuadro un sincronismo vertical que nos señala el comienzo y el tipo de campo, es decir, cuando empieza el campo impar y cuando empieza el campo par. Al comienzo de cada línea se añade el pulso de sincronismo de línea u horizontal (modernamente con la TV en color también se añade información sobre la sincronía del color).

La codificación de la imagen se realiza entre 0 V para el negro y 0,7 V para el blanco. Para los sincronismos se incorporan pulsos de -0,3 V, lo que da una amplitud total de la forma de onda de vídeo de 1 V. Los sincronismos verticales están constituidos por una serie de pulsos de -0,3 V que proporcionan información sobre el tipo de campo e igualan los tiempos de cada uno de ellos.

El sonido, llamado *audio*, es tratado por separado en toda la cadena de producción y luego se emite junto al vídeo en una portadora situada al lado de la encargada de transportar la imagen.

Figura 14. Vieja televisión blanco y negro.



4. EL DESARROLLO DE LA TELEVISIÓN

En 1945 se establecen las normas CCIR que regulan la exploración, modulación y transmisión de la señal de TV. Había multitud de sistemas que tenían resoluciones muy diferentes, desde 400 líneas a hasta más de 1.000. Esto producía diferentes anchos de banda en las transiciones. Poco a poco se fueron concentrando en dos sistemas, el de 512 líneas, adoptado por EE.UU. y el de 625 líneas, adoptado por Europa (España adoptó las 625 líneas en 1956). También se adoptó muy pronto el formato de 4/3 para la relación de aspecto de la imagen.

Es a mediados del siglo XX donde la televisión se convierte en bandera tecnológica de los países y cada uno de ellos va desarrollando sus sistemas de TV nacionales y privados. En 1953 se crea Eurovisión que asocia a varios países de Europa conectando sus sistemas de TV mediante enlaces de microondas. Unos años más tarde, en 1960, se crea Mundovisión que comienza a realizar enlaces con satélites geoestacionarios cubriendo todo el mundo.

La producción de televisión se desarrolló con los avances técnicos que permitieron la grabación de las señales de vídeo y audio. Esto permitió la realización de programas grabados que podrían ser almacenados y emitidos posteriormente. A finales de los años 50 del siglo XX se desarrollaron los primeros magnetoscopios y las cámaras con ópticas intercambiables que giraban en una torreta delante del tubo de imagen. Estos avances, junto con los desarrollos de las máquinas necesarias para la mezcla y generación electrónica de otras fuentes, permitieron un desarrollo muy alto de la producción.

En los años 70 se implementaron las ópticas Zoom y se empezaron a desarrollar magnetoscopios más pequeños que permitían la grabación de las noticias en el campo. Nacieron los equipos periodismo electrónico o ENG. Poco después se comenzó a desarrollar equipos basados en la digitalización de la señal de vídeo y en la generación digital de señales, nacieron de esos desarrollos los *efectos digitales* y las paletas gráficas. A la vez que el control de las máquinas permitía el montaje de salas de postproducción que, combinando varios elementos, podían realizar programas complejos.

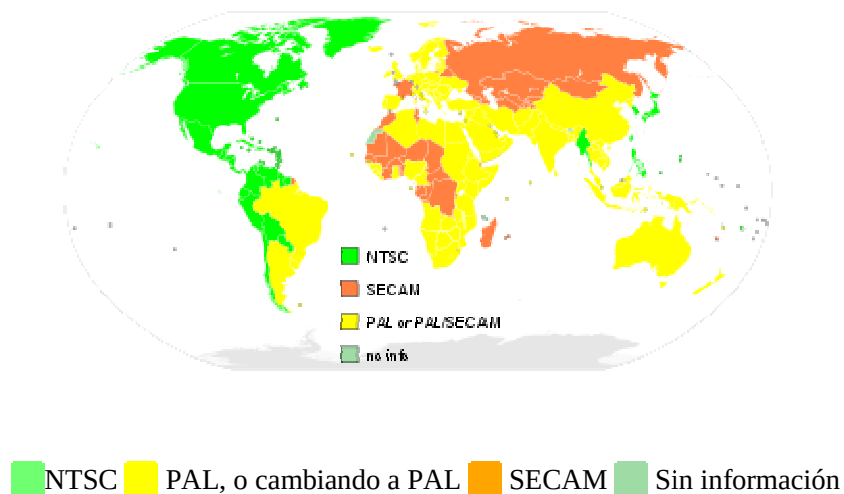
El desarrollo de la televisión no se paró con la transmisión de la imagen y el sonido. Pronto se vio la ventaja de utilizar el canal para dar otros servicios. En esta filosofía se implementó, a finales de los años 80 del siglo XX el teletexto que transmite noticias e información en formato de texto utilizando los espacios libres de información de la señal de vídeo. También se implementaron sistemas de sonido mejorado, naciendo la televisión en estéreo o dual y dotando al sonido de

una calidad excepcional, el sistema que logró imponerse en el mercado fue el NICAM.

4.1 LA TELEVISIÓN EN COLOR

Ya en 1928 se desarrollaron experimentos de la transmisión de imágenes en color. Baird, basándose en la teoría tricromática de Young, realizó experimentos con discos de Nipkow a los que cubría los agujeros con filtros rojos, verdes y azules logrando emitir las primeras imágenes en color el 3 de julio de 1928. El 17 de agosto de 1940, el mexicano Guillermo González Camarena patenta, en México y EE.UU., un Sistema Tricromático Secuencial de Campos. Ocho años más tarde, en 1948, Goldmark, basándose en la idea de Baird y Camarena, desarrolló un sistema similar llamado *sistema secuencial de campos* el cual estaba compuesto por una serie de filtros de colores rojo, verde y azul que giran anteponiéndose al captador y, de igual forma, en el receptor, se anteponen a la imagen formada en la pantalla del tubo de rayos catódicos. El éxito fue tal que la Columbia Broadcasting System lo adquirió para sus transmisiones de TV.

Figura 15. Distribución de los sistemas de TV en el mundo.



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

El siguiente paso fue la transmisión simultánea de las imágenes de cada color con el denominado *trinoscopio*. El trinoscopio ocupaba tres veces más espectro radioeléctrico que las emisiones monocromáticas y, encima, era incompatible con ellas a la vez que muy costoso.

El elevado número de televisores en blanco y negro exigió que el sistema de color que se desarrollara fuera compatible con las emisiones monocromas. Esta compatibilidad debía realizarse en ambos sentidos, de emisiones en color a recepciones en blanco y negro y de emisiones en monocromo a recepciones en color.

En búsqueda de la compatibilidad nace el concepto de luminancia y de crominancia. La luminancia porta la información del brillo, la luz, de la imagen, lo que corresponde al blanco y negro, mientras que la crominancia porta la información del color. Estos conceptos fueron expuestos por Valensi en 1937.

En 1950 la Radio Corporation of America, (RCA) desarrolla un tubo de imagen que portaba tres cañones electrónicos, los tres haces eran capaces de impactar en pequeños puntos de fósforo de colores, llamados *luminóforos*, mediante la utilización de una máscara, la *Shadow Mask* o *Trimask*. Esto permitía prescindir de los tubos trinoscópicos tan abultados y engorrosos. Los electrones de los haces al impactar con los luminóforos emiten una luz del color primario correspondiente que mediante la mezcla aditiva genera el color original.

Mientras en el receptor se implementaban los tres cañones correspondientes a los tres colores primarios en un solo elemento. En el emisor (la cámara) se mantenían los tubos separados, uno por cada color primario. Para la separación se hace pasar la luz que conforma la imagen por un prisma dicróico que filtra cada color primario a su correspondiente captador.

4.2 SISTEMAS ACTUALES DE TVC

El primer sistema de televisión en color ideado que respetaba la doble compatibilidad con la televisión monocroma se desarrolló en 1951 por un grupo de ingenieros dirigidos por Hirsh en los laboratorios de la *Hazeltine Corporation* en los EE.UU. Este sistema fue adoptado por la *Federal Communication Commission de USA* (FCC) y era el NTSC que son las siglas de *National Television System Commission*. El sistema tuvo éxito y se extendió por toda América del Norte y Japón.

Las señales básicas que utiliza son la luminancia (Y), que nos da el brillo y es lo que se muestra en los receptores monocromos, y las componentes de color, las dos señales diferencia de color, la R-Y y B-Y (el rojo menos la luminancia y el azul menos la luminancia). Esta doble selección permite dar un tratamiento

diferenciado al color y al brillo. El ojo humano es mucho más sensible a las variaciones y definición del brillo que a las del color, esto hace que los anchos de banda de ambas señales sean diferentes, lo cual facilita su transmisión ya que ambas señales se deben de implementar en la misma banda cuyo ancho es ajustado.

Figura 16. Barras de color EBU vistas en un MFO y un vectoscopio.



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

El sistema NTSC modula en amplitud a dos portadoras de la misma frecuencia desfasadas 90° que luego se suman, modulación QAM o en cuadratura. En cada una de las portadoras se modula una de las diferencias de color, la amplitud de la señal resultante indica la saturación del color y la fase el tinte o tono del mismo. Esta señal se llama de crominancia. Los ejes de modulación están situados de tal forma que se cuida la circunstancia de que el ojo es más sensible al *color carne*, esto es que el eje I se orienta hacia el naranja y el Q hacia los magentas. Al ser la modulación con portadora suprimida hace falta mandar una salva de la misma para que los generadores del receptor puedan sincronizarse con ella. Esta salva o burst suele ir en el pértico anterior del pulso de sincronismo de línea. La señal de crominancia se suma a la de luminancia componiendo la señal total de la imagen. Las modificaciones en la fase de la señal de vídeo cuando ésta es transmitida producen errores de tinte, es decir de color (cambia el color de la imagen).

El NTSC fue la base de la que partieron otros investigadores, principalmente europeos. En Alemania se desarrolló, por un equipo dirigido por Walter Bruch un sistema que subsanaba los errores de fase, este sistema es el PAL, *Phase Alternating Line*.

Para ello la fase de la subportadora se alterna en cada línea. La subportadora que modula la componente R-Y, que en PAL se llama V, tiene una fase de 90° en una línea y de 270° en la siguiente. Esto hace que los errores de fase que se produzcan en la transmisión (y que afectan igual y en el mismo sentido a ambas

líneas) se compensen a la representación de la imagen al verse una línea junto a la otra, Si la integración de la imagen para la corrección del color la realiza el propio ojo humano tenemos el denominado PAL S (PAL Simple) y si se realiza mediante un circuito electrónico el PAL D (PAL Delay, retardado). El PAL fue propuesto como sistema de color paneuropeo en la Conferencia de Oslo de 1966. Pero no se llegó a un acuerdo y como resultado los países de Europa Occidental, con la excepción de Francia, adoptaron el PAL mientras que los de Europa Oriental y Francia el SECAM.

En Francia se desarrolló por el investigador Henri de France un sistema diferente, el SECAM (SÉquentiel Couleur À Mémoire), que basa su actuación en la transmisión secuencial de cada componente de color modulado en FM de tal forma que en una línea se manda una componente y en la siguiente la otra componente. Luego el receptor las combina para deducir el color de la imagen.

Todos los sistemas tenían ventajas e inconvenientes. Mientras que el NTSC y el PAL dificultaban la edición de la señal de vídeo por su secuencia de color en cuatro y ocho campos, respectivamente, el sistema SECAM hacía imposible el trabajo de mezcla de señales de vídeo.

4.3 LA ALTA DEFINICIÓN "HD"

El sistema de televisión de definición estándar, conocido por la siglas "SD", tiene, en PAL, una definición de 720x576 píxeles (720 puntos horizontales en cada línea y 576 puntos verticales que corresponden a las líneas activas del PAL) esto hace que una imagen en PAL tenga un total de 414.720 píxeles. En NSTC se mantienen los puntos por línea pero el número de líneas activas es solo de 525 lo que da un total de píxeles de 388.800 siendo los píxeles levemente anchos en PAL y levemente altos en NSTC.

Se han desarrollado 28 sistemas diferentes de televisión de alta definición. Hay diferencias en cuanto a relación de cuadros, número de líneas y píxeles y forma de barrido. Todos ellos se pueden agrupar en cuatro grandes grupos de los cuales dos ya han quedado obsoletos (los referentes a las normas de la SMPTE 295M, 240M y 260M) manteniéndose otros dos que difieren, fundamentalmente, en el número de líneas activas, uno de 1080 líneas activas (SMPT 274M) y el otro de 720 líneas activas (SMPT 269M).

En el primero de los grupos, con 1.080 líneas activas, se dan diferencias de frecuencia de cuadro y de muestras por línea (aunque el número de muestras por tiempo activo de línea se mantiene en 1.920) también la forma de barrido cambia, hay barrido progresivo o entrelazado. De la misma forma ocurre en el segundo

grupo, donde las líneas activas son 720 teniendo 1.280 muestras por tiempo de línea activo. En este caso la forma de barrido es siempre progresiva.

En el sistema de HD de 1.080 líneas y 1.920 muestras por línea tenemos 2.073.600 píxeles en la imagen y en el sistema de HD de 720 líneas y 1.280 muestras por líneas tenemos 921.600 píxeles en la pantalla. En relación con los sistemas convencionales tenemos que la resolución del sistema de 1.080 líneas es 5 veces mayor que el del PAL y cinco veces y media que el del NTSC. Con el sistema de HD de 720 líneas es un 50% mayor que en PAL y un 66% mayor que en NTSC.

La alta resolución requiere también una redefinición del espacio de color cambiando el triángulo de gamut.

4.4 LA RELACIÓN DE ASPECTO

En la década de los 90 del siglo XX se empezaron a desarrollar los sistemas de televisión de alta definición. Todos estos sistemas, en principio analógicos, aumentaban el número de líneas de la imagen y cambiaban la relación de aspecto pasando del formato utilizado hasta entonces, relación de aspecto 4/3, a un formato más apaisado de 16/9. Este nuevo formato, más agradable a la vista se estableció como estándar incluso en emisiones de definición estándar.

La relación de aspecto se expresa por la anchura de la pantalla en relación a la altura. El formato estándar hasta ese momento tenía una relación de aspecto de 4/3. El adoptado es de 16/9. La compatibilidad entre ambas relaciones de aspecto se puede realizar de diferentes formas.

Una imagen de 4/3 que se vaya a ver en una pantalla de 16/9 puede presentarse de tres formas diferentes:

- Con barras negras verticales a cada lado (*pillarbox*). Manteniendo la relación de 4/3 pero perdiendo parte de la zona activa de la pantalla.
- Agrandando la imagen hasta que ocupe toda la pantalla horizontalmente. Se pierde parte de la imagen por la parte superior e inferior de la misma.
- Deformando la imagen para adaptarla al formato de la pantalla. Se usa toda la pantalla y se ve toda la imagen, pero con la geometría alterada (los

círculos se ven elipses con el diámetro mayor orientado de derecha a izquierda).

Una imagen de 16/9 que se vaya a ver en una pantalla de 4/3, de forma similar, tiene tres formas de verse:

- Con barras horizontales arriba y abajo de la imagen (letterbox). Se ve toda la imagen pero se pierde tamaño de pantalla (hay varios formatos de letterbox dependiendo de la parte visible de la imagen que se vea (cuanto más grande se haga más se recorta), se usan el 13/9 y el 14/9).
- Agrandando la imagen hasta ocupar toda la pantalla verticalmente, perdiéndose las partes laterales de la imagen.
- Deformando la imagen para adaptarla a la relación de aspecto de la pantalla. Se ve toda la imagen en toda la pantalla, pero con la geometría alterada (los círculos se ven elipses con el diámetro mayor orientado de arriba a abajo).

4.5 El PALplus

En Europa Occidental, y donde el sistema de televisión de la mayoría de los países es el PAL, se desarrolló, con apoyo de la Unión Europea, un formato a caballo entre la alta definición y la definición estándar. Este formato recibió el nombre de PALplus y aunque fue apoyado por la administración no logró cuajar.

El PALplus fue una extensión del PAL para transmitir imágenes de 16/9 sin tener que perder resolución vertical. En un televisor normal se recibe una imagen de apaisada con franjas negras arriba y abajo de la misma (*letterbox*) de 432 líneas activas. El PALplus mandaba información adicional para rellenar las franjas negras llegando a 576 líneas de resolución vertical. Mediante señales auxiliares que iban en las líneas del intervalo de sincronismo vertical se comandaba al receptor PALplus indicándole si la captación había sido realizada en barrido progresivo o entrelazado. El sistema se amplió con el llamado "Colorplus" que mejoraba la decodificación del color.

4.6 LA DIGITALIZACIÓN

A finales de los años 80 del siglo XX se empezaron a desarrollar sistemas de digitalización. La digitalización en la televisión tiene dos partes bien diferenciadas. Por un lado está la digitalización de la producción y por el otro la de la transmisión. En cuanto a la producción se desarrollaron varios sistemas de digitalización. Los primeros de ellos estaban basados en la digitalización de la señal compuesta de

vídeo que no tuvo éxito. El planteamiento de digitalizar las componentes de la señal de vídeo, es decir la luminancia y las diferencias de color, fue el que resultó más idóneo. En un principio se desarrollaron los sistemas de señales en paralelo, con gruesos cables que precisaban de un hilo para cada bit, pronto se sustituyó ese cable por la transmisión multiplexada en tiempo de las palabras correspondientes a cada una de las componentes de la señal, además este sistema permitió incluir el audio, embebiéndolo en la información transmitida, y otra serie de utilidades.

Para el mantenimiento de la calidad necesaria para la producción de TV se desarrolló la norma de *Calidad Estudio* CCIR-601. Mientras que se permitió el desarrollo de otras normas menos exigentes para el campo de las producciones ligeras (EFP) y el periodismo electrónico (ENG).

La diferencia entre ambos campos, el de la producción en calidad de estudio y la de en calidad de ENG estriba en la magnitud el flujo binario generado en la digitalización de las señales.

La reducción del flujo binario de la señal de vídeo digital dio lugar a una serie de algoritmos, basados todos ellos en la transformada discreta del coseno tanto en el dominio espacial como en el temporal, que permitieron reducir dicho flujo posibilitando la construcción de equipos más accesibles. Esto permitió el acceso a los mismos a pequeñas empresas de producción y emisión de TV dando lugar al auge de las televisiones locales.

En cuanto a la transmisión, la digitalización de la misma fue posible gracias a las técnicas de compresión que lograron reducir el flujo a menos de 5 Mbit/s, hay que recordar que el flujo original de una señal de calidad de estudio tiene 270 Mbit/s. Esta compresión es la llamada MPEG-2 que produce flujos de entre 4 y 6 Mbit/s sin pérdidas apreciables de calidad subjetiva.

Las transmisiones de TV digital tienen tres grandes áreas dependiendo de la forma de la misma aun cuando son similares en cuanto a tecnología. La transmisión se realiza por satélite, cable y vía radiofrecuencia terrestre, ésta es la conocida como TDT.

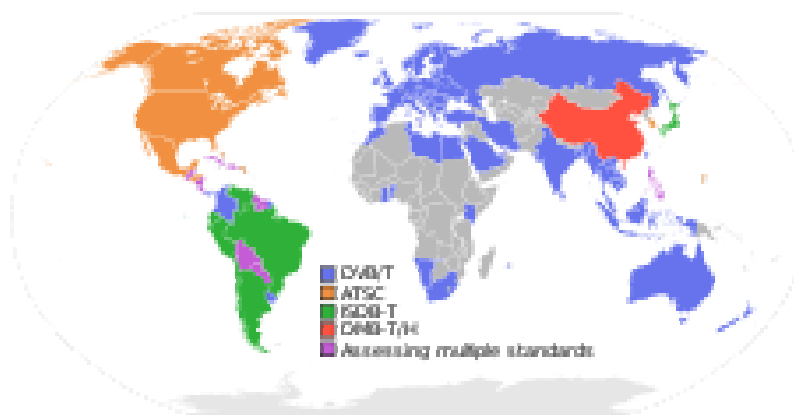
El avance de la informática, tanto a nivel del hardware como del software, llevó a sistemas de producción basados en el tratamiento informático de la señal de televisión. Los sistemas de almacenamiento, como los magnetoscopios, pasaron a ser sustituidos por servidores informáticos de vídeo y los archivos pasaron a guardar sus informaciones en discos duros y cintas de datos. Los ficheros de vídeo incluyen los metadatos que son información referente a su contenido. El acceso a la información se realiza desde los propios ordenadores donde corren programas de edición de vídeo de tal forma que la información residente en el archivo es accesible en tiempo real por el usuario. En realidad los archivos se

estructuran en tres niveles, el *on line*, para aquella información de uso muy frecuente que reside en servidores de discos duros, el *near line*, información de uso frecuente que reside en cintas de datos y éstas están en grandes librerías automatizadas, y el *archivo profundo* donde se encuentra la información que está fuera de línea y precisa de su incorporación manual al sistema. Todo ello está controlado por una base de datos en donde figuran los asientos de la información residente en el sistema.

La incorporación de información al sistema se realiza mediante la denominada función de ingesta. Las fuentes pueden ser generadas ya en formatos informáticos o son convertidas mediante conversores de vídeo a ficheros informáticos. Las captaciones realizadas en el campo por equipos de ENG o EFP se graban en formatos compatibles con el del almacenamiento utilizando soportes diferentes a la cinta magnética, las tecnologías existentes son DVD de rayo azul (de Sony), grabación en memorias *ram* (de Panasonic) y grabación en disco duro (de Ikegami).

La existencia de los servidores de vídeo posibilita la automatización de las emisiones y de los programas de informativos mediante la realización de listas de emisión, los llamados *play out*.

Figura 17. Televisión Digital Terrestre en el mundo



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

4.7 HITOS TÉCNICOS EN EL DESARROLLO DE LA TELEVISIÓN

- 1884 — El estudiante alemán Paul Nipkow diseña y patenta el que es considerado como primer aparato de televisión de la historia: el disco de Nipkow.
- 1897 — Karl Ferdinand Braun construye el primer tubo catódico.
- 1900 — Perskyi acuña la palabra “televisión” en la Exposición Universal de París.
- 1907 — El diseño de Nipkow puede llevarse a cabo.
- 1911 — Rosing y Zworykin crean un sistema de televisión, con imágenes muy crudas y sin movimiento.
- 1923 — Vladimir Zworykin desarrolla el iconoscopio, el primer tubo de cámara práctico.
- 1926 — El japonés Kenjito Takayanagi realiza la primera transmisión de televisión usando un tubo de rayos catódicos.
- 1927 — Philo Farnsworth realiza en San Francisco la primera demostración pública de su disector de imagen, un sistema similar al iconoscopio.
- 1927 — John Logie Baird transmite una señal 438 millas a través de una línea de teléfono entre Londres y Glasgow.
- 1928 — Baird Television Development Company consigue la primera señal de televisión transatlántica entre Londres y Nueva York.
- 1929 — BBC transmite imágenes de 30 líneas formadas mecánicamente.
- 1932 — Vendidos en Inglaterra 10.000 receptores de televisión con disco Nipkow de 30 líneas.
- 1937 — Marconi-EMI comercializan un sistema de 405 líneas totalmente eléctrico.
- 1941 — Guillermo González Camarena - Ingeniero mexicano que obtiene el 14 de agosto, en EE.UU., la patente 2296019 por inventar un adaptador cromoscópico simplificado para la televisión (una primera versión fue creada por John Logie Baird en el 29, pero no siendo operativa, y siendo perfeccionado por él antes de morir en 1946), sin lugar a dudas, entre los

muchos proyectos de la televisión en color, uno de los padres de esta fue Camarena.

- 1956 — La casa norteamericana Ampex diseña el primer magnetoscopio, el cuádruplex.
- 1975 — Sony desarrolla el sistema de grabación betacam. Ampex desarrolla el ADO *Ampex Digital Óptica* el primer efecto digital.
- 1980 — 1982 — Desarrollo de conversores de normas y de croma-keys digitales.
- 1983 — Se aprueba la norma CCIR-601, 4:2:2 para calidad estudio y 4:1:1 y 4:2:0 para ENG.
- 1985 — Primer magnetoscopio digital en formato D1 realizado por Ampex y Sony. Se desarrollan los efectos digitales (DVE).
- 1987 — Sale la norma del interfaz paralelo para la conexión de equipos digitales.
- 1987 — 1992 — Se crean los formatos D2 y D3 que digitalizan la señal compuesta de vídeo. Fueron formatos de tránsito.
- 1993 — Se aprueba la norma para la conexión en serie de equipos, el denominado SDI Serial Digital Interface. Sale el sistema D5 de Panasonic y el betacam digital de Sony.
- 1995 — Se aprueban las normativas para las emisiones digitales, por satélite la DVB-S, por cable la DVB-C basadas en la compresión MPEG-2.
- 1997 — Nacen las plataformas digitales por satélite. Se aprueba la norma DVB-T para la televisión digital terrestre. En EE.UU. se aprueba la ATSC (Advanced Television System Committee) para la transmisión de televisión digital terrestre.
- 2010 - Salen al mercado los primeros televisores en 3D.

4.8 TIPOS DE TELEVISIÓN

4.8.1 DIFUSIÓN ANALÓGICA

La televisión hasta tiempos recientes, principios del siglo XXI, fue analógica totalmente y su modo de llegar a los televidentes era mediante el aire con ondas de radio en las bandas de VHF y UHF. Pronto salieron las redes de cable que distribuían canales por las ciudades. Esta distribución también se realizaba con señal analógica, las redes de cable tener una banda asignada, más que nada para poder realizar la sintonía de los canales que llegan por el aire junto con los que llegan por cable. Su desarrollo depende de la legislación de cada país, mientras que en algunos de ellos se desarrollaron rápidamente, como en Inglaterra y Estados Unidos, en otros como España no han tenido casi importancia hasta que a finales del siglo XX la legislación permitió su instalación.

El satélite, que permite la llegada de la señal a zonas muy remotas y de difícil acceso, su desarrollo, a partir de la tecnología de los lanzamientos espaciales, permitió la explotación comercial para la distribución de las señales de televisión. El satélite realiza dos funciones fundamentales, la de permitir los enlaces de las señales de un punto al otro del orbe, mediante enlaces de microondas, y la distribución de la señal en difusión.

Cada uno de estos tipos de emisión tiene sus ventajas e inconvenientes, mientras que el cable garantiza la llegada en estado óptimo de la señal, sin interferencias de ningún tipo, precisa de una instalación costosa y de un centro que realice el embebido de las señales, conocido con el nombre de *cabecera*. Solo se puede entender un tendido de cable en núcleos urbanos donde la aglomeración de habitantes haga rentable la inversión de la infraestructura necesaria. Otra ventaja del cable es la de disponer de un camino de retorno que permite crear servicios interactivos independientes de otros sistemas (normalmente para otros sistemas de emisión se utiliza la línea telefónica para realizar el retorno). El satélite, de elevado costo en su construcción y puesta en órbita permite llegar a lugares inaccesibles y remotos. También tiene la ventaja de servicios disponibles para los televidentes, que posibilitan la explotación comercial y la rentabilidad del sistema. La comunicación vía satélite es una de las más importantes en la logística militar y muchos sistemas utilizados en la explotación civil tienen un trasfondo estratégico que justifican la inversión económica realizada. La transmisión vía radio es la más popular y la más extendida. La inversión de la red de distribución de la señal no es muy costosa y permite, mediante la red de reemisores necesaria, llegar a lugares remotos, de índole rural. La señal es mucho menos inmune al ruido y en muchos casos la recepción se resiente. Pero es la forma normal de la difusión de las señales de TV.

Figura 18. TV Analógica



4.8.2 DIFUSIÓN DIGITAL

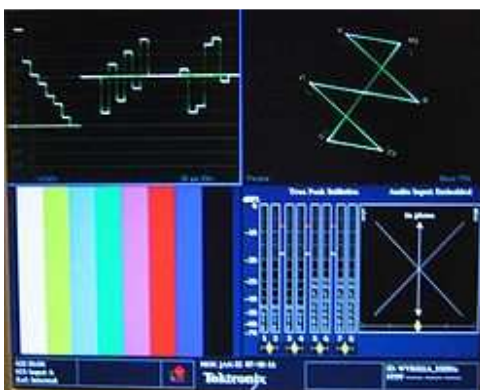
Estas formas de difusión se han mantenido con el nacimiento de la televisión digital con la ventaja de que el tipo de señal es muy robusta a las interferencias y la norma de emisión está concebida para una buena recepción. También hay que decir que acompaña a la señal de televisión una serie de servicios extras que dan un valor añadido a la programación y que en la normativa se ha incluido todo un campo para la realización de la televisión de pago en sus diferentes modalidades.

La difusión de la televisión digital se basa en el sistema DVB *Digital Video Broadcasting* y es el sistema utilizado en Europa. Este sistema tiene una parte común para la difusión de satélite, cable y terrestre. Esta parte común corresponde a la ordenación del flujo de la señal y la parte no común es la que lo adapta a cada modo de transmisión. Los canales de transmisión son diferentes, mientras que el ancho de banda del satélite es grande el cable y la vía terrestre lo tienen moderado, los ecos son muy altos en la difusión vía terrestre mientras que en satélite prácticamente no existen y en el cable se pueden controlar, las potencias de recepción son muy bajas para el satélite (llega una señal muy débil) mientras que en el cable son altas y por vía terrestre son medias, la misma forma tiene la relación señal-ruido.

Los sistemas utilizados según el tipo de canal son los siguientes, para satélite el DVB-S, para cable el DVB-C y para terrestre (también llamando terrenal) DVB-T. Muchas veces se realizan captaciones de señales de satélite que luego son

metidas en cable, para ello es normal que las señales sufran una ligera modificación para su adecuación a la norma del cable.

Figura 19. Barras de color EBU en formato YUV



Tomado de: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barras_YUV.JPG

En EE.UU. se ha desarrollado un sistema diferente de televisión digital, el ATSC *Advanced Television System Committee* que mientras que en las emisiones por satélite y cable no difiere mucho del europeo, en la TDT es totalmente diferente. La deficiencia del NTSC ha hecho que se unifique lo que es televisión digital y alta definición y el peso de las compañías audiovisuales y cinematográficas ha llevado a un sistema de TDT característico en el que no se ha prestado atención alguna a la inmunidad contra los ecos.

4.8.3 TELEVISIÓN TERRESTRE

La difusión analógica por vía terrestre, por radio, está constituida de la siguiente forma; del centro emisor se hacen llegar las señales de vídeo y audio hasta los transmisores principales situados en lugares estratégicos, normalmente en lo alto de alguna montaña dominante. Estos enlaces se realizan mediante enlaces de microondas punto a punto. Los transmisores principales cubren una amplia zona que se va rellenando, en aquellos casos que haya sombras, con reemisores. La transmisión se realiza en las bandas de UHF y VHF, aunque esta última está prácticamente extinguida ya que en Europa se ha designado a la aeronáutica y a otros servicios como la radio digital.

La difusión de la televisión digital vía terrestre, conocida como TDT se realiza en la misma banda de la difusión analógica. Los flujos de transmisión se han reducido hasta menos de 6 Mb/s lo que permite la incorporación de varios canales. Lo

normal es realizar una agrupación de cuatro canales en un *Mux* el cual ocupa un canal de la banda (en analógico un canal es ocupado por un programa). La característica principal es la forma de modulación. La televisión terrestre digital dentro del sistema DVB-T utiliza para su transmisión la modulación OFDM *Orthogonal Frequency Division Multiplex* que le confiere una alta inmunidad a los ecos, aún a costa de un complicado sistema técnico. La OFDM utiliza miles de portadoras para repartir la energía de radiación, las portadoras mantienen la ortogonalidad en el dominio de la frecuencia. Se emite durante un tiempo útil al que sigue una interrupción llamada *tiempo de guarda*. Para ello todos los transmisores deben estar síncronos y emitir en paralelo un bit del flujo de la señal. El receptor recibe la señal y espera el tiempo de guarda para procesarla, en esa espera se desprecia los ecos que se pudieran haber producido. La sincronía en los transmisores se realiza mediante un sistema de GPS.

La televisión digital terrestre en los EE.UU., utiliza la norma ATSC *Advanced Television System Committee* que deja sentir la diferente concepción respecto al servicio que debe tener la televisión y el peso de la industria audiovisual y cinematográfica estadounidense. La televisión norteamericana se ha desarrollado a base de pequeñas emisoras locales que se unían a una retransmisión general para ciertos programas y eventos, al contrario que en Europa donde han primado las grandes cadenas nacionales. Esto hace que la ventaja del sistema europeo que puede crear redes de frecuencia única para cubrir un territorio con un solo canal no sea apreciada por los norteamericanos. El sistema americano no ha prestado atención a la eliminación del eco. La deficiencia del NTSC es una de las causas de las ansias para el desarrollo de un sistema de TV digital que ha sido asociado con el de alta definición.

EL ATSC estaba integrado por empresas privadas, asociaciones e instituciones educativas. La FCC *Federal Communication Commission* aprobó la norma resultante de este comité como estándar de TDT en EE.UU. el 24 de diciembre de 1996. Plantea una convergencia con los ordenadores poniendo énfasis en el barrido progresivo y en el píxel cuadrado. Han desarrollado dos jerarquías de calidad, la estándar (se han definido dos formatos, uno entrelazado y otro progresivo, para el entrelazado usan 480 líneas activas a 720 píxeles por línea y el progresivo 480 líneas con 640 píxeles por línea, la frecuencia de cuadro es la de 59,94 y 60 Hz y el formato es de 16/9 y 3/4) y la de alta definición (en AD tienen dos tipos diferentes uno progresivo y otro entrelazado, para el primero se usan 720 líneas de 1.280 píxeles, para el segundo 1.080 líneas y 1.920 píxeles por línea a 59,94 y 60 cuadros segundo y un formato de 16/9 para ambos). Han desarrollado dos jerarquías de calidad, la estándar y la de alta definición. Utiliza el ancho de banda de un canal de NTSC para la emisión de televisión de alta definición o cuatro en calidad estándar.

Los sistemas de difusión digitales están llamados a sustituir a los analógicos, se prevé que se dejen de realizar emisiones en analógico, en Europa esta previsto el apagón analógico para el 2012 y en EE.UU. se ha decretado el 17 de febrero de 2009 como la fecha límite en la que todas las estaciones de televisión dejen de transmitir en sistema analógico y pasen a transmitir exclusivamente en sistema digital. El día 8 de septiembre de 2008 al mediodía se realizó la primera transición entre sistemas en el poblado de Wilmington Carolina del Norte.

4.8.4 TELEVISIÓN POR CABLE

La televisión por cable surge por la necesidad de llevar señales de televisión y radio, de índole diversa, hasta el domicilio de los abonados, sin necesidad de que éstos deban disponer de diferentes equipos receptores, reproductores y sobre todo de antenas.

Precisa de una red de cable que parte de una *cabecera* en donde se van embebiendo, en multiplicación de frecuencias, los diferentes canales que tienen orígenes diversos. Muchos de ellos provienen de satélites y otros son creados ex profeso para la emisión por cable.

La ventaja del cable es la de disponer de un canal de retorno, que lo forma el propio cable, que permite el poder realizar una serie de servicios sin tener que utilizar otra infraestructura.

La dificultad de tender la red de cable en lugares de poca población hace que solamente los núcleos urbanos tengan acceso a estos servicios.

La transmisión digital por cable esta basada en la norma DVB-C, muy similar a la de satélite, y utiliza la modulación QAM.

4.8.5 TELEVISIÓN POR SATÉLITE

La difusión vía satélite se inició con el desarrollo de la industria espacial que permitió poner en órbita geoestacionaria satélites con transductores que emiten señales de televisión que son recogidas por antenas parabólicas.

El alto coste de la construcción y puesta en órbita de los satélites, así como la vida limitada de los mismos, se ve aliviado por la posibilidad de la explotación de otra

serie de servicios como son los enlaces punto a punto para cualquier tipo de comunicación de datos. No es desdeñable el uso militar de los mismos, aunque parte de ellos sean de aplicaciones civiles, ya que buena parte de la inversión esta realizada con presupuesto militar.

La ventaja de llegar a toda la superficie de un territorio concreto, facilita el acceso a zonas muy remotas y aisladas. Esto hace que los programas de televisión lleguen a todas partes.

La transmisión vía satélite digital se realiza bajo la norma DVB-S, la energía de las señales que llegan a las antenas es muy pequeña aunque el ancho de banda suele ser muy grande.

4.8.6 TELEVISIÓN IP (IPTV)

El desarrollo de redes IP, basadas en accesos de los clientes a las mismas mediante ADSL o fibra óptica, que proporcionan gran ancho de banda, así como el aumento de las capacidades de compresión de datos de los algoritmos tipo MPEG, ha hecho posible la distribución de la señal de televisión de forma digital encapsulada en mediante protocolo IP.

Han surgido así, a partir del año 2003, plataformas de distribución de televisión IP (IPTV) soportadas tanto en redes del tipo ADSL, VDSL o de fibra óptica para visualización en televisor, como para visualización en ordenadores y teléfonos móviles.

5. INTRODUCCION GENERAL A LOS CONCEPTOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL (DTV)

Cuando se lee o se oye a acerca de televisión Digital (DTV), se debe pensar en la producción y transmisión de señales digitales puras de televisión, junto con la recepción y la visualización de esas señales en un aparato de TV Digital. Las señales digitales pueden ser transmitidas por el aire, por cable o del satélite y llegar hasta a su hogar. En su hogar, un decodificador recibe la señal y la utiliza en forma digital para ser reproducida directamente en su aparato de TV Digital.

Actualmente, muchos de los nuevos sistemas basados en los satélites (SKY, DIRECT-TV), así como discos de DVD, utilizan un esquema de codificación digital que proporciona una imagen mucho mas clara. En estos sistemas la información digital se convierte al formato analógico para visualizarlo en la TV analógica. La imagen es buena comparada con una película VHS pero podría ser el doble de buena si la conversión de digital a análogo no se llevara a cabo.

Por esta razón, existe la gran necesidad de convertir todos los aparatos de TV análogos a digitales, de modo que las señales digitales lleguen directamente al receptor de TV. En general se puede decir que un receptor de TV digital es como un monitor de computador, valida señales digitales puras y proporciona una imagen de alta resolución y muy estable.

5.1 ¿QUE ES HDTV (HIGHT DEFINITION TV)?

¿La TV de alta definición (HDTV), que se ha ensayado en Japón, es digital?

La respuesta correcta a esta pregunta es NO, pero el que se derivó de HDTV, si es digital. El sistema nipón digital se llama Sistema de Servicios Integrados de Broadcasting Terrestre (ISDB-T) [15].

Primero que todo se debe aclarar que cuando se habla de HDTV [3], no siempre se habla de televisión digital. Infortunadamente, HDTV es un término, el cual puede tener diferentes significado para cada persona; Desde el punto de vista técnico, HDTV habla de resolución de imagen, donde el número de líneas es un parámetro primario, del cual otros son derivados, y el resultado de la calidad de imagen debe ser en algún sentido mejor de lo que es posible con la televisión convencional (NTSC).

La CCIR define los sistemas de HDTV como aquellos sistemas con más de 1000 líneas y esta buscando un solo estándar en el mundo. Ha habido algunos propuestas para los estándares de HDTV y estas incluyen 1250 líneas (Europa), 1125 líneas (Japón), o 1050 líneas (Estados Unidos).

Detrás del concepto básico de televisión de alta definición que se refiere a incrementar la definición por unidad de área, se tiene el incrementar el porcentaje de campo visual contenido en la imagen.

La mayoría de los sistemas analógicos y digitales HDTV propuestos están trabajando para incrementar al 100% el número de píxeles horizontales y verticales, las propuestas hasta ahora son obtener aproximadamente 1 MB por cuadro (frame) con aproximadamente 1000 líneas por 1000 puntos horizontales. Esto típicamente resulta en un factor de mejora de 2 - 3 en el ángulo de los campos (fields) horizontales y verticales. La mayoría de las propuestas de HDTV también cambian el aspecto del radio de 4/3 a 16/9, haciendo la imagen mas parecida a como se ven en una película de cine.

La siguiente tabla resume a las más convencionales propuestas del HDTV análogo en comparación con los ya existentes sistemas de TV.

Tabla 1. Propuestas convencionales del HDTV análogo

Nombre	Escaneo Progresivo o Entrelazado	Total de líneas	Líneas Activas	Resolución Vertical	Resolución Horizontal	Dist. Optima	Radio de Aspecto	Campo Vertical	Campo Horiz.	Frec. MHz
HDTV E.U, analóg	Progresivo	1050	960	675	600	2.5H	16/9	23deg	41deg	8
HDTV Europa analóg	Progresivo	1250	1000	700	700	2.4H	16/9	23deg	41deg	9
HDTV NHK	Entrelazado	1125	1080	540	600	3.3	16/9	17deg	30deg	20
NTSC con.	Entrelazado	525	484	242	300	7	4/3	8deg	11deg	4.2
NTSC prog.	progresivo	525	484	340	330	5	4/3	12deg	16deg	4.2
PAL con.	Entrelazado	625	575	290	425	6	4/3	10deg	13deg	5.5
PAL prog	Progresivo	625	575	400	425	4.3	4/3	13deg	18deg	5.5
SECAM con.	Entrelazado	625	575	290	465	6	4/3	10deg	13deg	6
SECAM prog.	Progresivo	625	575	400	465	4.3	4/3	13deg	18deg	6

* El Aspect Ratio de la tabla 1 esta definido para ser el radio de la figura con Altura W y anchura H. La distancia óptima de vista es la distancia en que el ojo humano apenas percibe el detalle de los elementos en la figura.

HDTV digital, High Definition TV o HDTV es la televisión de alta resolución Digital (DTV) combinada con Dolby Digital Surround Sound (AC-3). HDTV es la resolución más alta de DTV del nuevo conjunto de estándares. Teniendo en cuenta esto, HDTV [16] requiere de equipo nuevo para la producción y transmisión en las estaciones, así como del equipo nuevo para la recepción del consumidor.

Desde el punto de vista de mercados, el punto de venta principal para HDTV es la alta resolución de imagen que ofrece. Se debe tener presente las 720 o 1080 líneas contra 525 líneas que se utilizan para la difusión de la TV en la actualidad en los E.U. (o a las 625 líneas en Europa).

De los dieciocho formatos de DTV que existen, seis son de HDTV los cuales se diferencian en la exploración progresiva y entrelazada que usan. De los formatos restantes, ocho son SDTV (cuatro formatos de "wide screen" con relaciones de transformación de radio de aspecto de 16:9, y cuatro formatos convencionales con relaciones de transformación de radio de aspecto 4:3), y los cuatro restantes son formatos video de gráficos (VGA). Esto indica que las estaciones están libres de elegir que formato utilizar para la difusión.

Los formatos usados en HDTV son:

720p → 1280 x 120 pixeles progresivos

1080i → 1920 x 1080 pixeles entrelazados

Entrelazado o el progresista se refiere al sistema de exploración. En un formato entrelazado, la pantalla muestra cada línea impar en una exploración de la pantalla, y después sigue con las líneas pares en una segunda exploración. Puesto que hay 30 marcos mostrados por segundo, la pantalla muestra a una mitad del bastidor cada 1/60 de segundo. Para pantallas más pequeñas esto es menos sensible. En las pantallas grandes el problema con entrelazamiento es el parpadeo. La exploración progresiva muestra el cuadro entero cada 1/60 de segundo. Esto prevé un cuadro mucho más liso, pero requiere de un mayor ancho de banda

Los difusores están teniendo el problema de tratar de mejorar la resolución de imagen y el sonido Surround (circundante) con el inconveniente del ancho de banda de únicamente 6MHz usada por la televisión analógica, lo que implica que la señal tenga que comprimirse. El software utilizado para la compresión de aplicaciones en computador es el mismo que se está empleando para las TV de alta definición. Digital TV se basa en una compresión y un esquema de codificación conocidos como MPEG-2 para lograr insertar las imágenes en un ancho de banda de 6MHz en cada imagen. El software de MPEG-2 graba únicamente lo suficiente de cada imagen de manera que parezca que nada está faltando en cada cuadro; en los cuadros subsecuentes el software únicamente graba los cambios entre un cuadro a otro y lo demás permanece sin alteraciones como el cuadro anterior. MPEG-2 reduce la cantidad de datos necesaria en una razón de 55 a 1. MPEG-2 en la actualidad es el estándar del sistema DVD de videos y de algunos de los sistemas satelitales de difusión.

La compresión reduce la calidad de imagen obtenida de la cámara digital en el estudio. A pesar de esto MPEG-2 es una buena manera de desechar los pequeños detalles de imagen que son ignorados por el ojo humano. La calidad de la imagen es muy buena y rebasa a la calidad de la TV convencional. El uso de MPEG-2 permite a los receptores de HDTV interactuar de forma directa con las aplicaciones de Multimedia. Por ejemplo un show en HDTV puede ser grabado en una computadora y las aplicaciones de CD ROM pueden ser empleadas en los sistemas de HDTV. Un televisor digital decodifica la señal de MPEG-2 y despliega la información tal y como lo haría un monitor dando estabilidad y buena resolución.

Existen varias estaciones de HDTV al aire en algunas grandes ciudades, la primera estación de radio fue la WRAL-HD situada en Raleigh N.C. La comisión Federal de comunicaciones de los Estados Unidos ha establecido que para el año 2006 todas las estaciones de televisión deberán de ser difusoras de HDTV. Los mandatos de la FCC afectarán a los difusores, las compañías de cable y los consumidores de esta manera:

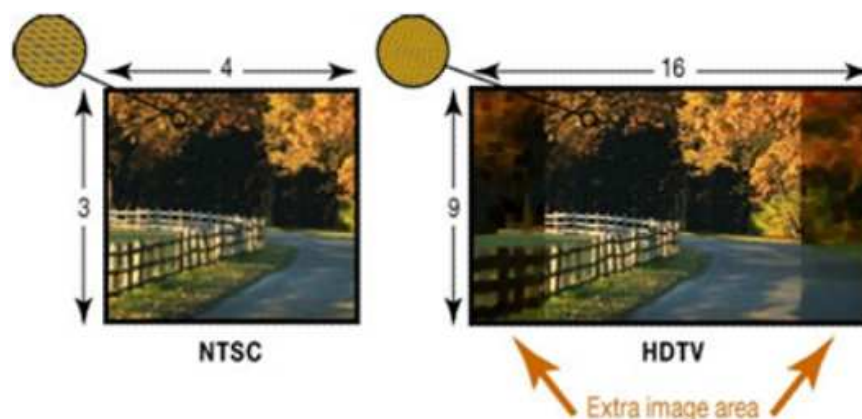
- Los consumidores tendrán que adquirir nuevos equipos, que podrá ser un decodificador o adquirir un nuevo TV digital.
- Los difusores tendrán que gastar grandes sumas de dinero para cambiar a dicha tecnología. Se tendrán que comprar nuevas cámaras así como cintas y aparatos para editar.

- Las compañías de cable tendrán que modificar o adquirir nuevos decodificadores y promocionarlos de alguna forma para que los usuarios los adquieran.
- Se tienen que lograr ciertos acuerdos dentro de las comunidades para la instalación de nuevas torres de transmisión de canales de HDTV.

Las estaciones decidirán que formato de DTV transmitirán. Lo importante de esta breve explicación es entender la diferencia de la TV convencional con la de alta definición, que es lo que se trata de explicar a continuación. La imagen usual establecida por la NTSC (National Television Standards Committee) de la televisión analógica consiste en 525 líneas escaneadas de las cuales únicamente 480 son visibles. La TV convencional tiene una resolución efectiva de aproximadamente de 210,000 píxeles. En los niveles más altos de resolución digital se puede llegar a contar con una resolución de dos millones de píxeles; esto significa una mejora de 10 veces más detalles de imagen. En la TV analógica la resolución más baja no es notable por el constante cambio de cuadros de imagen.

La televisión digital puede estar en formatos de relación de aspecto de 4:3 o 16:9 como se muestra en figura 1:

Figura 20. Formatos de relación de aspecto de DTV



Tomado de: <http://electronics.howstuffworks.com/dtv.htm>

La televisión convencional utiliza una imagen de 35mm (es grabada directamente al video con un equipo NTSC). En este caso los difusores tienen que convertir la señal digital en analógica para la transmisión. La imagen de 35mm tiene una relación de aspecto de 1.37:1 que nos indica que es 1.37 veces más ancha que alta. La TV

convencional tiene un radio de aspecto de 4:3 o 1.33:1 por lo que su conversión es sencilla.

Para tratar con la tecnología de HDTV los dueños de difusoras tendrán que adquirir nuevos equipos como cámaras, unidades remotas, cuartos de control y equipo de sonido. Esto es debido a que HDTV:

- Tiene imágenes mas anchas
- Imágenes mas detallada
- Un canal exclusivo para el sonido de tecnología CD.quality Dolby Digital(AC-3) Surround Sound
- La capacidad de enviar directamente información a una pantalla o a una computadora como si se llevara a cabo un download. Las transmisiones actuales de HDTV están basadas en una cadena digital de datos de 19.3Mps.

El radio de aspecto (relación de anchura contra altura) de una TV digital es 16:9(1.78:1) que es cercano al radio usado en las películas típicas 1.85:1 o 2.35:1. Actualmente los difusores deben de realizar el paneo y escaneo de la imagen para posteriormente bajar a un radio de aspecto de 4:3 eliminando parte de la escena en cada imagen, o hacer un tipo de letter box que es presentar las imágenes completas pero solo en un especie de franja en la pantalla. En cambio con una pantalla de radio de aspecto de 16:9 el paneo y escaneo no es trucado y la imagen se presenta tal y como se haría para una película de cine.

Hasta aquí se ha dado una breve introducción a la televisión digital que muestra como se está migrando de la televisión analógica a digital, claro ejemplo es HDTV; por esta razón se da como preámbulo para empezar el tema en forma general. En los siguientes capítulos se describirá de manera detallada los procesos de emisión de la señal que nos compete, la señal de TV pero completamente digital, describiendo los diferentes tipos de estándares que se han venido probando y terminar con las recomendaciones que debe llevar una propuesta para Colombia de un sistema de televisión digital dentro de los estándares existentes: DVB (Europa), O ATSC (USA), ISDB-T (JAPON). Mas adelante, en los nuevos estándares de televisión se hará una descripción resumida de las características más importantes de HDTV.

5.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEVISIÓN DIGITAL

Antes de seguir adelante con los conceptos básicos de televisión digital y profundizar en ello, es importante dar un vistazo a los estándares actuales de televisión:

5.2.1 COLOR – NTSC, PAL Y SECAM

La televisión a color es una ilusión. Los colores naturales verdaderos son definidos por las longitudes de onda de la radiación electromagnética en el espectro visible entre 400 y 700 nanómetros. Por ejemplo el amarillo esta en la región de los 570-590 nanómetros. Sin embargo, el ojo aceptará una mezcla apropiada de luz roja y verde como un sustituto directo del amarillo; similarmente una mezcla de rojo y azul causa la sensación equivalente al magenta. En la práctica la mayoría de los colores encontrados en la naturaleza pueden ser aproximados por un sistema de color escogido en los 50's por National Television Standard Committee (NTSC) [4] en los Estados Unidos, y mas tarde en Europa, Colombia, etc.

A fin de hacer una señal de color compatible con los receptores monocromáticos existentes en la época, una señal de brillo (luminancia) es generada y transmitida como si hubiera llegado desde una cámara a blanco y negro. Afortunadamente, otra ilusión puede realizarse con una mezcla constante y apropiada de luz roja (30%), verde (60%) y azul (10%), la cual aparece sin color. Así en la etapa de codificación de color en el estudio, una señal de luminancia o brillo es generada junto con otras dos señales de color (crominancia), tomando proporciones diferentes y adecuadas de la señal de rojo, verde y azul. Estas señales de luminancia y crominancia son llamadas componentes y es la forma más común de generar las señales de televisión a color.

La idea básica fue entonces, transformar por combinación lineal las tres componentes, rojo, verde y azul, en otras señales equivalentes Y, Ca, Cr:

- $Y = 0.587 G + 0.299 R + 0.114 B$, señal de luminancia
- $Ca = 0.564(B - Y)$, diferencia de color o crominancia azul.
- $Cr = 0.713(R - Y)$, diferencia de color o crominancia roja.

En todo el oeste de Europa, exceptuando Francia el estándar de codificación del color es Phase Alternative Line (PAL); en Francia se usa el sistema SEquential Couleur A Memoire (SECAM). Aunque la mayoría de los fundamentos de los dos sistemas son los mismos, uno no puede ser recibido completo y correctamente sobre un receptor del otro sistema. El reporte 624 de la CCIR (Comité Consultatif International de Radiodifusión: Comité consultativo internacional para la radiodifusión; actualmente IUT-R) describe todas las características detalladas esenciales de los estándares usados en todo el mundo [5]. En el estándar PAL, la información de color es transportada sobre una subportadora agregada a la luminancia, produciendo una multiplexación por división de frecuencia (FDM) de las señales separadas. SECAM opera en forma similar.

Resumen

- NTSC. Sistema más antiguo. Tiene un ancho de banda en torno a los 4 MHz. Su frecuencia de refresco es de 30 campos/seg. Y 525 líneas por campo. Se utiliza en EE.UU. Japón.
- PAL. Sistema europeo. Utiliza una codificación distinta y mejorada del color. Su ancho de banda está en los 5 MHz. Su frecuencia de línea es de 625 y 25 campos/seg. Se utiliza también en algunos países de África y América del Sur.
- SECAM. Prácticamente igual que el PAL excepto en la codificación del color. Se puede ver una señal SECAM en un televisor PAL, pero sólo en blanco y negro. Se emplea en Francia y algunos países del Este de Europa y Oriente Medio.

Hay un estándar internacional para la codificación digital de las señales de TV y esta puede encontrarse en la recomendación 601 de la CCIR. La digitalización y procesamiento de las señales de PAL o SECAM es posible, pero no hay un estándar formal y hay limitaciones para el procesamiento de las señales.

5.2.2 TIPOS DE SEÑAL DE VÍDEO

La señal de vídeo compuesto fue el primero en emplearse para transmisión. Posteriormente surgió el vídeo por componentes y vídeo separado.

Los siguientes son los tipos de señal de video utilizados por los tres estándares de televisión. En la figura 21 se puede observar el tipo de conector utilizado.

- Vídeo compuesto o FBAS o CVBS.
- Vídeo por componentes o Y, Ca, Cr o Y, U, V.
- Vídeo separado o Y/C.

Figura 21. Tipos de señal de video y sus conectores



Tomado de: <http://www.slidefinder.net/s/slides07/8066451>

Vídeo compuesto o FBAS o CVBS. Una señal RGB se transmite utilizando un ancho de banda de 15MHz. Debido a esto se utilizan técnicas de codificación que reduzcan este ancho de banda. La señal de vídeo compuesto o FBAS o CVBS une en una misma señal la información de luminancia y crominancia. Este es el tipo de señal utilizado por los tres estándares de televisión NTSC, PAL Y SECAM.

Vídeo por componentes o YUV. Codifica la señal RGB en tres señales distintas:

- Y: Luminancia
- U y V o Ca y Cr: Crominancia

No es adecuado para la transmisión hertziana al requerir mucho mayor ancho de banda. La separación de las señales permite ofrecer una mayor calidad de imagen facilitando los procesos de post-producción (edición, sonorización, mezclas, etc.). Utilización en estudios profesionales debido a su alto costo.

Vídeo separado o Y/C. Codifica la señal RGB en dos señales distintas.

- Y: Luminancia
- C: Crominancia

La calidad del video separado está entre el vídeo por componentes y el compuesto. Se emplea en el sector profesional donde la calidad requerida es muy elevada. Tiene también difusión en el mercado de consumo (Hi-8 y S-VHS) [6].

5.2.3 LA FAMILIA MAC

En los años 80, los europeos intentaron mejorar la calidad de las imágenes y del sonido ya que se requería para los nuevos servicios de televisión vía satélite. Esto dio nacimiento a los sistemas MAC (multiplex Analog Components). El sistema MAC fue introducido como un formato híbrido; es decir con video análogo y sonido digital, el cual sería basado en los componentes de luminancia y crominancia pero evitaría algunos problemas como: diafonía de luminancia, diafonía del color, reducida banda de paso, asociados con el procesamiento de señales de PAL Y SECAM.

MAC fue adoptado en Europa como un estándar para televisión por satélite en 1983 y ha encontrado uso en otras partes de la cadena de broadcasting (radiodifusión). Los sistema MAC, fueron propuestos en 1981[5]. Su desarrollo tuvo tres fuerzas principales:

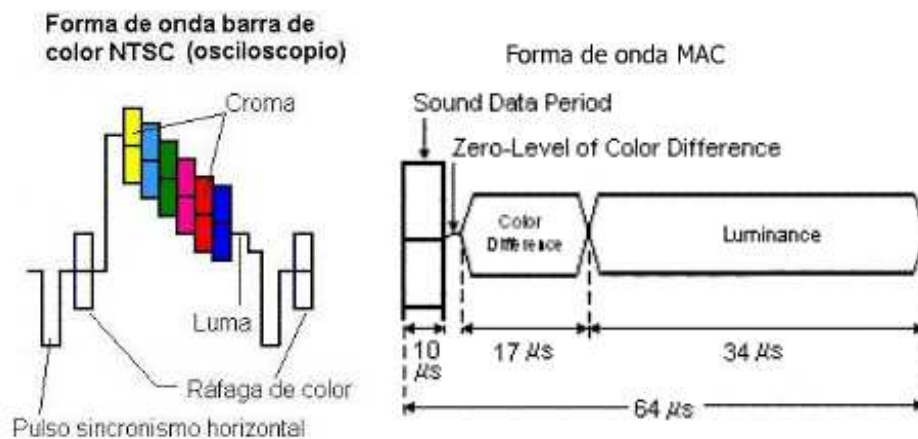
- El establecimiento del plan de Europa WARC 1977 DBS, dando una muy rara oportunidad para usar nuevos estándares técnicos en el nuevo medio de la época.
- La tendencia hacia el procesamiento de señales digitales a través de la gran cantidad de producción, distribución y emisión en particular hacia el procesamiento de señal de video en componentes, mejor que la composición de PAL.
- La necesidad de considerar la evolución futura de estándares hacia la mejor definición de la televisión.

Rápidamente fue reconocido durante la evolución de MAC que su comienzo lo hizo un vehículo que llevó al mejoramiento y a una mayor resolución de la

televisión, que hace útil y eficiente el uso de un canal de FM satelital, con el procesamiento del receptor que restaura una imagen de alta calidad para desplegarla sobre un conveniente dispositivo.

MAC sustituye el multiplexado de frecuencia (FDM) entre luminancia, crominancia y sonido por un multiplexado temporal (TDM), y puede ser considerado como una etapa hacia la transmisión totalmente digital de la señal de TV. TDM tiene ventajas para la calidad básica de imágenes y se acomoda bien para disminuir el ruido del canal satelital. Una comparación de las formas de onda de NTSC y MAC para una línea de exploración de la señal de televisión se muestra en la Figura 22.

Figura 22. Formas de onda de NTSC y MAC



Para PAL y similarmente para NTSC y SECAM la información del cuadro es transportada sobre el 81% del tiempo de línea y el remanente es usado para llevar la información de sincronismo de la línea de exploración y para el burst de color (no en SECAM).

EN MAC no hay sub-portadora y el sincronismo de línea es hecho digitalmente usando el burst de datos mostrado en la figura 22.

5.2.4 EL PLAN WARC 77 DBS PARA EUROPA

No sería completa la revisión de las aplicaciones de televisión por satélite y televisión digital sin hacer referencia al sistema MAC anteriormente citado y al WARC (The World Administrative Radio Conference) plan de 1977. Lo que sigue aquí es un breve relato del plan y sus actuales consideraciones.

La introducción de DBS (Direct Broadcast Satellite) en Europa ha sido planeado a un nivel técnico por muchos años durante los 70's. La CCIR acordó en 1977 un plan, el cual permitió a cada país de Europa tener permisos de espectro y orbitas de los satélites. Los detalles técnicos pueden encontrarse en Lucas, K. and Windram, M.D., IBA Technical Review, No 18, March 1982, pp 12-27. No fue sino hasta 1987 que los 5 canales de United Kingdom fueron estudiados para ser comercialmente viables y por lo tanto regulados.

Lo anterior es para decir que el estándar de MAC fue desarrollado para la aplicación anteriormente descrita, sin embargo no hay una actividad basada en el plan que quede como una opción para la porción de espectro de 11.7-12.5 GHz., designada para su uso y es posible que esta distribución del espectro sea revivido por aplicaciones digitales desde que la alta potencia disponible sea particularmente atractiva. Sin embargo. Si los otros aspectos del plan son aun útiles, es decir, si la distribución en cada país de frecuencias y orbitas, dejen de ser vistos como un mercado el cual parece tener éxito con un concepto Europeo.

5.3 NUEVOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN

Lo siguiente es una breve descripción de todos los formatos conocidos de televisión actualmente disponibles. El propósito es ilustrar a un radiodifusor las opciones del formato cuando se contemplan nuevos servicios. En el contexto de televisión satelital no todos esos estándares serán convenientes pero influenciarán en las decisiones de los proveedores y de los fabricantes de receptores quienes suplirán las partes esenciales de un sistema práctico. En la cadena de broadcasting, la relación comercial fundamental es entre el proveedor de programación o contenidos y el televidente o usuario. Todas las otras partes son intermediarios en el proceso. La mejor opción del estándar del medio y la tecnología será influenciada fuertemente por el alcance a cualquier sistema que ayuda o impide esta relación básica.

High Definition TV. Las características más importantes de HDTV son:

Mejor resolución.

- Espacial
- Temporal, por ejemplo artefactos de movimiento no visibles.
- Remoción de artefactos de códigos de color y escaneo.

Relación de aspecto.

- 16:9 mejor que 4:3

Mejoramientos en el desempeño de la transmisión.

- Relación señal a ruido.
- Linealidad, etc. Para esquemas análogos.
- Baja rata de error de bit y baja cuantización o defectos de código en el caso de sistemas digitales.

Así, la adicional resolución de señal no es enmascarada por defectos de transmisión.

Compatibilidad con contextos existentes.

- Conversión hacia / desde estándares de escaneo existentes.
- Conocimiento de la convergencia de tecnologías. Por ejemplo, la industria del computador.
- Escenarios de introducción comercial reales.
- Eficiencia del espectro utilizado.
- Opciones de poder compartir el espectro.

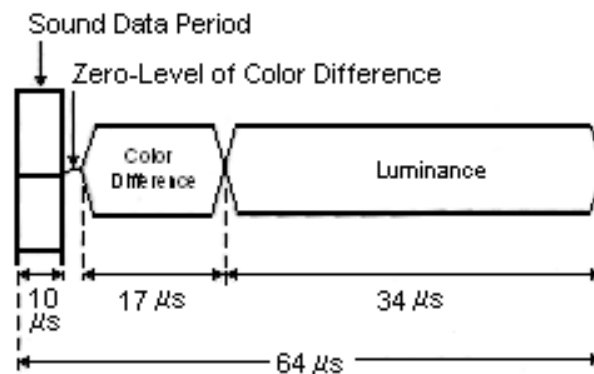
W – MAC. Wide screen. o W – MAC es simplemente una forma modificada de MAC, la cual trabaja con transmisiones de pantalla ancha que usa una relación de aspecto de 16:9. [7]

HD – MAC. El sistema HD-MAC es un método de envío compatible de HDTV tal que los receptores normales MAC pueden operar satisfactoriamente con una entrada de HD – MAC ya que los receptores están equipados con circuitos decodificadores y tienen una pantalla 16:9 que puede obtener los beneficios de HDTV con 1250 líneas de resolución. [8]

D2MAC. Duobinary Multiplex Analog Components (Estandar hibrido utilizado por satélite y por cable). Este es el mas conocido de los sistemas MAC, incluso sin haber alcanzado el éxito esperado. Sustituye el multiplexado de frecuencia entre luminancia, crominancia y sonido por un multiplexado temporal (división de tiempo), y puede ser considerado como una etapa hacia la transmisión totalmente digital de la señal de TV.

En la emisión, después del muestreo y la conversión análogo / digital, las señales se comprimen en el tiempo, eventualmente cifradas, después reconvertidas a analógico de manera que puedan ser transmitidas, secuencialmente sobre la línea. En la figura 23 se muestra una línea de señal D2MAC.

Figura 23. Línea de señal D2MAC



El periodo habitualmente ocupado por los sincronismos y la supresión de línea es sustituido por una ráfaga de datos codificados en formato "duobinario". Estos datos transportan el sonido digital, los sincronismos y otras informaciones (subtítulos, teletexto, formato de emisión 4/3 o 16/9...) y, en caso de emisiones de pago, los datos de control de acceso al sistema EUROCRYPT que forma parte de la norma D2MAC.

Al igual que en SECAM, una componente de color se transmite alternativamente sobre una línea y la otra componente sobre la siguiente, de forma que se reduce la banda de paso necesaria al tiempo que se obtiene una resolución igual a la mitad de la resolución de luminancia para ambos ejes de la imagen.

El multiplexado temporal (TDM) evita la diafonía de color (cross color) y la diafonía de luminancia (cross luminance), después de su decodificación en el receptor (tratamiento principalmente digital que, para el video, consiste en descomprimir las señales) con una banda de paso luminancia (5MHz), lo que significa una resolución horizontal claramente mejorada con respecto a PAL o al SECAM.

MUSE tecnología de HDTV japonesa. La propuesta HDTV de Japón escogió 1125 líneas una frecuencia de campo de 60Hz. Usando las mismas técnicas de procesamiento de señales propuestas para HD-MAC, el sistema conocido como MUSE fue propuesto para un ambiente de 1125 líneas. [8]

En la actualidad, Japón es el único país que cuenta con el servicio de difusión para HDTV. Aproximadamente 30,000 receptores y 100,00 convertidores han sido vendidos a clientes para contar con este servicio. Se cree en gran medida que el establecimiento de este servicio de difusión análogo elimina por completo la posibilidad de desarrollar un servicio digital por medio de satélites para HDTV.

La historia del desarrollo de la tecnología de HDTV comienza en 1968, cuando NHK comenzó el desarrollo de un proyecto masivo en un nuevo estándar de TV. Este sistema de 1125 líneas, es un sistema análogo que utiliza técnicas digitales de compresión. Es un sistema de difusión satelital que no es compatible con la difusión terrestre Japonesa de NTSC.

El sistema MUSE originalmente desarrollado por NHK fue de 1125 entrelazadas, 60HZ, con un radio de aspecto de 5/3 y con una distancia óptima par verlo de 3.3H. La pre-compresión en el ancho de banda para Y es de 20MHz, y la pre-compresión en el ancho de banda para la crominancia era de 7MHz. Con el tiempo este estándar ha sido modificado y actualizado.

Los variados estándares de MUSE se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Estándares MUSE

Estándar	Líneas por cuadro	Frec de Campo	Ancho de Banda (Y)	Ancho de Banda (C) Ancho	Ancho de Banda (C) Angosto	Radio de Aspecto
NHK-1980	1125	60 Hz	20MHz	7MHz	5.5MHz	5/3
MUSE 1986	1125	60 Hz	20MHz	6.5MHz	5.5MHz	5/3
SMPTE 1987	1125	60 Hz	30MHz	30MHz	30MHz	16/9

Considerando como transmitir esta señal, la ingeniería Japonesa rehusó usar la difusión por medio de “*Vestigial Sideband*” método similar usado para NTSC. Inmediatamente vino la idea del uso para la difusión de un satélite (esta idea apoyada por la geografía que ofrece la Isla Japonesa).

Los Japoneses en un principio pensaron en una modulación FM obteniendo una señal compuesta convencional. Esto daría como resultado una señal similar en estructura a las señales de Y/C de NTSC, con una señal (Y) en las frecuencias mas bajas y la señal (C) en las frecuencias superiores. Aproximadamente 3 Kw. de potencia serian requeridos, si se deseaba obtener 40dB de señal contra ruido para una señal compuesta de banda satelital de 22GHZ, lo que era incompatible con la difusión satelital.

Por lo tanto la siguiente idea que surgió fue separar de la transmisión Y y C. Esto arrojaba un rango de frecuencia efectivo y reducía en gran medida la potencia requerida. Aproximadamente 570W de potencia. (360 para Y y 210 para C) serían requeridos. El problema de ajustar la combinación en el ancho de banda del satélite de 8.15Mhz fue resuelto por medio de la compresión digital. Resumiendo la NHK HDTV señal es inicialmente muestreada a una frecuencia de 48.6 Ms/s. Esta señal controla dos filtros, uno responde a la parte estacionaria de la imagen y la otra a las partes en movimiento. La salida de los dos filtros son combinadas y después muestreadas en la frecuencia de SubNyquist de 16.2MHz. El tren de pulsos resultante es convertido a un formato analógico con una frecuencia base de 8.1MHz.

Enhanced PAL. Es un sistema de reciente desarrollo, pensado para la transmisión de imágenes 16/9 con definición mejorada (sobre el receptor 16/9 apropiado) de forma compatible con los receptores PAL 4/3 ya instalados.

Esta imagen se obtiene mediante el filtrado pasa bajo del vertical a partir de las 576 líneas de la imagen de formato 16/9 original; el resultado del filtrado complementario (pasa alto) se transmite sobre la subportadora a 4.43MHz durante las 144 líneas negras no utilizadas, lo que permite al receptor PAL + reconstruir una imagen con una completa resolución vertical de 576 líneas y con una perturbación relativamente pequeña en los receptores 4/3.

En general, se obtiene una imagen 16/9 de calidad comparable a la del D2MAC, además de disponer de unas muy buenas condiciones de recepción con una alta señal a ruido. [10]

6. RESEÑA HISTORICA DE LA TELEVISION DE 3D

Dentro de los tipos de televisión tenemos: Televisión Analógica, Televisión Digital, Televisión Terrestre, Televisión por cable, Televisión por Satélite, Televisión IP (IPTV) y la Televisión de 3D.

La visión estereoscópica o estereovisión es una técnica ya conocida y utilizada en la fotografía de principios del siglo XX. A finales de ese mismo siglo el cine en 3D, en tres dimensiones, era ya habitual y estaba comercializado. A finales de la primera década del siglo XXI comienzan a verse los primeros sistemas comerciales de televisión en 3D basados en la captación, transmisión y representación de dos imágenes similares desplazadas la una respecto a la otra y polarizadas. Aunque se experimentó algún sistema sin que se necesitaran gafas con filtros polarizados para ver estas imágenes en tres dimensiones, como el de la casa Philips, los sistemas existentes, basados en el mismo principio que el cine en 3D, precisan de la utilización de filtros de color, color rojo para el ojo derecho y cian para el ojo izquierdo.

El sistema de captación está compuesto por dos cámaras convencionales o de altas resoluciones debidamente adaptadas y sincronizadas controlando los parámetros de convergencia y separación así como el monitoreado de las imágenes captadas para poder corregir en tiempo real los defectos propios del sistema. Normalmente se realiza una grabación y una posterior postproducción en donde se corrigen los defectos inherentes a este tipo de producciones (aberraciones, diferencias de colorimetría, problemas de convergencia, etc.).

Los televisores 3D tienen una pantalla LCD, LED o plasma que da al espectador la sensación de profundidad, se tienen dos alternativas para la visualización de éstas imágenes una es con gafas polarizadas o sin la necesidad de éstas. Este efecto se consigue gracias a unas microlentes o espejos colocados en cada píxel, que permiten enviar una imagen ligeramente diferente a cada ojo (el mismo principio que la holografía) y con ello nuestro cerebro puede utilizar la diferencia entre imágenes para componer el espacio. Algunos aspectos de esta nueva tendencia aún se encuentran en desarrollo.

Dentro de los tipos de televisores de 3D se tienen los televisores estéreo y los televisores auto-estereoscópicos, siendo este último una mejora del televisor estéreo.

A pesar de los avances de la tecnología en estos campos sigue siendo un gran reto encontrar la forma que las imágenes 3D proyectadas por los televisores puedan ser apreciadas por varios espectadores al mismo tiempo, actualmente los sistemas que no requieren lentes para la visualización solo permiten un espectador; en un punto específico y sin que este se pueda mover mucho.

6.1 TELEVISION DE 3D

La visión estereoscópica es una técnica ya conocida y utilizada en la fotografía de principios del siglo XX. A finales de ese mismo siglo el cine en 3D, era ya habitual y estaba comercializado. A finales de la primera década del siglo XXI comienzan a verse los primeros sistemas comerciales de televisión en 3D basados en la captación, transmisión y representación de dos imágenes similares desplazadas la una respecto a la otra y polarizadas. Aunque se experimentó algún sistema sin que se necesitaran gafas con filtros polarizados para ver estas imágenes en tres dimensiones, como el de la casa Philips, los sistemas existentes, basados en el mismo principio que el cine en 3D, precisan de la utilización de filtros de color, color rojo para el ojo derecho y cian para el ojo izquierdo.

El sistema de captación está compuesto por dos cámaras convencionales o de alta resolución debidamente adaptadas y sincronizadas controlando los parámetros de convergencia y separación así como el monitoreado de las imágenes captadas para poder corregir en tiempo real los defectos propios del sistema. Normalmente se realiza una grabación y una posterior postproducción en donde se corrigen los defectos inherentes a este tipo de producciones (aberraciones, diferencias de colorimetría, problemas de convergencia, etc.).

Figura 24. Cámara Estereoscópica



Tomado de: <http://blog.canariasav.es/2008/12/30/la-television-en-tres-dimensiones-existe/>

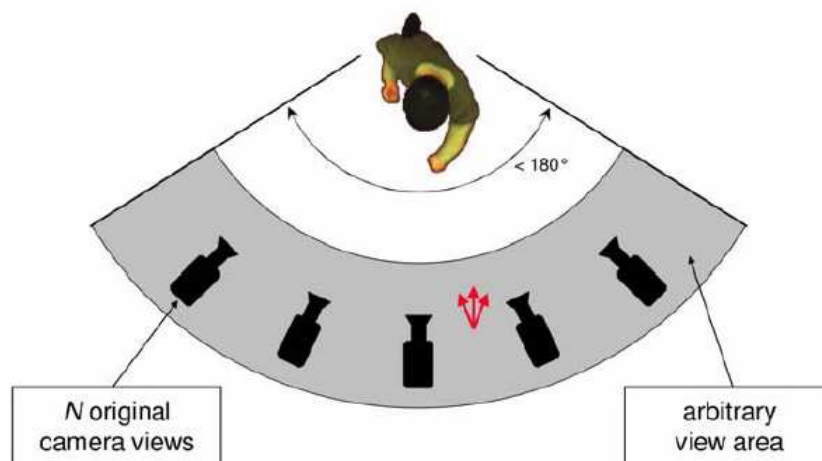
6.2 GENERACIÓN DE IMÁGENES 3D

Se requieren nuevas metodologías a la hora de grabar contenidos visuales para poder representarlas en los televisores con una alta calidad en las imágenes. Por

esto se debe intentar captar más información de la que podemos captar únicamente con una cámara. Algunos métodos utilizados son los siguientes:

MULTICÁMARA: se utilizan varias cámaras en la escena con el objetivo de tener desde diferentes puntos de vista la escena en cuestión. Ver figura 25.

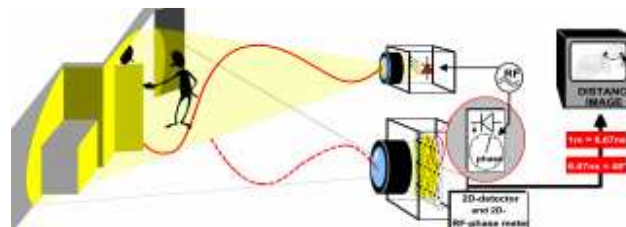
Figura 25. Multicámara



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

Time Of Flight: El Time-Of-Flight o tiempo de vuelo es un método para extraer la información de profundidad de una única imagen para que así podamos crear una visión estéreo (no confundir con visión 3D). El TOF consiste en que la cámara emite una señal modulada en el espectro infrarrojo, sobre los 20 MHz o mayor. Esta señal incide sobre la escena y vuelve rebotada sobre la cámara, ver figura 26. Cada píxel de la cámara puede demodular esta señal y, a través de su fase, detectar la distancia. La cámara genera una imagen en escala de grises que nos da la información de profundidad, ver figura 27.

Figura 26. Time Of Flight



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

Figura 27. Imagen en 2D e Imagen en escala de grises “plano de profundidad”



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

Plugins para Programas de animación 3D: Muchas aplicaciones de animación hoy en día trabajan con planos en 3D pero finalmente renderizan archivos en 2D. En estos casos la información de profundidad se encuentra implícita en la animación creada y, por lo tanto, se puede extraer un contenido en 3D, a partir de las imágenes en 2D y con el concepto de disparidad se pueden llegar las imágenes 3D. Philips, por ejemplo, ha desarrollado para los software más conocidos de animación 3D (como 3D Maya o 3Ds Max) unos plugins que exportan las imágenes en 3D más el plano de profundidad, para que de esta manera se puedan generar nuevos contenidos.

6.3 GAFAS PARA VER IMÁGENES EN 3D

Sin duda alguna, se trata de un sistema algo complejo de explicar para cualquier persona, pues dependiendo del sistema 3D empleado, cada plataforma utilizará una tecnología distinta al reproducir películas 3D.

Existen 2 tipos de gafas 3D para la visualización de imágenes proyectadas en televisión o cine: Gafas Pasivas, Gafas Activas y el metodo WOWvx.

6.3.1 GAFAS 3D PASIVAS

Las gafas 3D pasivas utilizan un sistema y tecnología muy similar al que todos hemos escuchado o visto, es decir, las gafas típicas que tienen lentes anaglíficas. Las gafas anaglíficas usan dos lentes de colores diferentes (generalmente rojo y azul para cada ojo) para filtrar las imágenes de una película 3D.

6.3.1.1 LAS IMÁGENES DE ANAGLIFO O ANAGLIFOS

Son imágenes de dos dimensiones capaces de provocar un efecto tridimensional, cuando se ven con lentes especiales.

Se basan en el fenómeno de síntesis de la visión binocular y fue patentado por Louis Ducos du Hauron en el 1891 con el nombre de este artículo. Las imágenes de anaglifo se componen de dos capas de color, superpuestas pero movidas ligeramente una respecto a la otra para producir el efecto de profundidad. Usualmente, el objeto principal está en el centro, mientras que lo de alrededor y el fondo están movidos lateralmente en direcciones opuestas. La imagen contiene dos imágenes filtradas por color, una para cada ojo. Cuando se ve a través de las Gafas anaglifo, se revelará una imagen tridimensional. La corteza visual del cerebro fusiona esto dentro de la percepción de una escena con profundidad.

Estas imágenes han vuelto a despertar interés debido a la presentación de imágenes y vídeos en la Internet. Vídeo juegos, películas de cine y DVD también se han exhibido con el proceso de anaglifos; así mismo para la ciencia y el diseño, donde la percepción de profundidad es útil, se han elaborado imágenes tridimensionales. Un ejemplo es proporcionado por la NASA, que usa dos vehículos orbitales para obtener imágenes en 3D del Sol.

Figura 28. Gama de colores RGB



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

Los anaglifos se hacen con colores que están en lados opuestos uno del otro. Por ejemplo el rojo y el cyan.

Figura 29. Gafas de Anaglifo

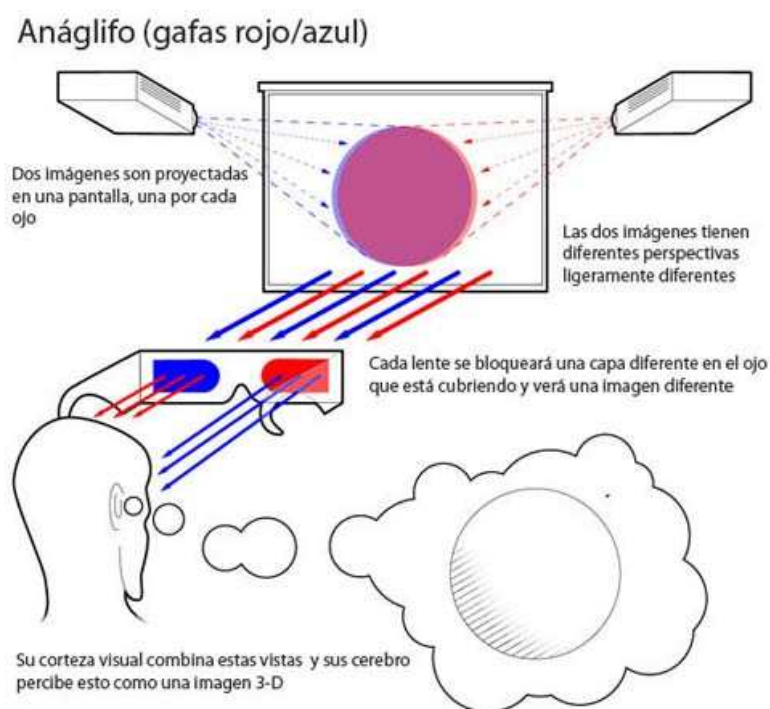


Tomado de: <http://www.configurarequipos.com/doc1256.html>

Ver anaglifos a través de filtros de color apropiados da como resultado que cada ojo observa una imagen levemente diferente. En un anaglifo rojo-azul por ejemplo, el ojo cubierto por el filtro rojo ve las partes rojas de la imagen como "blancas" y las partes azules como "oscuras" (el cerebro produce la adaptación de los colores). Por otro lado, el ojo cubierto por el filtro azul percibe el efecto opuesto. El resto de la composición de la imagen es percibida igual por los ojos. El cerebro fusiona las imágenes recibidas de cada ojo, y las interpreta como una imagen con profundidad.

Los filtros hechos de papel celofán no compensan la diferencia en longitud de onda de los filtros rojo y cian. Por lo tanto con estas simples gafas, la imagen roja es un poco borrosa, cuando ve una imagen anaglifa en el computador o impresa. La mejor calidad se obtiene con lentes de acrílico moldeados, empleados para compensar la dioptría y balancear el enfoque del filtro rojo con el cian. La corrección es de sólo 1/2 + en el filtro rojo, por lo que personas con miopía manifiestan incomodidad con la diferencia en los lentes, al ser una imagen ligeramente más grande que la otra.

Figura 30. Funcionamiento de las Gafas Anaglifo



Tomado de: <http://www.configurarequipos.com/actualidad-informatica/1845/3d-como funciona>

Dentro de las gafas 3D pasivas, podemos encontrar sistemas más avanzados que las gafas anaglíficas, y son las gafas polarizadas. Las gafas polarizadas emplean unas lentes que filtran las ondas de luz y las proyectan a ciertos ángulos. Cada lente solo permite pasar la luz que es polarizada de una forma compatible, es decir, cada ojo sólo verá una composición de imágenes en la pantalla, algo imprescindible para poder tener la sensación 3D.

6.3.1.2 GAFAS POLARIZADAS

Se están imponiendo a las gafas anaglíficas por varios motivos entre los que podemos destacar una reproducción más fiel al color real y una mejor experiencia de tridimensionalidad.

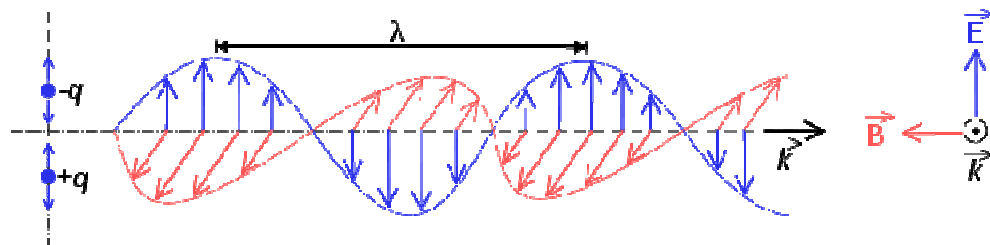
La polarización electromagnética es un fenómeno que puede producirse en las ondas electromagnéticas, como la luz, por el cual el campo eléctrico *oscila sólo en un plano determinado*, denominado plano de polarización. Este plano puede definirse por dos vectores, uno de ellos paralelo a la dirección de propagación de la onda y otro perpendicular a esa misma dirección el cual indica la dirección del campo eléctrico.

En una onda electromagnética NO polarizada, al igual que en cualquier otro tipo de onda transversal sin polarizar, el campo eléctrico oscila en todas las direcciones normales a la dirección de propagación de la onda. Las ondas longitudinales, como las ondas sonoras, no pueden ser polarizadas porque su oscilación se produce en la misma dirección que su propagación.

Campo eléctrico y campo magnético de una onda electromagnética: Una onda electromagnética es una onda transversal compuesta por un campo eléctrico y un campo magnético simultáneamente. Ambos campos oscilan perpendicularmente entre sí; las ecuaciones de Maxwell modelan este comportamiento. (Ver Fig.1)

Habitualmente se decide por convenio que para el estudio de la polarización electromagnética se atiende exclusivamente al campo eléctrico, ignorando el campo magnético, ya que el vector de campo magnético puede obtenerse a partir del vector de campo eléctrico, pues es perpendicular y proporcional a él.

Figura 31. Onda Electromagnética



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

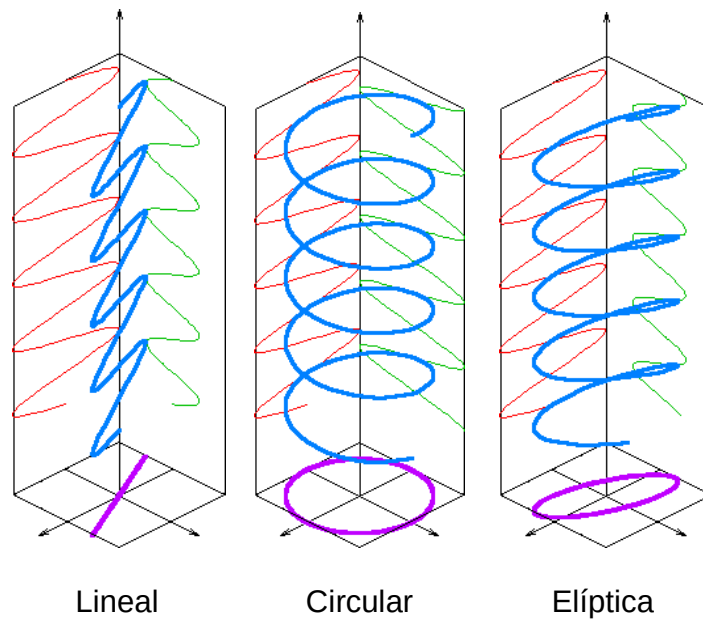
Tipos de polarización: La forma trazada sobre un plano fijo por un vector de campo eléctrico de una onda plana que pasa sobre él es una curva de Lissajous y puede utilizarse para describir el tipo de polarización de la onda. Las siguientes figuras muestran algunos ejemplos de la variación del vector de campo eléctrico (azul) con el tiempo (el eje vertical), con sus componentes X e Y (roja/izquierda y verde/derecha), y la trayectoria trazada por la punta del vector en el plano (púrpura). Cada uno de los tres ejemplos corresponde a un tipo de polarización.

En la figura de la izquierda, la polarización es lineal y la oscilación del plano perpendicular a la dirección de propagación se produce a lo largo de una línea recta. Se puede representar cada oscilación descomponiéndola en dos ejes X e Y. La polarización lineal se produce cuando ambas componentes están en fase (con un ángulo de desfase nulo, cuando ambas componentes alcanzan sus máximos y mínimos simultáneamente) o en contrafase (con un ángulo de desfase de 180° , cuando cada una de las componentes alcanza sus máximos a la vez que la otra alcanza sus mínimos). La relación entre las amplitudes de ambas componentes determina la dirección de la oscilación, que es la dirección de la polarización lineal.

En la figura central, las dos componentes ortogonales tienen exactamente la misma amplitud y están desfasadas exactamente 90° . En este caso, una componente se anula cuando la otra componente alcanza su amplitud máxima o mínima. Existen dos relaciones posibles que satisfacen esta exigencia, de forma que la componente x puede estar 90° adelantada o retrasada respecto a la componente Y. El sentido (horario o antihorario) en el que gira el campo eléctrico depende de cuál de estas dos relaciones se dé. En este caso especial, la trayectoria trazada en el plano por la punta del vector de campo eléctrico tiene la forma de una circunferencia, por lo que en este caso se habla de polarización circular.

En la tercera figura, se representa la polarización elíptica. Este tipo de polarización corresponde a cualquier otro caso diferente a los anteriores, es decir, las dos componentes tienen distintas amplitudes y el ángulo de desfase entre ellas es diferente a 0° y a 180° (no están en fase ni en contrafase).

Figura 32. Polarización de una onda



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

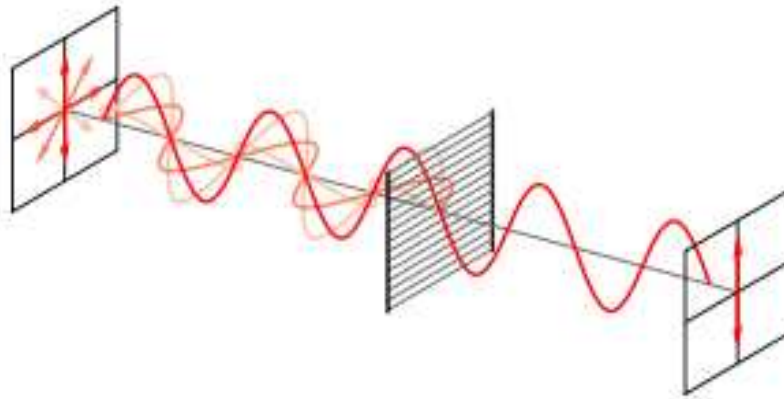
Obtención de luz polarizada: A continuación se explicarán brevemente algunos de los procedimientos experimentales que permiten la obtención de luz polarizada a partir de una emisión de luz natural. Para obtener luz polarizada linealmente se hace que el vector eléctrico vibre en un único plano (plano de polarización) de los que contienen la dirección de propagación.

Existen varios métodos para obtener luz polarizada: absorción selectiva, por reflexión, refracción y por difusión.

Polarización por absorción selectiva: Algunos materiales absorben selectivamente una de las componentes transversales del campo eléctrico de una onda. Esta propiedad se denomina dicroísmo. La luz experimenta una absorción en ciertos estados de polarización. El término dicroísmo proviene de las

observaciones realizadas en épocas muy tempranas de la teoría óptica sobre ciertos cristales, tales como la turmalina. En estos cristales, el efecto del dicroísmo varía en gran medida con la longitud de onda de la luz, haciendo que aparezcan diferentes colores asociados a la visión de diferentes colores con diferentes planos de polarización. Este efecto es también denominado pleocroísmo, y la técnica se emplea en mineralogía para identificar los diferentes minerales. En algunos materiales, tales como la herapatita (sulfato de iodoquinina) o las capas Polaroid, el efecto no es tan fuertemente dependiente de la longitud de onda, y ésta es la razón por la que el término dicroico se emplea muy poco.

Figura 33. Polarización por Absorción selectiva

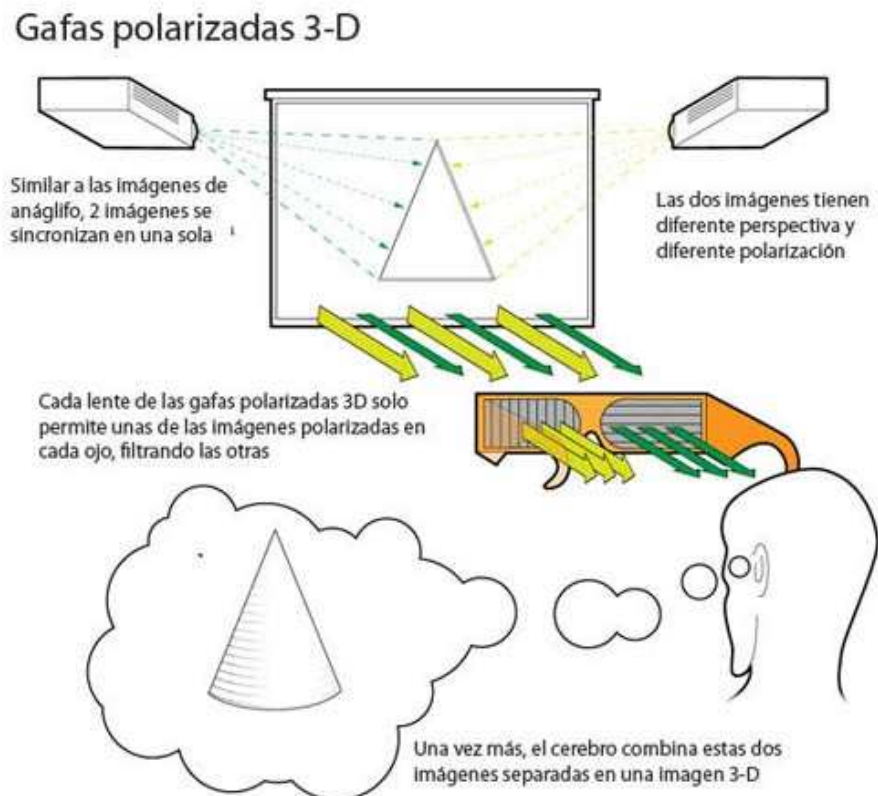


Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

El dicroísmo ocurre también como fenómeno óptico en los cristales líquidos debido en parte a la anisotropía óptica que presentan las estructuras moleculares de estos materiales. A este efecto se le denominó posteriormente "efecto huésped-invitado" (*guest-host effect* en inglés).

Las gafas usan unas lentes que filtran las ondas de luz proyectándolas a ciertos ángulos. Cada lente solo permite pasar la luz que es polarizada en una forma compatible. Por este motivo, cada ojo solo verá una composición de imágenes en la pantalla. Las gafas 3D polarizadas se están haciendo más populares que las gafas anaglíficas porque no distorsionan tanto el color de la imagen y dan una experiencia de visionado mucho mejor. Si embargo, es difícil usar la técnica de gafas polarizadas en un cine en casa – habría que ajusta la pantalla del televisor a este tipo de películas.

Figura 34. Gafas Polarizadas



Tomado de: <http://www.configurarequipo.com/actualidad-informatica/1845/3d-como funciona>

6.3.2 GAFAS 3D ACTIVAS

Para poder usar unas gafas 3D activas necesitas sincronizar las imágenes alternativas en la pantalla con las lentes LCD, es decir, conectar las gafas con la pantalla a través de un conector de señal sincronizado estereoscópico. El conector estereoscópico es un conector estandarizado que utiliza 3 pines para sincronizar las lentes LCD con la pantalla 3D. Cada uno de los pines tiene su función: 1 pin para llevar la carga eléctrica, otro actúa como tierra y el tercero transporta la señal sincronizada estéreo.

Figura 35. Gafas Activas



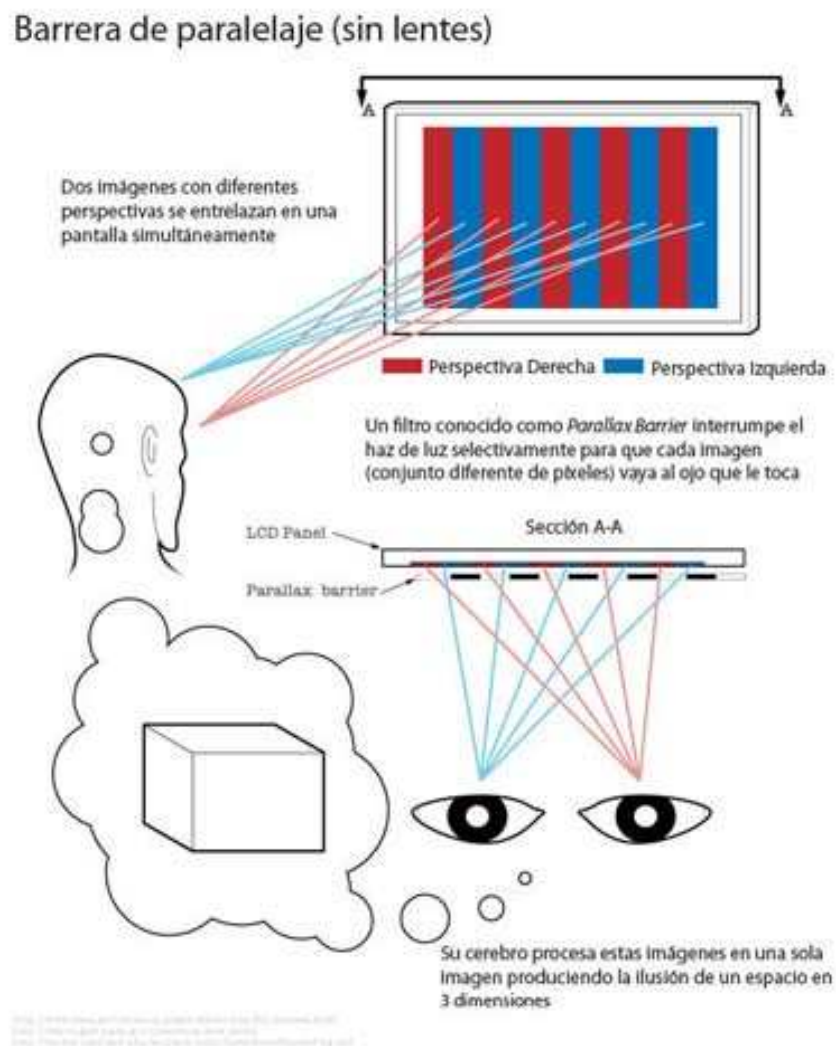
Tomado de: <http://www.configurarequipos.com/doc1256.html>

GAFAS ACTIVAS E-D Y ELSA: Existen dos tipos de gafas 3D activas: gafas E-D y gafas ELSA. Ambas tecnologías emplean el mismo sistema de transmisión de datos estereoscópicos, aunque la verdad, es que para que funcionen a la perfección, cada tipo de gafas debe de trabajar con su emisor compatible, si no, podríamos encontrar una desincronización en el filtrado de las lentes

6.3.3 WOWvx 3D

Un sistema de Philips para poder ver películas 3D sin gafas.

Figura 36. Barrera de Paralaje



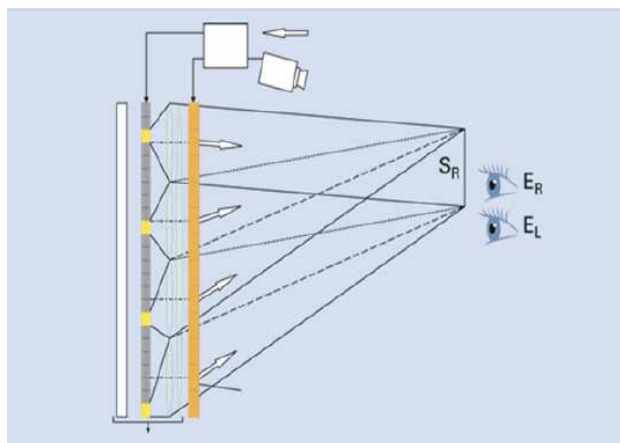
Tomado de: <http://www.configurarequipos.com/actualidad-informatica/1845/3d-como-funciona>

7. TIPOS DE TELEVISORES 3D

7.1 TELEVISION ESTEREO

La necesidad de variar el ángulo del haz de luz de cada píxel hizo que se utilizaran inicialmente espejos deformables. Cada uno de estos espejos consiste en una membrana fina y circular de nitrato de silicio recubiertos de aluminio y suspendidos sobre unos electrodos. Cuando se le aplica un voltaje al electrodo la membrana del espejo se deforma de manera parabólica. El frente de onda del haz de luz incidente en el espejo puede ser cambiado variando el voltaje aplicado sobre el electrodo. Si no se aplica ningún voltaje, la membrana de espejos se mantendrá plana. De esta manera se pueden realizar imágenes en tres dimensiones manteniendo también el modo de dos dimensiones habitual. Esta metodología es la que se denomina televisión estéreo y sólo permite que haya un observador. También tiene la problemática de que el sistema necesita saber desde dónde mira el observador. Para tener esta información se requiere tener una cámara con un algoritmo que localice los ojos del espectador y sea capaz de enfocar los espejos en aquella dirección, ver figura 37. La imagen captada por el observador será igual en cualquier punto del ángulo de visión, es decir, aunque nos movamos no percibiremos un cambio de posición relativa a la imagen. El vídeo reproducido en este sistema tiene que tener dos imágenes por frame.

Figura 37. Pantalla Estereoscópica



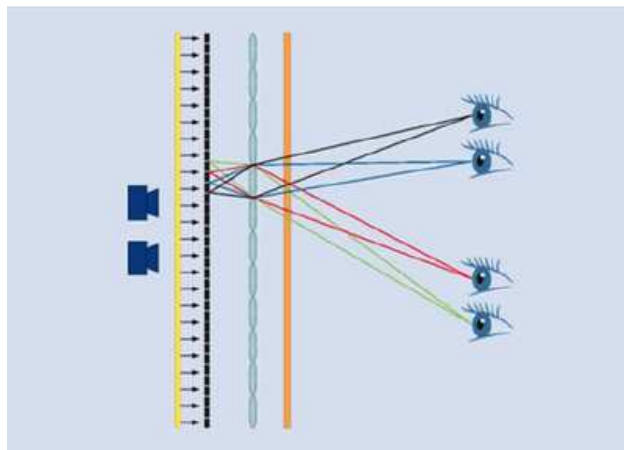
Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

7.2 TELEVISIÓN AUTOESTEREOOSCÓPICA

La televisión autoestereoscópica se considera una mejora respecto al sistema de televisión estereoscópica. Además de representar la información de profundidad permite la selección arbitraria del punto de vista y dirección dentro de la escena. De esta manera, un cambio de posición del espectador afecta a la imagen que éste observa. La sensación es que la escena gira con el movimiento del observador. Este fenómeno se conoce como Free viewpoint (punto de vista libre) y estos están limitados a 8 actualmente por cuestiones tecnológicas. Cada Free Viewpoint son dos imágenes (una por cada ojo) lo que hace que podamos mostrar en la actualidad 9 imágenes, diferentes en el plano horizontal, lo que quiere decir que la pantalla tendrá que tener una resolución mucho mayor que la HDTV. Se resuelve también el problema con la capacidad de espectadores, puede haber más de uno, ya que no es necesario localizarlos. El principal cambio es la utilización de microlentes que permiten controlar la difracción de los haces de luz. También permiten mantener el modo de dos dimensiones.

Tener diferentes puntos de vista significa incrementar el número de imágenes mostradas a la vez. Esto quiere decir que el monitor debe tener una resolución 4 veces mayor que la resolución estándar (SDTV) y soportar corrientes de vídeo de millones de bytes por segundo. Además, la utilización de lentes delante de la pantalla puede suponer una pérdida de brillo, contraste y color si no se aplica un sistema de control riguroso sobre las microlentes.

Figura 38. Pantalla Autoestereoscópica



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

Philips fue primera empresa en sacar al mercado el primer televisor autoestereoscópico con resultados muy buenos. El televisor WOWvx de 42 pulgadas tiene un ángulo de visión de 160 grados y una resolución de 3840x2160 píxeles. Además es capaz de representar 9 imágenes a la vez.

7.3 TELEVISORES WOWvx

El televisor WOWvx está basado en el principio de la autoestereoscopia permitiendo la visualización de 9 imágenes de forma simultánea.

Figura 39. Televisor WOWvx de Philips

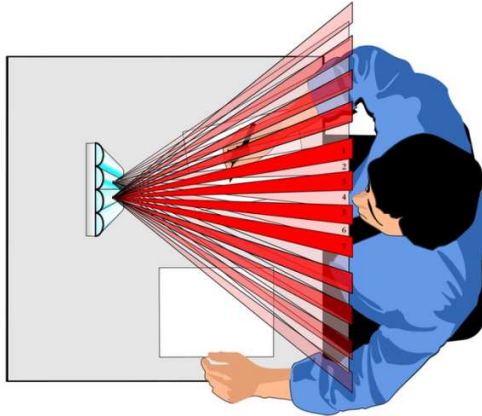


Tomado de: <http://www.wired.com/gadgetlab/2008/10/philips-3d-hdtv/>

Tecnología de lentes multivista

Una capa con una matriz de lentes transparentes y cilíndricas están fijadas sobre la pantalla. La transparencia de esta capa es un factor limitador para el contraste y el brillo que el monitor pueda representar. Mientras que con un ojo percibimos una parte de la pantalla, con el otro, que observa desde un ángulo diferente, observaremos otra parte dirigida hacia el otro ojo. Entonces podemos decir que, para el observador, cada píxel observado es una lente, pero estas están subdivididas en subpíxeles. Para crear el efecto 3D se tiene que representar la información sobre cada subpíxel. La visión múltiple se consigue cuando una lente se coloca solapando un grupo de subpíxeles, enviando la información de cada subpíxel en una dirección diferente.

Figura 40. Lentes Multivista

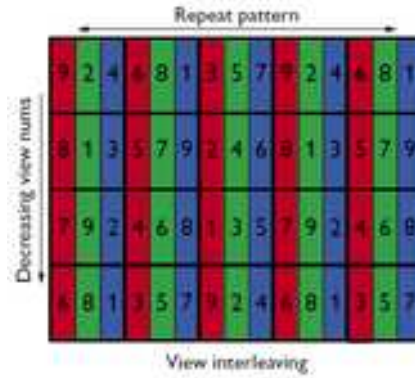


Tomado de: <http://www.wired.com/gadgetlab/2008/10/philips-3d-hdtv/>

Matriz de lentes

Una característica de todos los televisores 3D es la diferencia entre la resolución del píxel y la profundidad. En una escena en 3D, los píxeles que en 2D contribuyen a una resolución también se utilizan para mostrar la profundidad. Si el conjunto de lentes se posicionan de forma vertical encima de la pantalla, la resolución horizontal disminuirá en un factor igual al número de imágenes mostradas a la vez. Por ejemplo, un televisor que muestre 9 imágenes a la vez y con lentes colocadas de forma vertical, su resolución horizontal será 9 veces inferior a la vertical y causará un desequilibrio en la relación de aspecto del píxel. Este problema se soluciona inclinando las lentes con un patrón repetitivo, ver figura 14, de esta manera se disminuye la resolución horizontal y vertical en un factor de tres, haciendo que se mantenga en cada píxel una relación cuadrada. El efecto que se percibe es que algunos píxeles se repiten horizontalmente. La inclinación de las lentes hace que, mientras que se cambia de punto de vista, se intercale una visión poco coherente e incorrecta. De todas formas, este método es necesario para no ver zonas con sitios vacíos.

Figura 41. Patrón de Repeticiones



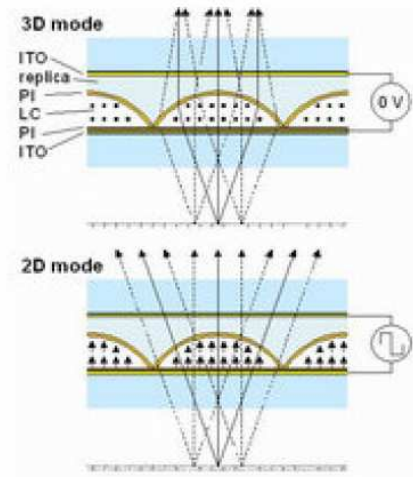
Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

2D & 3D Dual mode (compatibilidad entre el modo 2D y 3D)

Los televisores autoestereoscópicos permiten ver contenidos 2D y 3D sobre la misma pantalla. Conociendo el contenido visual a reproducir se realiza el cambio de modo. En el modo 3D cada lente refracta el frente de onda hacia una dirección diferente, provocando el efecto 3D. En el modo 2D el efecto de las lentes se puede eliminar de dos maneras:

- **Aplicando un procesamiento a la señal de vídeo.** Sabiendo las características ópticas de las lentes, el contenido de la señal puede ser redistribuido en los (sub)píxeles para cancelar el efecto de las lentes.
- **Lentes de LC (cristal líquido)** permiten desactivar el efecto de las lentes. Con lentes de LC en modo 2D, todos los píxeles contribuyen en una única imagen de alta resolución. Este proceso ha sido patentado por PHILIPS 3D Solutions y consiste en variar el índice de refracción de las lentes. La capa de lentes se llena de cristal líquido y de esta manera tienen índices de refracción diferentes que permiten el modo 3D. Para cambiar al modo 2D, se aplica una carga eléctrica sobre el cristal líquido para alterar su índice de refracción y como resultado se consigue que no refracte la luz que pasa a través de él.

Figura 42. Lentes de Cristal Líquido



Tomado de: <http://es.wikipedia.org/>

Recientemente se publicó que Philips, el gran desarrollador de la tecnología WOWvx, abandonó sus proyectos relacionados con los televisores que permitían al espectador tener una percepción 3D sin la necesidad de gafas. Se dice que finalizó sus investigaciones a finales del 2008, debido a que no encontraban la forma de brindar una imagen 3D sin la necesidad de gafas para múltiples usuarios en un mismo auditorio, solo lograron un máximo de 9 puntos libres de visualización para las imágenes 3D con excelente calidad.

CONCLUSIONES

- Se requiere gran capacidad de procesamiento de datos para poder comprimir, analizar, transmitir y visualizar imágenes que nos den la percepción de tridimensionalidad desde los televisores domésticos, por esto se están desarrollando nuevas tecnologías y métodos que permitan reducir el costo computacional y operacional, con el fin de tener esta gran experiencia como es la visualización en 3D de la televisión, la cual brinda un espacio de entretenimiento, educación e información, desde la invención de la misma.
- Si bien es cierto que las imágenes que captan nuestros ojos, sentido de la vista, son en dos dimensiones y que nuestro cerebro interpreta para darnos la sensación de 3D, uno de los objetivos de encontrar la forma de hacer que podamos ver las imágenes de los televisores u otros dispositivos ópticos en 3D es que se brinde la mayor información posible al espectador por vía visual y auditiva para hacer sentir al mismo como si se encontrara en el lugar de la escena, y que este sintiera como si fuera la misma realidad que apreciaría con todos sus sentidos.
- Lograr que se visualicen las imágenes en 3D no solo brindaría un gran avance en el campo de la televisión, también tendría aplicaciones infinitas y ayudas en áreas de la investigación que son muy críticas por la información visual que se deben proporcionar en algunos casos para la toma de decisiones, como es el caso de la medicina, en la que una observación en 3D para un médico puede ser determinante al momento de definir si un paciente requiere o no una cirugía, también puede brindar ayuda al momento de definir procedimientos médicos los cuales reducirán y optimizarán un tratamiento médico.
- Desde los principios de la televisión se han venido implementando mejoras gracias a los avances tecnológicos, entre ellos la invención del transistor, microchip, pantallas de plasma y LCD; de igual forma se ha revolucionado la tecnología en temas de telecomunicaciones, implementando fibra óptica y equipos que procesan gran cantidad de datos en cuestiones de milisegundos. A pesar de todos estos avances en la tecnología sigue representando un reto para los diseñadores tratar de modelar los procesamiento y cálculos de nuestro cerebro y sentidos, ya sea con potentes computadores y sus algoritmos o algún otro ingenioso método que

se le ocurra a nuestras mentes para autoconvencerse de que son ciertas las realidades virtuales creadas por nosotros mismos o nuestra imaginación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BRANCH, JOHN W. y OLAGUE, Gustavo. *La visión por computador: Una aproximación al estado del arte*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Escuela de Sistemas. 2 de Octubre del 2001.
- [2] RUIZ, Alberto. *Apuntes de Sistemas de Percepción Visión por Computador*. Universidad de Murcia, 23 de septiembre de 2004.
- [3] STREMLER, Ferrel., introducción a los sistemas de comunicación, 3 ed. Addison – Wesley, 1993; p. 725-728
- [4] ACOSTA O, Miller; MORENO M, Jaime Alberto. Tesis de grado “receptor de televisión módulo didáctico”. Universidad Pontificia Bolivariana. Seccional Bucaramanga. 2002.
- [5] Lucas, K. and Windram, M.D., IBA Technical Review, No 18, March 1982, pp 12-27.
- [6] LENK, Jhon D., Serie de electronica práctica “Lenk, Manual de video - Operación y Localización de Fallas”
- [7] Griffiths, E., and Windram. M. D., IEE conference Publication 327, IBC 1990, pp 337 – 144.
- [8] Annegam, M. et al, technical rewiew, Vol. 43, No. 8, August 1987, pp 197 – 212.
- [9] Ninomiya, Y., et al, IEEE Trasactions on Broadcasting, Vol. BC-33, No. 4. December 1987, pp 130-160.
- [10] Messerschmidt, U., IEE Conference Publication 327, IBC 1990. pp 58 – 59.
- [11] Wojciech, Matusik and Hanspeter, Pfister. *3D TV a scalable system for real-time acquisition, transmission, and autostereoscopic display of dynamic scenes*.
- [12] GUERRERO GONZÁLEZ, MAURICIO y MERCADO BLANCO, Fabián. *Tesis pregrado. Desarrollo de software para obtener las coordenadas espaciales de un objeto utilizando visión estereoscópica mediante configuración de ejes ópticos paralelos*. Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Noviembre 2006.
- [13] <http://www.siste.com.ar/serv02.htm>

- [14] <http://www.qusgsm.com>
- [15] www.contenidodigital.com/articulos/tc-tvdigital.htm
- [16] <http://entertainment.howstuffworks.com/hdtv.htm>
- [17] <http://es.wikipedia.org/>
- [18] <http://witivi.com/sistema-3d-sin-gafas-telefonica-philips/>
- [19] <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/5857/1/ICE63.pdf>
- [20] <http://www.asenmac.com/tvdigital/introduccion.htm>
- [21] <http://html.rincondelvago.com/creacion-y-evolucion-de-la-televisi3n.html>
- [22] [http://iiwikitv.wikispaces.com/file/view/camaras+analogicas.ppt#256,2,Diapositiva 2](http://iiwikitv.wikispaces.com/file/view/camaras+analogicas.ppt#256,2,Diapositiva_2)
- [23] <http://www.configurarequipos.com/actualidad-informatica/1845/3d-como-funciona>
- [24] <http://www.canaltopdigital.com/hdtv/>
- [25] <http://www.electronica-basica.com/televisi3n-3d.html>
- [26] <http://www.vagos.es/showthread.php?t=791378>
- [27] <http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/imagen-y-sonido/2005/08/18/144621.php?page=2>
- [28] http://www.cualcompro.com/index.php?muestra_articulo=30
- [29] <http://www.electronica-basica.com/gafas-3d.html>
- [30] http://es.wikipedia.org/wiki/Gafas_3D
- [31] <http://www.configurarequipos.com/doc1256.html>
- [32] <http://es.wikipedia.org/wiki/Autoestereoscopia>
- [33] http://es.wikipedia.org/wiki/Polarizaci3n_electromagn3tica
- [34] <http://www.slidefinder.net/s/slides07/8066451>
- [35] <http://www.configurarequipos.com/doc1256.html>