



127
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

*TEORIA Y DESARROLLO DEL SISTEMA
DE TELEVISION EN ALTA DEFINICION
DE 1125 LINEAS*

TESIS

que para obtener el título de

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

presentan

JORGE ENRIQUE TREJO SALGADO
HERNANDO OLGUIN LEDEZMA

Asesor de Tesis:

ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEXICO 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Teoría y desarrollo del Sistema de Televisión en Alta
Definición de 1125 líneas

que presenta el pasante: Jorge Enrique Trejo Salgado
con número de cuenta: 8262620-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 1 de Febrero de 1996

PRESIDENTE	<u>Ing. J. Ubaldo Ramírez Urizar</u>	
VOCAL	<u>Ing. Margarita López López</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Juan González Vega</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. María de Lourdes Maldonado López</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Gerardo Casasola Varela</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U. N. A. M.
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR FACULTAD DE ESTUDIOS
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Teoría y desarrollo del Sistema de Televisión en Alta
Definición de 1125 líneas

que presenta el pasante: Hernando Olguín Ledezma
con número de cuenta: 8122492-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 1 de Febrero de 1996

PRESIDENTE Ing. J. Ubaldo Ramírez Urizar

VOCAL Ing. Margarita López López

SECRETARIO Ing. Juan González Vega

PRIMER SUPLENTE Ing. María de Lourdes Maldonado López

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Gerardo Casasola Varela

I N D I C E

Introducción	1
Capitulo I Sistema convencional de Televisión (NTSC)	5
I.1 Principios de la señal de Televisión	5
I.1.1 La imagen de Televisión	5
I.1.2 Cualidades de la imagen	6
I.1.3 La visión humana	8
I.1.4 La cámara de Televisión	9
I.1.5 De la señal eléctrica a la óptica	12
I.1.6 Exploración y barrido de la imagen	12
I.1.7 Entrelazado	18
I.1.8 Borrado horizontal y vertical	19
I.1.9 Sincronización	20
I.2 Colorimetría	26
I.2.1 La luz	26
I.2.2 Primarios substractivos y primarios aditivos	29
I.2.3 Características del color	32
I.2.4 Comportamiento del ojo ante los color	33
I.3 Señal compuesta de video de color	34
I.3.1 Requisito de la señal de video a color	34
I.3.2 La señal de luminancia "y"	34
I.3.3 Señales de crominancia y diferencia de color	38

I.3.4	Obtención de los colores y representación grafica	40
I.3.5	Factores de corrección	45
I.3.6	Señales de color "I" y "Q"	46
I.3.7	Sincronía del color (subportadora)	49
1.3.8	De la imagen óptica al video compuesto	51
I.3.9	Norma RS-170A	55
I.4	Los estándares básicos de televisión	57

Capítulo II Sistema de Televisión de alta definición

	de 1125 líneas.	60
II.1	Situación actual del Sistema de Televisión de alta definición de 1125 líneas.	60
II.2	Estandarización universal	67
II.3	Condiciones de percepción visual	74
II.3.1	El recurso natural de la visión	74
II.3.2	Visión foveal y periférica	76
II.3.3	Factor temporal y espacial en visión	77
II.3.4	Angulo de visión	78
II.3.5	Distancia de visión	84
II.3.6	Luminancia y contraste	88
II.3.7	Tamaño de la pantalla	90
II.4	Parámetros básicos	96
II.4.1	Número de líneas de exploración	96

II.4.2 Frecuencia de campo y cuadro	98
II.4.3 Relación de entrelazado	102
II.4.4 Relación de aspecto	104
II.4.5 Ancho de banda nominal del video	110
II.4.6 Ancho de banda nominal del Croma	112
II.5 Colorimetría	114
II.5.1 Luminancia y Crominancia	114
II.5.2 Aspectos Cromáticos de la visión	115
II.5.3 Estándares de colorimetría	120
II.6 Estándar 240 M de SMPTE	123

Capítulo III Aspectos generales del Sistema de

Televisión de alta definición de 1125 líneas.	132
III.1 Sistemas de distribución	132
III.1.1 Transmisión directa de satélite (Sistema MUSE)	134
III.1.2 Transmisión por cable (fibra óptica)	139
III.1.3 Transmisión terrestre	141
III.1.4 Discos y cintas	145
III.2 Desarrollo y equipo disponible	146
III.2.1 Cámaras	147
III.2.2 Pantallas y proyectores	149
III.2.3 Grabadoras y reproductoras de video	150
III.2.4 Equipo de transferencia de cinta a película	154
III.2.5 Equipo de transferencia de película a cinta	155

III.2.6 Convertidores	157
Capítulo IV Aplicaciones	159
IV.1 Circuito cerrado	159
IV.2 Galerías	160
IV.3 Campo de la medicina	161
IV.4 Estudio-Educación	162
IV.5 Servicio de información público	164
IV.6 Cine	164
IV.7 Conferencias	165
IV.8 Promoción de ventas	166
IV.9 Catálogo electrónico	167
IV.10 Despliegue de imagen de fondo	168
IV.11 Entretenimiento	168
Glosario	169
Referencias bibliográficas	178

INTRODUCCION

La televisión, fruto directo de la radio, tiene una interesante historia basada en la evolución de descubrimientos técnicos que fueron y siguen perfeccionándola. De la televisión mecánica a la televisión de alta definición, un maratón de avances tecnológicos.

Desde sus principios, la televisión viene sufriendo una evolución constante. En 1925 se inician las primeras transmisiones (mecánicas) experimentales de TV. En 1928 se logra la primera transmisión trasatlántica de TV. En 1929 en Francia se implementa un sistema de radiovisión mecánica de 30 líneas de definición. En 1934 también en Francia se consigue una transmisión de 450 líneas. Hasta aquí la TV mecánica se agotaba y se ponía en marcha la TV electrónica. En 1935, EEUU unificó y normalizó la imagen a 431 líneas. En 1941 la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de EEUU eleva la definición de imagen a 525 líneas. En 1954 hace su aparición la TV a color. Ese mismo año la FCC aprobó las normas para la transmisión de la televisión a color, compatibles con el servicio monocromático de 525 líneas. Este sistema de TV a color está basado en las especificaciones desarrolladas por el Comité Nacional de Sistemas de TV (NTSC).

Para 1964 este sistema ya tenía gran difusión a nivel doméstico en Estados Unidos y a finales de los 60s en México. Durante esta década en Europa también se desarrollaban dos sistemas, uno de 625 líneas llamado sistema PAL (Phase Alternation Line-rate) y otro llamado SECAM (Sequential Couler Avec Memoire).

El próximo paso que ya está despuntando se llama televisión de alta definición.

La televisión de alta definición debe ser considerada mucho más una consecuencia de avances tecnológicos que de exigencias impuestas por el mercado. Su advenimiento se debe a los progresos técnicos destinados a extender las fronteras de la tecnología de la televisión.

La televisión de alta definición no es una tecnología única, sino que comprende una variedad de propuestas destinadas a aumentar la calidad de la imagen, a través, de la reformulación de todo el sistema, desde la cámara en estudios hasta el receptor domiciliario.

En el presente, hay una gran efervescencia, principalmente en Japón, Estados Unidos y Holanda, por encontrar una solución al problema de mejorar la calidad de la TV. En cada uno de

estos países, se realizan investigaciones y propuestas para un estándar del sistema de alta definición, pero los parámetros varían de un sistema a otro, lo que ha complicado una estandarización universal.

En el inicio de los años setenta, la NHK (Japan Broadcasting Corporation), la corporación japonesa de comunicaciones, inició su programa de investigación para desarrollar un sistema de alta definición, un sistema no compatible con los existentes, que emplea un ancho de banda mayor. Así, los trabajos en los laboratorios de la NHK impulsaron a fabricantes japoneses a desarrollar equipo para alta definición y a inaugurar un servicio de transmisión por satélite de este sistema.

Después de varios años de desarrollo e investigación, en 1986 se efectuó la primera transmisión experimental de alta definición por la NHK. Para 1987 se realizó una demostración pública de transmisión. En 1988 transmitió en forma experimental los juegos olímpicos de Seúl. A partir de 1989 comenzó a transmitir en Japón una hora diaria vía satélite de este servicio. Y desde finales de 1990 transmite un servicio completo de ocho horas diarias usando un transponder para alta definición en el nuevo satélite japonés bs-3b.

La NHK también ha realizado demostraciones a nivel internacional, entre las que pueden mencionarse: la cobertura en Italia y transmisión a Japón durante la copa mundial de fútbol en 1990.

En nuestro país se llevó a cabo la primera demostración del sistema, así como trabajos experimentales de transmisión a mediados de 1990. A principios de 1991, la NHK y Televisa realizaron en coproducción, el primer programa en alta definición con motivo de la cultura Maya.

El sistema de alta definición de la NHK, tiene una desventaja importante; no es compatible con los sistemas ya existentes, volviendo obsoletos millones de receptores ya en uso.

Sin embargo, el sistema japonés se encuentra a la vanguardia en experiencia y puesta en práctica, además de ser el único sistema que ha sido presentado y experimentado en México.

C A P I T U L O I

SISTEMA CONVENCIONAL DE TELEVISION (NTSC)

I.1 Principios de la señal de Televisión

I.1.1 La imagen de Televisión

La Televisión es un sistema para reproducir una serie de imágenes fijas, las cuales en una serie sucesivamente rápida, dan la sensación de movimiento.

La palabra Televisión significa literalmente: visión a distancia.

La señal de TV. está formada por imágenes y sonidos. La señal eléctrica correspondiente a la información de luz de la imagen de una escena a transmitirse, se le conoce como señal de "VIDEO"; y a la señal eléctrica que corresponde al sonido se le llama señal de "AUDIO".

La señal de TV. se ha diseñado para convertir todos los elementos de una escena en señales eléctricas y transmitirlos en una sucesión seriada y rápida, más no instantánea, como en cinematografía ó fotografía, ni simultánea; esto dentro de un sistema electrónico , grabación magnética, satélite para TV, circuito cerrado, televisión vía cable (CATV) y transmisión al aire.

Para lograr tal efecto, la TV. depende en gran parte de la persistencia de la visión humana para recrear en la pantalla de un cinescopio ó tubo de imagen la escena enfocada por la cámara de TV.

Toda imagen está formada por un grupo de áreas de luz y sombra. A estas pequeñas superficies que contienen información de luz ó de sombra se le conoce como detalle de imagen, elemento de imagen, píxel ó pel. Todos estos elementos juntos contienen la información visual en la escena. Si estos elementos se transmiten y reproducen en el mismo grado de luz y sombra y posición como el original entonces se reproduce la imagen.

I.1.2 Cualidades de la Imagen

Una imagen debe tener ciertos requisitos para poder ser captada por una cámara de TV y pueda así ser reproducida con calidad, ya que de lo contrario, la señal obtenida puede ser distorsionada.

Los requisitos a observarse son los siguientes:

-
- a) **Brillo:** Es el nivel promedio de luz que refleja una imagen.
- b) **Contraste:** Es la diferencia de intensidades entre las áreas oscuras y las claras de una imagen, a diferencia del brillo que es un valor promedio.
- c) **Detalle:** Es la resolución o definición de la imagen y depende del número de elementos de imagen (píxeles) que puedan ser reproducidos.
- e) **Nivel de color:** Es la cantidad de color o croma. Esta señal se superpone a la información eléctrica de Blanco y negro llamada Luminancia.
- d) **Matiz:** Llamado también tinte ó HUE y corresponde al color indicado.
- f) **Relación de aspecto:** Consiste en la relación de lo ancho a lo alto de la pantalla y lo normal es de 4 de ancho por 3 de altura (4:3), es decir, más ancha por un factor de 1.33 que de altura.

I.1.3 La visión humana

La visión humana consiste de las siguientes partes: El ojo y el nervio óptico que va al cerebro donde se decodifican las señales enviadas.

Teniendo al ojo humano como un instrumento eficiente, trabaja de la siguiente manera:

El ojo, en sus elementos básicos esenciales, es un sistema de lentes cristalinos, que reúne la luz de todas las frecuencias del espectro visible y la enfoca sobre una pantalla sensible a la luz (retina) situada en una concavidad alrededor de la parte posterior del ojo.

La retina se forma por millones de fibras nerviosas, cada una sensible a la luz en una frecuencia distinta y que se conectan en grupos al nervio óptico, el cual va conectado al cerebro, y así se crea la sensación de la visión.

Mediante la visión, el ojo es capaz de presentar al cerebro una imagen completa del objeto, su contenido tonal, tinte e intensidad de color y gracias al efecto estereoscópico sus

tres dimensiones; pero el ojo tiene también otro atributo que es la persistencia de la visión.

La persistencia de la visión consiste en que el ojo humano posee la capacidad de retener una impresión de la forma, color y brillo de una imagen durante una fracción de segundo, después de que ha dejado de recibirse la luz de la imagen. Esto se aprovecha en los procedimientos cinematográficos y de TV; ya que si la serie de imágenes se representan al ojo durante este intervalo de persistencia de la visión, el ojo las integrará y el espectador tendrá la sensación de ver todas las imágenes al mismo tiempo como una imagen completa pero aparte en adición se tiene la ilusión del movimiento, siempre y cuando se tenga, como se dijo, imágenes completas en un rango de repetición mayor a 16 cuadros/seg. (FRAMES por segundo). El rango de 24 cuadros/seg usado en cinematografía es suficiente para tener ilusión de movimiento.

I.1.4 La Cámara de Televisión

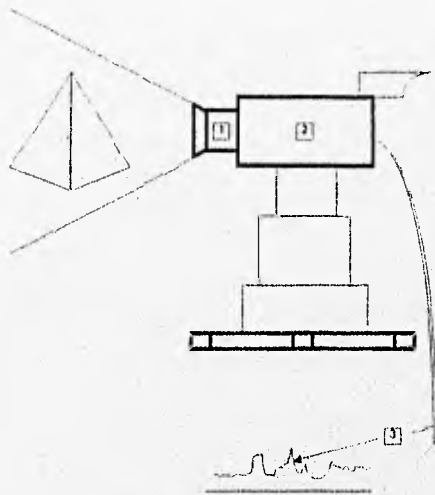
Es el componente más importante del equipo de TV debido a que se origina la señal de video correspondiente a la imagen, es

decir, aquí se realiza la conversión de la imagen óptica a la señal eléctrica.

En la naturaleza existen ciertos elementos que reaccionan al incidir sobre ellos rayos de luz, por lo que se dice que son sensibles a la luz o fotosensibles, por ejemplo el cesio. La energía de los rayos disloca los electrones del material y los deja en libertad, pudiéndose con esto, generarse una corriente eléctrica.

Otros elementos, como el selenio, al exponerse a la luz, varían su resistencia a la corriente eléctrica y por consecuencia también su conductividad sufre una variación.

Así, la cámara de TV utiliza un tubo que reúne las condiciones de ser fotoeléctrico y fotoconductor. Transformara la imagen óptica en millones de diminutas cargas eléctricas individuales. Este patrón de imagen de carga (Target) es explorado de izquierda a derecha y de arriba a abajo en una serie de líneas horizontales, por un estrecho haz de electrones que "lee" la información en el Target y la convierte en una serie consecutiva de señales eléctricas, proporcional en amplitud al brillo de los elementos de imagen. Ver figura I.1.



- 1 Sección óptica
- 2 Sección electrónica
- 3 Señal de video correspondiente a la imagen de la escena

Figura I.1 Esquema de la señal eléctrica

I.1.5 De la señal eléctrica a la óptica

Contando con una pantalla con una capa de fósforo y haciendo chocar un haz de electrones en ella, con las variaciones de intensidad que correspondan a la señal de video, obtendremos nuestra imagen original con las tonalidades de luz correspondientes a los distintos elementos de imagen.

I.1.6 Exploración y barrido de una imagen

Idealmente, la cámara de TV debería ser capaz de producir una imagen instantánea, al igual que una fotografía, pero no es así, sino que al igual que el ojo humano ante una hoja impresa, si este permanece fijo, la información es muy pequeña e imprecisa, pero si se pone en movimiento por la página, recogerá toda la información contenida en ésta, y se le conoce como exploración rectilínea.

Los sistemas de TV utilizan entonces esta exploración rectilínea. El sistema Norteamericano de TV que empleamos se llama NTSC 525/60.

NTSC significa Comité Nacional para el Sistema de TV y nos indica para la exploración de la imagen tanto en el transmisor como en el receptor los siguientes estándares:

Hay dos procesos de exploración seguidos simultáneamente: uno que se mueve en sentido horizontal y el otro se mueve en sentido vertical. estas exploraciones son lineales, esto es, a velocidad constante.

El estándar del sistema M del Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR) que se ha adoptado, para un sistema blanco y negro es el siguiente:

- 525 Barridas ó trayectorias Horizontales llamadas líneas H por Cuadro de imagen (imagen completa).
- 262.5 Barridas ó líneas H por Campo.
- 30 Cuadros de imagen completa por segundo.
- 60 Campos (medio cuadro ó imagen) por segundo.

Estos valores variarán con respecto a la información de color.

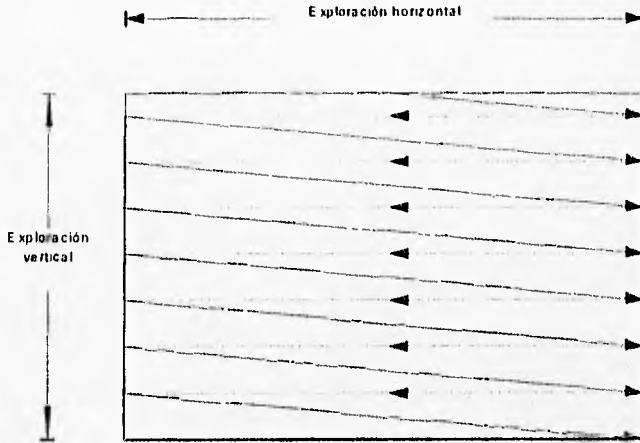


Figura I.2 Sistema de exploración simple. (las líneas de puntos representan el retorno)

Aquí en la figura I.2, podemos observar que las líneas continuas representan la señal eléctrica correspondiente a una parte de la imagen (líneas H), y las líneas punteadas indican el retorno del haz electrónico, el cual es más rápido que el trazo.

El barrido H es más rápido que el Vertical. Esto es mejor para que el haz pueda efectuar un número adecuado de barridos

Horizontales. No obstante, la velocidad vertical no debe ser muy baja, o aparecerá un parpadeo indeseable, el cual consiste en variación de niveles de iluminación de la pantalla y que el ojo no puede compensar. Este parpadeo está presente a una frecuencia menor de 40 veces por segundo.

En cinematografía, la velocidad de proyección es de 24 cuadros por segundo, pero solucionó el problema del parpadeo o flicker, haciendo que se ilumine (explora) dos veces, cada cuadro, durante el tiempo en que está siendo proyectado, con ello, la velocidad de proyección será realmente de 48 veces por segundo (Hertz), reduciéndose el problema.

En los casos anteriores, se le llama cuadro de imagen a la cantidad mínima de movimiento de la imagen completa en una escena.

En TV en el sistema NTSC, se utiliza la frecuencia de imágenes de 30 cuadros por segundo (Hertz). Por lo que al igual que en cinematografía, un cuadro de imagen será barrido ó explorado dos veces, haciendo que su frecuencia de exploración vertical sea de 60 Hertz (verticales por segundo). a cada exploración se le llama campo.

Esta frecuencia de exploración vertical de 60 Hertz coincide con la frecuencia de 60 Hertz de la corriente eléctrica de la Compañía de Luz, y así disminuye la interferencia de zumbido (Hum) en la imagen.

La exploración horizontal en un cuadro de imagen corresponde a 525 líneas horizontales por cuadro, teniéndose que serán entonces 262.5 H por campo.

así tendremos que la frecuencia de barrido horizontal será:

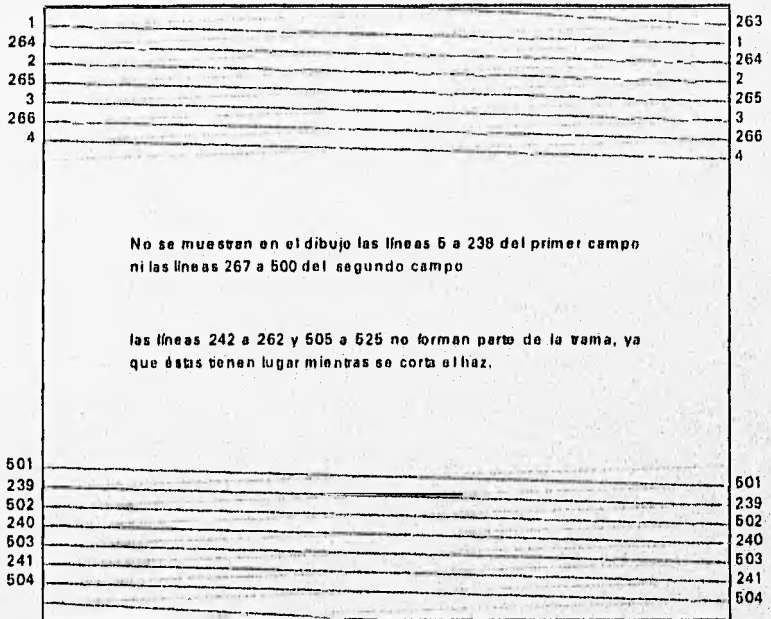
$$525 \text{ H/CUADRO} \times 30 \text{ CUADROS/SEG} = 15,750 \text{ H/SEG}$$

ó lo que es lo mismo:

$$262.5 \text{ H/CAMPO} \times 60 \text{ CAMPOS/SEG} = 15,750 \text{ H/SEG}$$

Como el número total de líneas H por campo (262.5) no constituye un número entero, se supondría que al superponer un campo con el anterior, no existirá una correspondencia en la situación de las líneas horizontales. Realmente, como el número de líneas obliga a que cada campo comience con media línea de diferencia respecto al anterior, aparece un **Entrelazado** entre las líneas correspondientes a dos campos

consecutivos, así, si las líneas horizontales de cada uno de los dos campos sucesivos caen directamente entre las líneas del otro campo, el número total de líneas horizontales se doblará a 525. Ver figura I.3.



* 21 líneas "perdidas" durante el retrasado vertical

Figura I.3 Detalles de la trama producida por la exploración de 525 líneas

El sistema de exploración del receptor, debe reproducir exactamente la secuencia seguida en el sistema de exploración de la cámara; y esto se logra sincronizando ambos sistemas de una manera muy exacta. las exploraciones horizontal y vertical y los retornos tienen que ocurrir, tanto en la cámara como en el receptor.

I.1.7 Entrelazado

La exploración vertical permite que el haz cubra la pantalla con 525 líneas. Cada campo lee la mitad de líneas de un cuadro, de manera que un campo leerá las líneas numeradas como nones, por lo que se llamará campo non y el otro campo leerá las líneas pares, por lo que se llamará Campo par. Las líneas trazadas por el campo 2 (y por todos los campos pares) cubren los espacios entre las líneas del campo 1 (y de todos los campos nones), realizándose de este modo el entrelazado.

Esto es posible haciendo subir el haz, después que ha alcanzado la parte inferior de la pantalla cuando está explorando a la mitad de una línea horizontal, iniciando el campo siguiente cuando se encuentra en la parte superior de la pantalla.

1.1.8 Borrado Horizontal y Vertical

Cuando el haz se desplaza a lo largo de la pantalla debe llevar una velocidad uniforme, pero al iniciar o terminar el trazo, la velocidad debe ser cero, esto significa un aumento de la velocidad del haz de cero a la normal, y una disminución de la normal a cero. Ocasionando esto que en los extremos de la pantalla, los elementos de imagen estén más juntos que en el resto de la pantalla, provocando distorsión en la imagen.

Para eliminar esto, se suprime la información de imagen que da la cámara en esta porción por medio de un pulso al que se llama pulso de borrado horizontal con una duración de 11.10 μ seg.

Este pulso abarca una porción antes de terminar el trazo, todo el tiempo de retorno y parte del inicio del trazo de la siguiente línea, dando origen a lo que conocemos como pórtico frontal y pórtico posterior.

Durante la exploración vertical ocurre lo mismo de las variaciones de velocidad del haz al descender y ascender, por lo que también verticalmente se borra la información de

cámara. El borrado vertical cubre 21 líneas horizontales. Los pulsos de borrado horizontal y vertical, junto con la duración de las exploraciones respectivas determinan la relación de aspecto de 3x4.

I.1.9 Sincronización

A la señal de imagen generada en el tubo de la cámara, se le insertan señales de borrado y sincronismo para formar la señal de video, final y completa. La señal de negro de imagen debe encontrarse arriba del nivel de borrado. Este nivel de borrado, como su nombre lo dice, representa el negro absoluto que se observa en el monitor, siendo su misión cortar el haz electrónico en el cinescopio o tubo de imagen. La zona de borrado de la señal de video coincide con el borrado que existe en la cámara. Ver figura I.4.

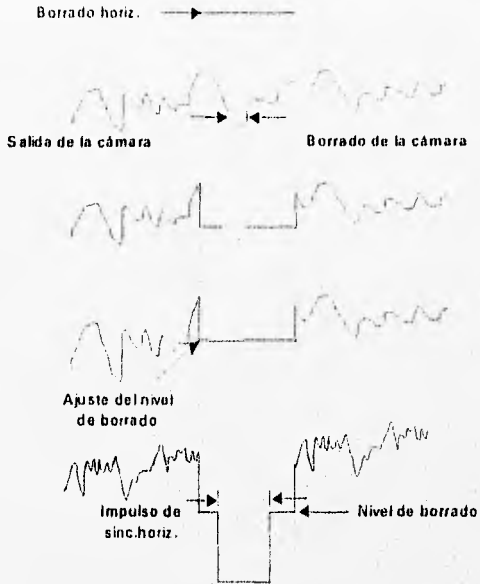


Figura I.4 Las señales horizontales de borrado y de sincronismo, una vez superpuestas a la señal de video

El pulso negativo durante el borrado horizontal es la sincronía horizontal la cual sirve para el retorno horizontal del haz. La señal de video que aparece justo antes del borrado, estaría representada en el monitor a la derecha de la pantalla. Hay una zona que se llama pórtico frontal y con

él se inicia el borrado para asegurar que el haz está cortando antes de comenzar el retorno.

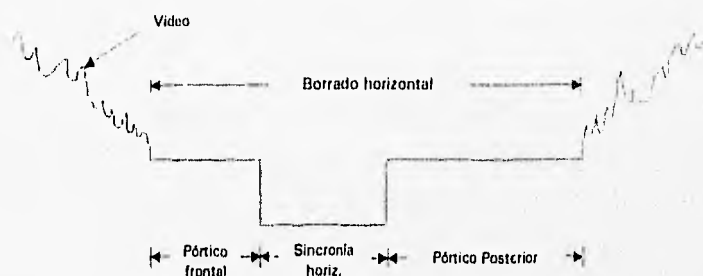


Figura I.5 Intervalo de borrado horizontal

La sincronía es el tiempo en que se efectúa el retorno. La porción siguiente de la sincronía, es el pórtico posterior. Este intervalo del borrado es necesario para que ya regresado el haz horizontal a la parte izquierda de la pantalla, comience una nueva línea de exploración antes de restaurar el haz en parte visible de la imagen. Ver figura I.5.

Cabe decir, que como existen 525 H en un cuadro, habrán también 525 borrados horizontales y pulsos de sincronía en la imagen y su frecuencia será de 15750 Hz.

La siguiente figura No. I.6 muestra el aspecto de la señal de sincronía en el retorno vertical en la exploración. Puede observarse la porción del borrado vertical de la señal compuesta de video, la cual se caracteriza por pulsos negativos más anchos, hay una serie de 6 pulsos angostos o seriados (dentados) que consiste en la sincronía vertical (retorno), la cual tiene duración de 3H; antes y después se observa una serie de pulsos negativos angostos llamados pulsos igualadores. Antes de la sincronía se les llama pulsos preigualadores y después de dicha sincronía se les llama pulsos postigualadores y cada uno con duración de 0.5H, haciendo una duración total de 3H para los preigualadores y 3H para los postigualadores.

Los pulsos igualadores sirven para que la sincronización horizontal en el receptor sea estable en el período del borrado vertical.

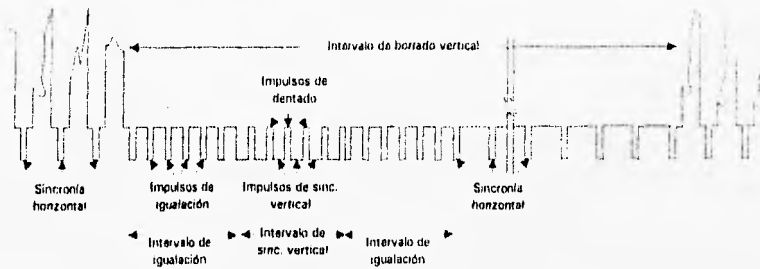
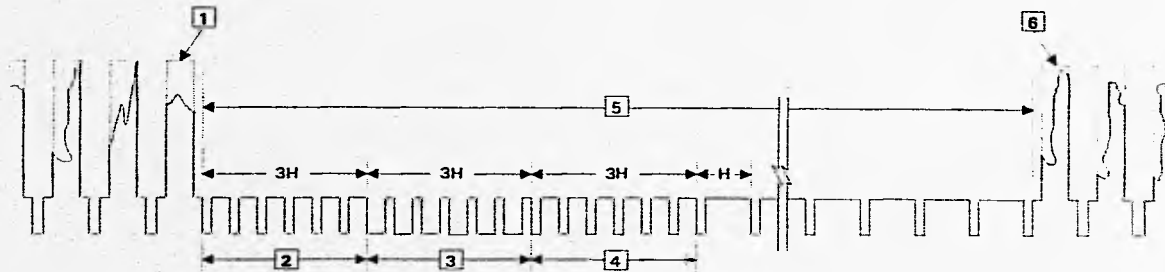
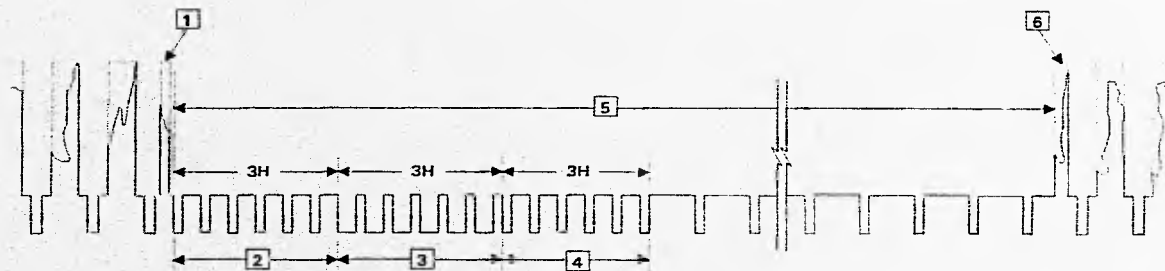


Figura I.6 Intervalo de borrado vertical

El que la frecuencia de los pulsos igualadores y sincronía vertical sean el doble que la frecuencia horizontal se debe a la relación de entrelazado 2:1. En la siguiente figura No. I.7 se observa los diferentes aspectos de dos intervalos de borrado vertical consecutivos (NON y PAR).



Campo uno (non)



Campo dos (par)

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 Parte inferior de la imagen | 4 Pulsos post-igualadores |
| 2 Pulsos pre-igualadores | 5 Intervalo de borrado vertical |
| 3 Sincronía vertical | 6 Parte superior de la imagen |

Figura I.7 El intervalo vertical

Puede observarse lo siguiente: que al inicio del campo non, el comienzo del borrado vertical y sincronía vertical coinciden con la frecuencia del borrado horizontal y la exploración del campo anterior (par) termina en línea H completa. En la segunda señal, inicio del campo par, el comienzo del intervalo vertical coincide con el final de media línea de video, por lo que se nota la existencia del entrelazado de las líneas horizontales, y que al término del campo anterior (non) termina con media línea, y así hay alternativamente una media línea o una línea completa. La duración del borrado vertical será de 21H.

I.2 Colorimetría

I.2.1. La luz

La luz es la radiación de energía electromagnética de frecuencia media que el ojo humano interpreta como tal. La retina del ojo contiene tres grupos de conos, contenidos estos en la fovea central que son separadamente sensibles a la luz roja, verde y azul. Los conos están uniformemente dispersos en el área de la retina sensitiva al color, así es que la luz cae sobre ellos produciendo una sensación de color que depende de la relativa cantidad de luz roja, verde y azul presente. Cuando la relación de rojo:verde:azul es

aproximadamente 30:60:10, la sensación producida es la luz blanca. Otras relaciones producen todas las otras sensaciones de color. Si los conos rojos son excitados, la sensación es roja. Si ambas intensidades rojas y verdes están presentes, la sensación es amarillo, si el rojo predomina, naranja. La figura I.8a. muestra la posición de la luz visible en el espectro electromagnético.

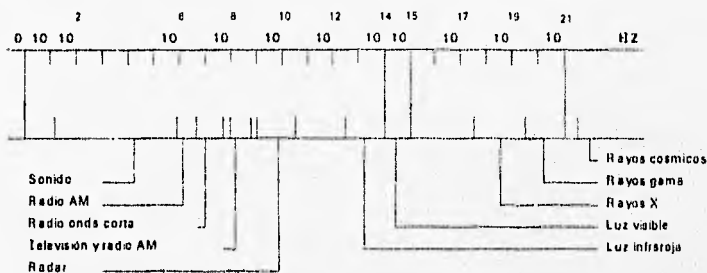


Figura I.8a Espectro electromagnético

La sensación de color está directamente relacionada con la frecuencia de la luz observada. Así, al cambiar las frecuencias de las ondas electromagnéticas que constituyen la luz, aparece un cambio de color visto por el ojo. El rango de frecuencias del espectro visible está comprendido entre 400 y

750 millones de millones de ciclos por segundo. A la de menor frecuencia la registramos como luz roja, y a la de mayor frecuencia como luz violeta. En las frecuencias intermedias se registran los demás colores en el siguiente orden: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta. Ver figura I.8b.

La luz del sol, que contiene todas las frecuencias del espectro visible, se considera que es de color blanco y será la suma de dichas frecuencias.

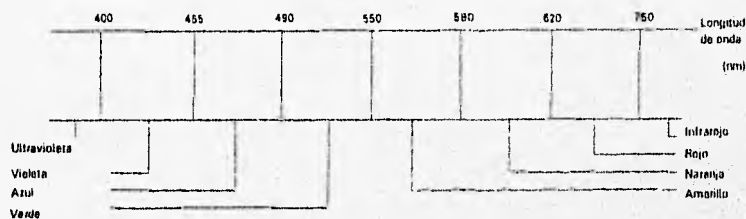


Figura I.8b Espectro visible

Los colores en la naturaleza no son puros, ya que no están formados por una frecuencia, los colores rojo, verde y azul

vienen definidos como bandas de frecuencia, y los demás colores se obtienen de una mezcla de frecuencias.

El color de un cuerpo iluminado depende de su constitución molecular, que determina su capacidad para reflejar distintas longitudes de onda luminosa y de la clase de luz empleada para iluminarlo. Entonces, un objeto refleja la porción del espectro cuyas frecuencias son características de su color mientras que absorbe todas las demás.

Un objeto no presentará su color característico si las frecuencias correspondientes a ese color no se hallan presentes en la luz emitida. Una hoja verde refleja el color verde si se ilumina con luz blanca y absorbe todas las demás frecuencias, pero no reflejara su color característico si las frecuencias correspondientes a ese color (verde) no se hallan en la luz, por ejemplo, si se ilumina con luz roja la hoja verde, se verá negra al no tener componentes en la luz roja.

1.2.2 Primarios substractivos y primarios aditivos.

Si se sobrepone un filtro amarillo y un cian, en el área de empalme se ve el color verde, lo que se interpreta como la

absorción de todos los colores de la luz blanca excepto el verde, al empalmar el magenta y el cyan se ve el color azul, al empalmar el magenta y el amarillo únicamente se ve el rojo, y por último, en el área donde se empalman los tres colores se ve una superficie negra, lo que nos dice que todas las componentes de la luz han sido absorbidas, por esta característica los colores amarillo, magenta y cyan reciben el nombre de primarios substractivos. La figura I.9a representa ésta relación.

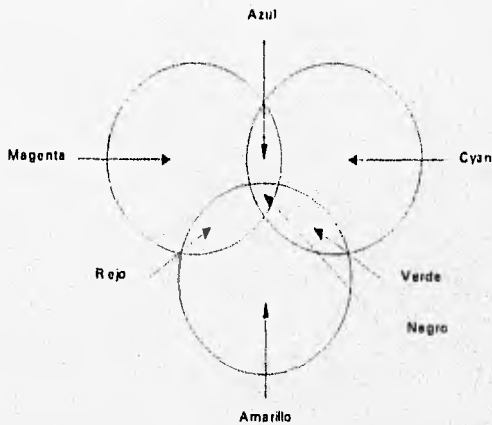


Figura I.9a Primarios substractivos

Al proyectar en una pantalla blanca los tres colores anteriormente obtenidos verde, rojo y azul, se observa lo siguiente: en donde se empalman el rojo y el verde se ve el color amarillo, al empalmarse rojo y azul se ve el magenta, en donde se empalman azul y verde se ve el cian, y en donde se empalman los tres colores se observa un área blanca que como se sabe es la reunión de todos los colores del espectro, dicho en otras palabras, en estos tres colores están contenidos todos los del espectro visible, por lo que reciben el nombre de primarios aditivos. Ver figura I.9b

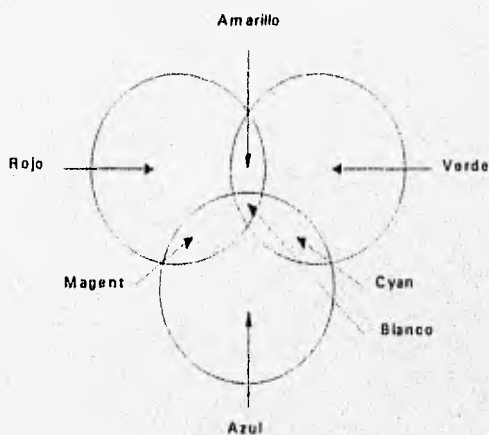


Figura I.9b Primarios aditivos

I.2.3 Características del color.

El color se caracteriza por su matiz, saturación y brillantez.

Matiz. Es el tono del color, es decir rojo, verde, amarillo, etc. El matiz es una indicación de su longitud de onda predominante y por tanto el color que el ojo percibe.

Saturación. Es la pureza del color, se considera en relación a la luz blanca, por ejemplo el tono rosado de la piel de un niño es en realidad un color rojo contaminado con cierta cantidad de color blanco, en otras palabras, una saturación del 100 por ciento indica un matiz espectral puro, al mismo tiempo el cero por ciento representa el blanco.

Brillantez. Es la cantidad de luz contenida en un color dado; por ejemplo, un color café es en realidad un amarillo con poca brillantez, esto puede apreciarse cuando a un material amarillo con buena iluminación, se le va disminuyendo gradualmente la intensidad de iluminación; como de una manera similar una superficie blanca se aprecia gris al hacer esto.

I.2.4 Comportamiento del ojo ante los colores.

1. El ojo aprecia mayor brillantez del color verde
2. El rojo es el color que se distingue más fácilmente.
3. El azul es el menos luminoso.
4. El ojo no distingue las diferencias de tonalidades de verde con la amplitud de las de amarillo y esta característica en particular permite una buena reproducción de color, aún cuando no se produzcan todas las tonalidades posibles del verde, permitiendo no obstante una fidelidad excelente del color.

5. El ojo aprecia perfectamente todas las tonalidades en objetos grandes vistos en la pantalla, es decir objetos mayores de $3/8$ " en una pantalla de 19" (casi 1 cm). No es muy crítica la diferencia de tonos en áreas pequeñas por ejemplo mayores de $1/8$ " y menos de $3/8$ " en una pantalla de 19". Y no aprecia el color en objetos menores a $1/8$ " en una pantalla de 19".

I.3 Señal compuesta de video de color.

I.3.1 Requisito de la señal de video a color.

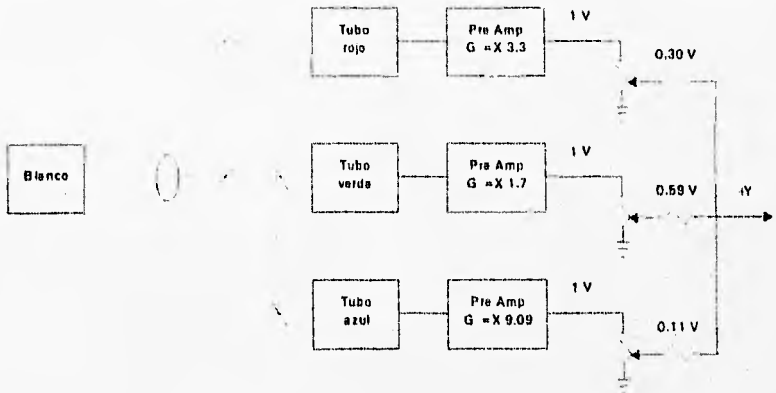
La NTSC (National Television System Committee) propuso cierto requisito que se debería cubrir con el sistema para que fuera posible la televisión a color, esto con el objeto de que la señal de color fuera compatible con la de blanco y negro. Estos requisitos son: la señal de color debe reproducirse por un receptor de blanco y negro con el contenido correcto de brillantez de la imagen, la información de color no debe causar componentes visibles indeseados en un receptor blanco y negro, no se debe transmitir información de color cuando la cámara esté explorando superficies o puntos blancos, negros o sombras de gris, el sistema debe ser capaz de reproducir la gama completa de colores que un observador normal pueda percibir.

I.3.2 La señal de luminancia "Y"

De las tres características de color, luminancia, matiz y saturación, la luminancia es la porción de la señal que será usada por los receptores blanco y negro para desplegar la información de brillo (o luz) de la señal de color de la

cámara. Para el caso de un receptor a color las tres características deben estar disponibles.

Para satisfacer el requisito de compatibilidad con el sistema blanco y negro, de una escena a color y a través de una cámara de televisión se debe derivar una señal que represente componentes de brillo solamente.



Ganancia Preamp rojo = $1.0/0.30 = 3.30$

Ganancia Preamp verde = $1.0/0.59 = 1.7$

Ganancia Preamp azul = $1.0/0.11 = 9.09$

Figura I.10 Diagrama a bloques de la derivación de la señal de luminancia "Y"

Como se observa en la figura I.10 la luz de la imagen atraviesa la lente y se encamina hacia un conjunto de espejos con filtros selectivos que la dividen en imágenes que contienen las cantidades de luz correspondientes de azul,

rojo y verde; estos espejos son dicróicos, de modo que reflejan un cierto color, mientras que permiten el paso a través de él de las frecuencias restantes, obteniéndose así los colores primarios; la cámara contiene tres tubos monocromáticos que reciben la información de cada uno de estos colores; basado en la sensibilidad del ojo, la componente de brillo de una cámara RGB ha sido definida como:

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

donde: R es el color rojo
 G es el color verde
 B es el color azul

Esta ecuación considera el color blanco como unitario y en función de porcentaje se expresa de la siguiente manera:

$$Y = 30\%R + 59\%G + 11\%B = 100\% \text{ Blanco}$$

como la sensibilidad de los tubos no es la misma, la ganancia de los preamplificadores asociados son ajustados de manera que cuando el pico blanco está siendo explorado, cada preamplificador produce 1 volt pico a pico en su salida; cada una de éstas, es regulada según el valor correspondiente de

la componente para finalmente obtener la señal de luminancia "Y". Esta mezcla produce la más precisa reproducción monocromática de objetos en color.

I.3.3. Señales de crominancia y diferencia de color.

Para la reproducción de un modelo a color, se requiere de la señal de luminancia y crominancia, ésta última sin embargo no puede ser obtenida directamente de los valores obtenidos de R, G y B, sino sólo por medio de las señales de diferencia de color, (R-Y), (G-Y), (B-Y), que son las señales de color menos su componente de brillo (o luminancia).

La señal de crominancia contiene información de matiz y saturación, por lo tanto dos señales de diferencia de color son suficientes para describir la componente de crominancia. Para este propósito las señales (R-Y) y (B-Y) fueron seleccionadas.

La información de saturación y matiz son transmitidas como una portadora suprimida modulada en cuadratura por medio de estas señales de diferencia de color. Estas son generadas en

el codificador (o cámara) por la suma de "Y" a las señales de color originales. Ver diagrama a bloques de la figura I.11.

Nótese que la señal de "Y" completa es sustraída de las señales ROJO y AZUL, por lo tanto:

$$R - Y = 0.70R - 0.59G - 0.11B$$

$$B - Y = -0.30R - 0.59G + 0.89B$$

la señal (G-Y) no es derivada en la cámara porque ésta puede ser reconstruida en el receptor (decodificador) por una combinación adecuada de (R-Y) y (B-Y):

$$G - Y = -0.51(R - Y) - 0.19(B - Y).$$

Las señales de diferencia de color, sólo contienen información del contenido de color. Para una escena monocromática, (R = G = B) éstas son igual a cero.

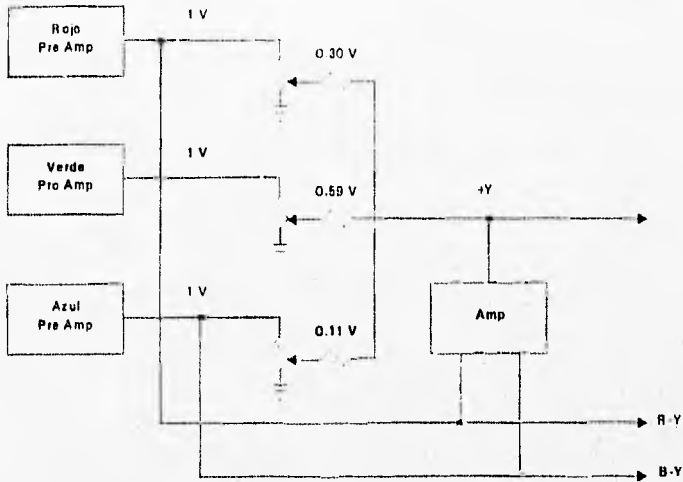


Figura I.11 Diagrama a bloques de la derivación de las señales de diferencia de color

I.3.4 Obtención de los colores y representación gráfica.

En base a la señal de luminancia representada por la ecuación:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

se derivan las señales de diferencia de color y se definen como:

$$R - Y = 0.70R - 0.59G - 0.11B$$

$$B - Y = -0.30R - 0.59G + 0.89B$$

Las señales listadas a continuación en la tabla I.1, resultan para un modelo consistiendo de ocho barras de color: los tres primarios, los complementarios asociados, el blanco y el negro. Los colores pueden ser representados vectorialmente. (R-Y) y (B-Y) corresponden a los ejes de un sistema cartesiano.

Modelo	R	G	B	R-Y	B-Y
Blanco	1	1	1	0	0
Amarillo (R+G)	1	1	0	+0.11	-0.89
Cyan (G+B)	0	1	1	-0.70	+0.30
Verde	0	1	0	-0.59	-0.59
Magenta (R+B)	1	0	1	+0.59	+0.59
Rojo	1	0	0	+0.70	-0.30
Azul	0	0	1	-0.11	+0.89
Negro	0	0	0	0	0

Tabla I.1 Componentes de los colores en función de (R-Y)
y (B-Y)

Las componentes de las señales de diferencia de color nos dan información del matiz y la saturación.

La fase instantánea de la señal de croma se define como matiz, la amplitud instantánea de la señal del croma se define como saturación.

La saturación del color se obtiene de la amplitud del vector "A" que se define como:

$$A^2 = (B - Y)^2 + (R - Y)^2$$

y el matiz se obtiene del ángulo θ del vector "A" que se define como:

$$\theta = \arctan (R - Y) / (B - Y)$$

La tabla I.2 muestra los colores en función de su amplitud y fase.

Color	Y	Croma	Fase
Blanco	1	0	0°
Amarillo	0.89	0.89	173°
Cyan	0.70	0.76	-67°
Verde	0.59	0.83	-135°
Magenta	0.41	0.83	45°
Rojo	0.30	0.76	113°
Azul	0.11	0.89	-7°
Negro	0	0	0

Tabla I.2

Los valores de las tablas anteriores corresponden a un análisis que considera al blanco como unitario, para lo cual

la brillantez máxima será un volt, se asume además 100% de saturación.

Estos análisis pueden ser aplicados a colores de cualquier saturación. Para colores 50% saturados, la amplitud del vector del croma será 50% menos que para 100%, los vectores de luminancia son también reducidos proporcionalmente.

Para señales de cualquier valor de gris desde el negro al blanco, el valor vectorial es 0, con lo que se cubre el requisito presentado por la NTSC de que no haya información de color para estos tonos de grises.

A continuación se muestra un diagrama vectorial donde se representan los colores 100% saturados. Figura I.12

Nótese de este diagrama, que la amplitud de un primario es idéntica a su complementario pero de signo opuesto, que equivale a una diferencia de 180° .

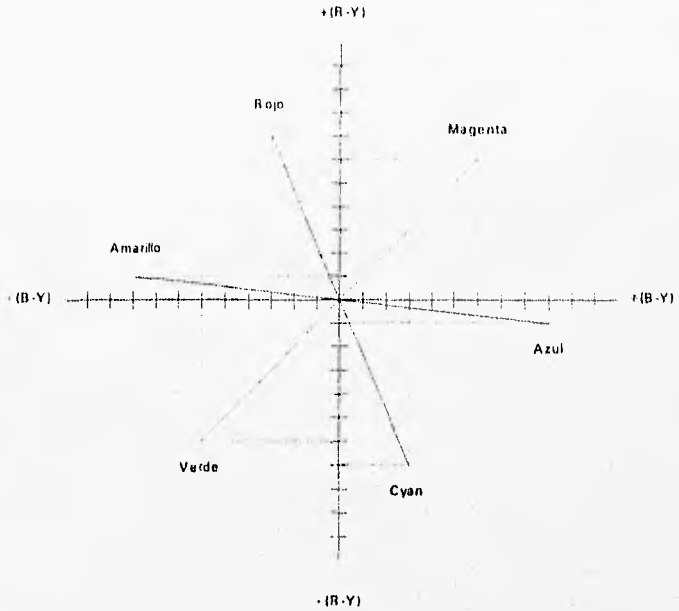


Figura I.12 Representación vectorial de los colores

I.3.5 Factores de corrección.

La fórmula de $(R-Y)$, $(B-Y)$ debe corregirse en su valor por un factor determinado. $(R-Y)$ se multiplica por 0.877 y la señal $(B-Y)$ por 0.493. La razón es puramente práctica. Si no se hiciera así, los vectores resultantes tendrían unas variaciones muy grandes de amplitud de unos colores a otros.

Esta modificación mantiene las amplitudes de la señal de crominancia con colores saturados en unos límites aceptables, disminuyendo así problemas en la modulación.

I.3.6 Señales de color "I" y "Q".

Estudios hechos por investigadores de la NTSC demostraron que la agudeza al color de la visión humana es máxima para ciertos colores y mínima para otros. Estos estudios mostraron también que en la región de amarillo-naranja, el ojo puede distinguir la diferencia de los colores cuando el detalle es bastante pequeño, mientras que en la región de verde-cyan los objetos pequeños son percibidos como sombras de gris.

En base a los resultados de estas pruebas se decidió desplazar las señales (R-Y) y (B-Y) un ángulo de 33 grados en sentido antihorario para colocar la señal (R-Y) en el eje de máxima agudeza y la señal (B-Y) en el eje de mínima agudeza.

El ancho de banda de la señal (R-Y) ya desplazada está limitada a 1.5MHz por un filtro pasa bajas y esta nueva señal de (R-Y) de banda limitada es referida como la señal "I" (INPHASE).

El ancho de banda de las señal (B-Y) ya desplazada está limitada a 0.5MHz por un filtro pasa bajas y esta nueva señal de (B-Y) de banda limitada es referida como la señal "Q" (QUADRATURE).

Los valores de "I" y "Q" por ser los mismos que (R-Y) y (B-Y) también están afectados por los factores de corrección.

Como ambas señales fueron desplazadas la misma cantidad, su relación original de 90 grados es mantenida, de modo que los análisis hechos a las señales (R-Y) y (B-Y) para obtener la información de saturación y matiz se siguen aplicando.

Los valores de "I" y "Q" con los factores de corrección y los factores de reducción aplicados son:

$$I = 0.62 \text{ Rojo} - 0.2 \text{ Verde} - 0.33 \text{ Azul}$$

$$Q = 0.21 \text{ Rojo} - 0.52 \text{ Verde} + 0.31 \text{ Azul}$$

El diagrama vectorial mostrado a continuación, muestra la localización de los colores primarios y complementarios con respecto a los ejes "I" y "Q" para señales corregidas 100% saturadas. Figura I.13

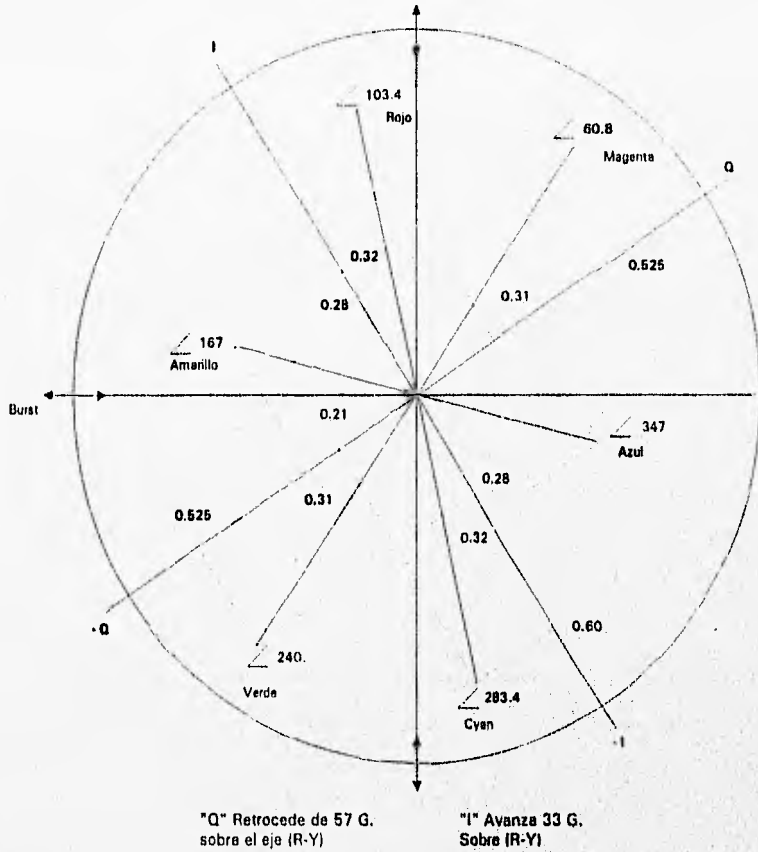


Figura I.13 Colores primarios y complementarios en términos de "I" y "Q"

I.3.7. Subportadora y sincronía del color o burst.

La subportadora de color es una señal continua de radiofrecuencia (RF) de exactamente 3.579545 MHz, usada para definir la fase y la amplitud de la información de color en la forma de onda del video.

La señal de sincronía de color, también conocida como señal ráfaga o burst, es una señal con una frecuencia igual a la de la subportadora de color, esto es 3.579545 Mhz, que ocurre una vez por línea con una duración específica y en un tiempo específico usada para asegurar que la información de color desplegada por el receptor es idéntica a la registrada por la cámara.

Esta señal de ráfaga (burst), consiste de una porción de 8 a 11 ciclos de la subportadora de color, es insertada en el pórstico posterior del borrado horizontal, transmitida durante el mismo y es deshabilitada sólo durante el periodo vertical. Tiene una amplitud de 0.302 volts pico a pico. Ver la figura I.14

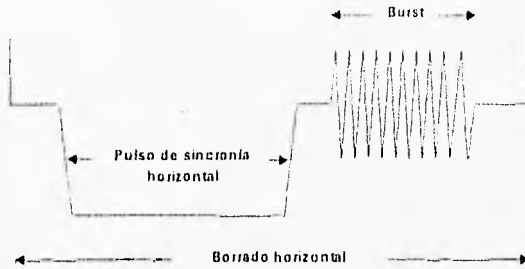


Figura I.14 Borrado horizontal conteniendo la señal burst

La función de la señal de ráfaga, es sincronizar el oscilador en el receptor de color que decodificará la información de croma recibida, para que ésta última corresponda con la información de croma de la cámara.

La fase del burst relativa a (B-Y) es 180 grados, su relación con respecto a (B-Y) , (R-Y) , "I" y "Q" y los colores primarios complementarios es mostrada en la figura I.15

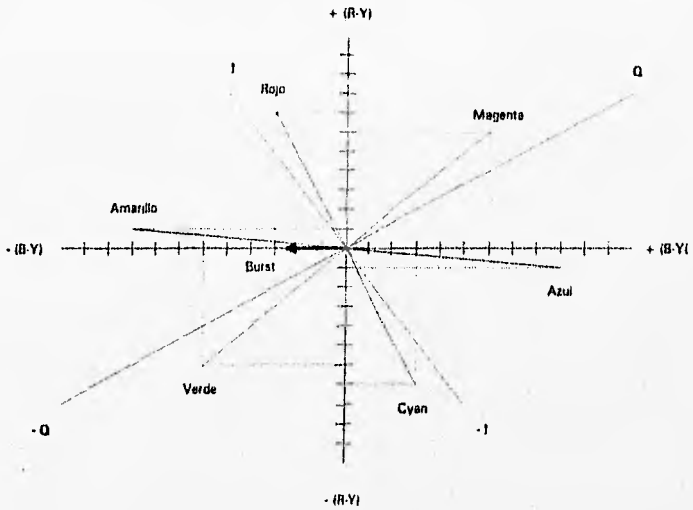


Figura I.15 Posición del burst en el diagrama vectorial

I.3.8. Obtención de la señal de video de color.

La cámara típica de color, consiste de tres tubos que generan salidas de gamas R, G y B corregidas. Las tres salidas son alimentadas al codificador que normalmente es externo a la cámara.

Las funciones del codificador son las siguientes:

1. Derivar la señal de luminancia o brillo "Y", por la combinación conveniente de R, G y B en la proporción:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

2. Derivar la señal de diferencia de color "I" por la combinación conveniente de R, G y B en la proporción:

$$I = 0.6R - 0.28G - 0.32B$$

y pasar esta señal a través de un filtro pasa bajas de 1.5MHz para la entrada del canal "I" de un modulador balanceado.

3. Derivar la señal de diferencia de color "Q" por la combinación conveniente de R, G y B en la proporción:

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

y pasar esta señal a través de un filtro pasa bajas de 0.5MHz para la entrada del canal "Q" de un modulador balanceado.

4. Usar las señales "I" y "Q" de banda limitada, para modular por medio de un modulador balanceado de subportadora suprimida, la fase de salida que representa el matiz, y la amplitud de la salida que representa la saturación. Esta es la señal de crominancia.
5. Combinar la señal de luminancia (Y) con la señal de crominancia.
6. Agregar sincronía horizontal, sincronía vertical y sincronía de color (burst), a la señal combinada de crominancia y luminancia; esta combinación comprende la salida de video de color compuesto de la cámara o codificador. La figura I.16 muestra el diagrama a bloques del codificador.

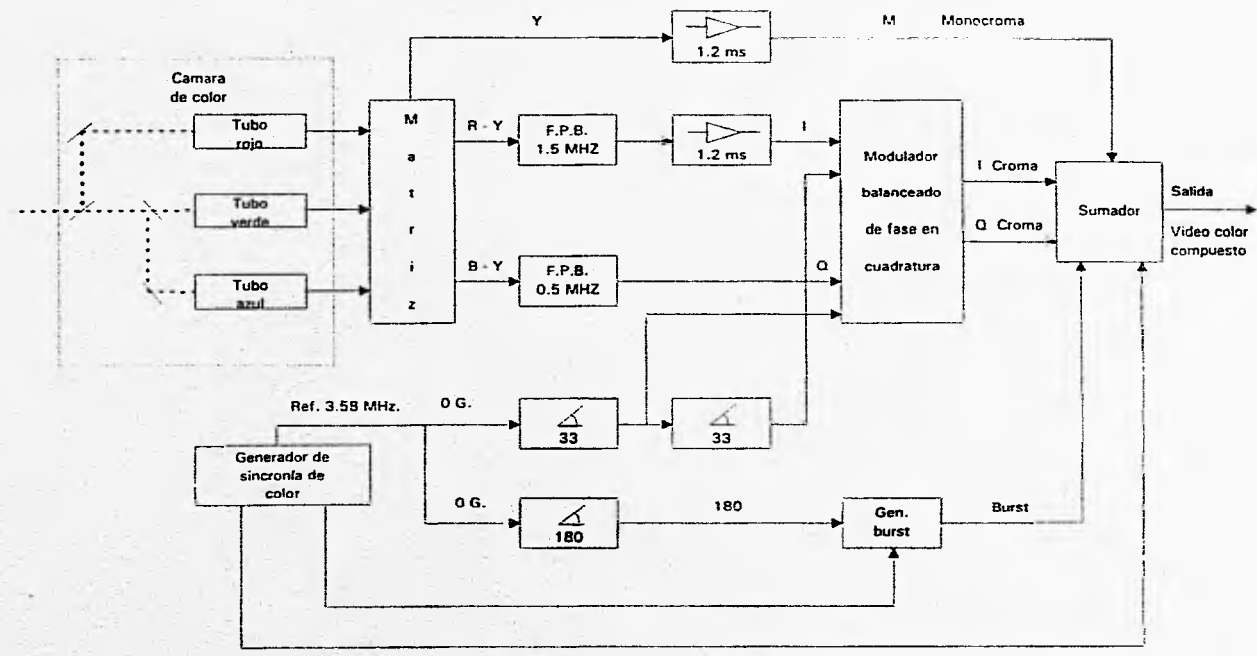


Figura 1.16 Diagrama a bloques de la derivación de la señal de video de color

1.3.9. Norma RS-170A.

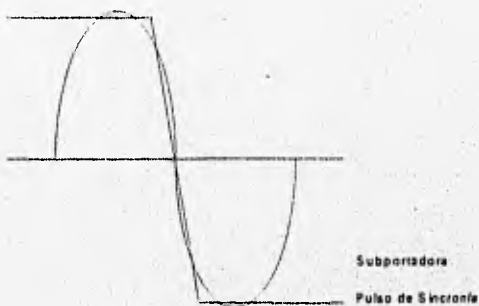
En 525 líneas por cuadro hay 119437.5 ciclos de subportadora. A causa de este medio ciclo extra de subportadora se requieren dos cuadros para una secuencia completa de cuatro campos de color, que es lo que se llama cuadro de color.

La referencia para determinar esta secuencia de campos, está dada por la relación subportadora-horizontal o SCH. Ver figura 1.17a.

La fase SCH se define: el cruce por cero de la subportadora extrapolada del burst de color se alinea en el punto del 50% del borde principal de la sincronía horizontal, esto es, la fase del burst coincidirá 19 ciclos antes con la fase de la subportadora en el cruce de ésta con el borde principal de la sincronía, para una identificación de la secuencia de los cuatro campos. La anterior relación define la norma RS-170A.

NORMA RS-170A

El cruce por cero de la subportadora de referencia hacia su nivel positivo, debe coincidir con el punto medio del borde principal del pulso de sincronía horizontal de la línea 10 del campo uno, con una tolerancia de $\pm 40^\circ$. Ver figura 1.17b.

**Figura I.17a Relación SCH.**

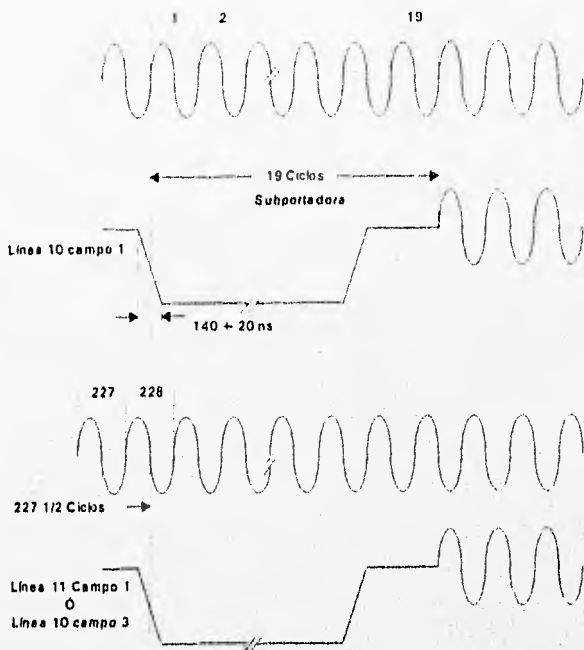


Figura I.17b Norma RS-170A

I.4 Los estándares básicos de televisión.

Se han desarrollado tres sistemas de televisión, independientemente de barrido de líneas o frecuencia de campo:

NTSC (Comité nacional para sistema de televisión) 1948.

PAL (Línea de fase alternada) 1961.

SECAM (Sequentiel a memoire) 1957.

Se han desarrollado dos estándares básicos para el intercambio internacional de programas de televisión, el estándar FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) y el estándar CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones).

Con base a éstos estándares los sistemas de televisión se definen según la siguiente tabla:

	Estandar FCC	Estándar CCIR
Líneas por imagen	525	625
Campos por segundo	60	50
Sistema de color	NTSC	PAL/SECAM
Ancho de banda de video	4.2MHZ	5,5.5, 6MHZ
Subportadora de color	3.58MHZ	4.43MHZ

Países con los distintos estándares

PAL: Argentina, Australia, Austria, Brasil, Bélgica, China, Dinamarca, Alemania, Hong Kong, España, Italia, Sudáfrica, Suiza.

SECAM: Albania, Bulgaria, Egipto, Francia, Grecia, Hungría, URSS, Irán, Líbano, Marruecos, Polonia, Siria, Zaire.

NTSC: Canadá, Chile, Dominicana, Guatemala, Venezuela, Japón, EUA, Corea, México, Panamá, Filipinas, Puerto Rico, Taiwan, Haití.

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE TELEVISION DE ALTA DEFINICION DE 1125
LINEAS

II.1. Situación actual del sistema de televisión de alta definición de 1125 líneas.

La transmisión de televisión tiene una historia de más de 40 años. Durante estos años, la tecnología electrónica dio un gran paso, y como la demanda de información también creció a igual razón la televisión tuvo un gran desarrollo. La gente hoy día no está muy satisfecha con simple información. Quiere algo más, está buscando información diferente y de diferentes aspectos. Hoy, la gran capacidad de los dispositivos de memoria y la tecnología digital han sido puestas en uso práctico, lo que ha dado a los ingenieros la posibilidad para producir una extensa variedad de imágenes procesadas usando señales de televisión.

Esta claro que hay una gran necesidad por el desarrollo de tecnologías para alta calidad en televisión porque probablemente el nuevo concepto, eso que podría ser llamado "sociedad orientada por imagenes" será formulado en el futuro sobre las bases del desarrollo continuo de la tecnología de la televisión. Uno de los objetivos es un sistema de televisión de pantalla ancha y gran fidelidad, que será adecuado a las demandas de sociedades industriales de el futuro.

Como es sabido, la televisión de hoy depende de 3 diferentes sistemas usados en todo el mundo. Consecuentemente para intercambio internacional de video, los sistemas de conversión son requeridos.

Por esta razón, dado que igual que antes el intercambio internacional de video sigue siendo tan importante, ha habido un gran interés entre las naciones para que todos los esfuerzos que se hagan busquen una unificación global en los sistemas de televisión de próximas generaciones.

La situación actual fue pronosticada en días remotos por investigadores en televisión, cuando un gran interés había sido manifestado en el comienzo de investigaciones en alta definición y otras nuevas tecnologías.

En Japón, investigaciones básicas sobre alta definición comenzaron en 1964, el año de las olimpiadas en Tokio. La siguiente generación de sistemas de televisión que los investigadores se propusieron desarrollar fue un sistema global. Lo que los investigadores pretendieron fue asegurar que el nuevo sistema de televisión facilitara a los espectadores a disfrutar información y cultura en video en una pantalla de televisión ancha con imágenes de alta

definición iguales en calidad a las imágenes de cine de 35 mm. Si esto pudiera hacerse en propia casa habitación, uno sentiría como si estuviera realmente en el lugar donde el evento está ocurriendo.

Hasta ahora, el desarrollo de una serie de equipos y sistemas, incluyendo tubos de alta resolución, cámaras, videograbadoras, pantallas, grabadoras láser de cine, telecine láser, y receptores puestos a disposición de los consumidores ha sido completado.

En junio de 1989, se inicio en Japón, una hora diaria de transmisión experimental de alta definición, usando la transmisión directa del satélite japonés Bs-2, y extendiéndose desde 1991 a ocho horas de transmisión diaria usando un canal del satélite Bs-3b entonces lanzado y asignado exclusivamente para el sistema de televisión de alta definición.

El sistema de alta definición tiene la característica, no sólo de la calidad de la imagen tan alta como la del cine de 35mm, sino también el ancho en su relación de aspecto es comparable al de las películas de cine, la calidad del sonido es tan alta como la del disco compacto, excelente capacidad

en la reproducción del color, la conversión a y de otros medios es fácil y la distribución por varios medios de transmisión también es fácil. Estas características han hecho posible la aplicación del sistema de televisión de alta definición en varios campos, como se muestra en la figura II.1

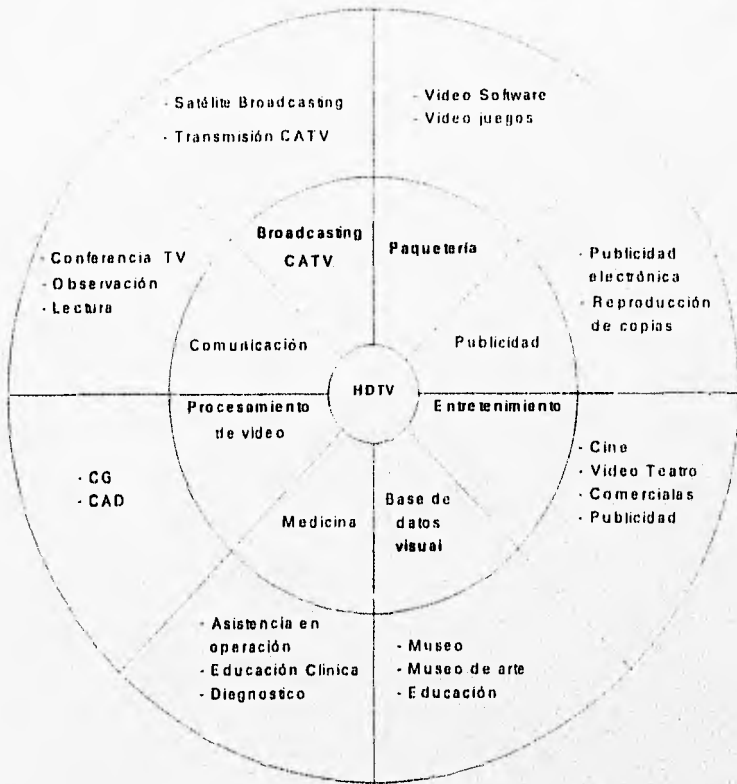


Figura II.1 Campo de Aplicación del sistema HDTV

Mirando desde un punto de vista tecnológico, el sistema es soportado por desarrollo sofisticado en microelectrónica, tecnología digital y tecnología óptica como se ilustra en la

figura II.2. Al mismo tiempo que ha habido progreso en estas tecnologías, el desarrollo de hardware para alta definición también ha progresado y está ampliamente disponible para varios usos. Actualmente en ambos campos el industrial y el de la transmisión, la televisión de alta definición está siendo puesta en uso práctico, dada su amplia variedad de aplicaciones.

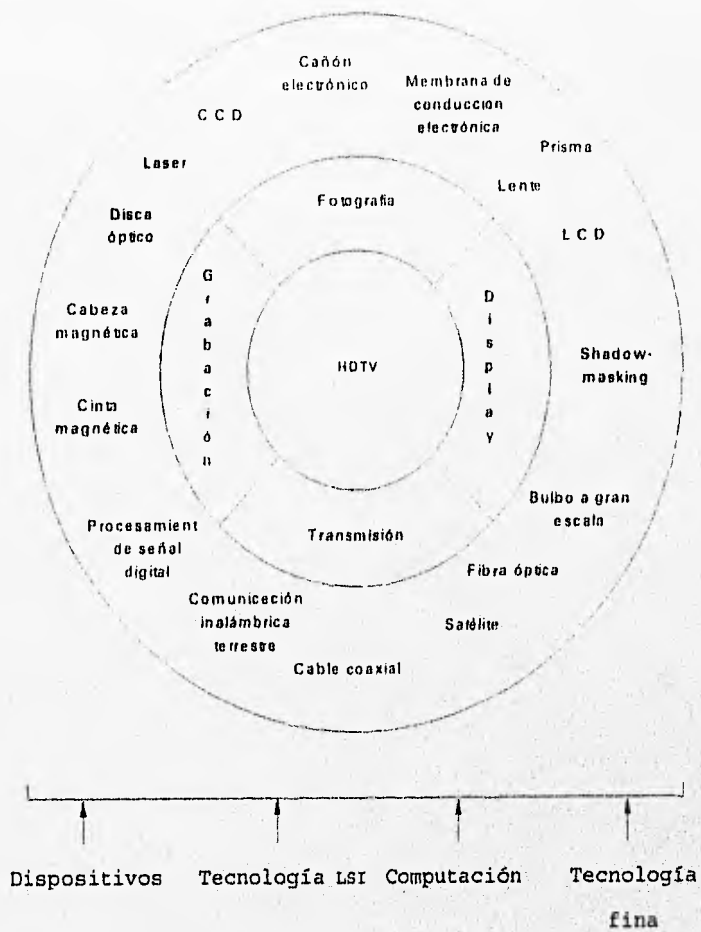


Figura II.2 Tecnología que soporta el sistema HDTV

II.2 Estandarización universal.

Lo más importante para la determinación del estándar de televisión que transmite imágenes en movimiento es la relación y balance entre la información de la imagen y las características visuales humanas, ambos en el dominio espacial y el dominio temporal.

El primer desarrollo de un sistema de televisión de alta definición inició en 1968 en los laboratorios de investigación técnica de la NHK (NIPPON HOSO KYOKAI) en Tokio. En el trabajo inicial transparencias de película fueron proyectadas para determinar los niveles de calidad de la imagen asociados con diferentes números de líneas, relaciones de aspecto, relaciones de entrelazado y dimensiones de la imagen.

Para establecer un estudio estándar de alta definición, la NHK realizó varias pruebas psico-físicas por más de veinte años. Basado en los resultados de las pruebas, los parámetros de la señal tales como el número de líneas (1125), relación de aspecto (16:9) y frecuencia de campo (60Hz) fueron seleccionadas. Los valores de estos parámetros fueron adoptados por BTA (Broadcasting Technology Association) de

Japón como estándar BTA-001, y por SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) en los Estados Unidos como estándar SMPTE 240. La tabla II.1 muestra los valores de estos parámetros.

Parámetros		Valor	
Total de líneas exploradas por cuadro		1125	
Líneas activas por cuadro		1036	
Formato explorado		Entrelazado 2:1	
Relación de aspecto		16:9	
Velocidad de repetición de campo		60.00 Hz	
Velocidad de repetición de línea		33760 Hz	
Ancho de banda nominal de la señal de video	Y, G	30 MHz	
	PB/B	15/30 MHz	
	PR/R	15/30 MHz	
Sincronización de la señal		Tri-nivel de sincronía	
Borrado horizontal		3.77 microseg.	
Borrado vertical		45 Líneas	
Muestreo digital	Muestras por línea activa	Y, G	1920
		PB/B	960/1920
		PR/R	960/1920
	Muestras por línea	Y, G	2200
		PB/B	1100/2200
		PR/R	1100/2200
	Frecuencia de muestreo	Y, G	74.25 MHz
		PB/B	37.125/74.25 MHz
		PR/R	37.125/74.25 MHz

Tabla II.1 Parámetros básicos del Sistema de alta definición, estándar SMPTE 240 M.

En Japón, un estándar técnico basado en estos parámetros fue legislado como un estándar nacional en marzo 1 de 1991.

El estándar internacional es uno de los principales propósitos en el desarrollo de televisión de alta definición para conseguir una unificación mundial de sistemas de televisión en la próxima generación. Con este motivo se han hecho muchos esfuerzos y contribuciones por países de todo el mundo. En 1972, Japón propuso al CCIR que el sistema de alta definición fuera tratado como un tema de estudio y, más tarde en 1974, en una asamblea (plenaria) se acordó unánimemente que un estándar común y unificado para alta definición debería ser designado como un programa de estudio.

En paralelo con los esfuerzos hechos en el CCIR, propuestas concernientes a estudios sobre estandarización de televisión de alta definición fueron hechas al EBU (European Broadcasting Union) y al SMPTE también.

En 1986 en Yugoslavia, hubo otra asamblea plenaria donde se realizó una examinación. Pero no hubo acuerdo para formar una recomendación para hacer el sistema de 1125/60 un estándar global unificado, por la oposición levantada por los países

Europeos, quienes han propuesto un sistema de 1250 líneas y 50 campos como un estudio estándar para alta definición.

Sin embargo, el parámetro del sistema 1125/60 fue descrito en el apéndice para el reporte oficial de esta asamblea (reporte 801-02) como una sola propuesta para el estudio estándar de alta definición.

En 1989 y 1990, se logró un acuerdo general en 23 artículos incluyendo relación de aspecto, colorimetría y forma de la señal de sincronización. Basado en este acuerdo, una recomendación sobre el estudio estándar de alta definición fue adoptado en una asamblea plenaria celebrada en Dusseldorf en mayo de 1990. Sin embargo, esta recomendación no incluye los valores del número de líneas de exploración ni frecuencia de campo haciéndolo imposible para integrar el estándar internacional por este punto vital. Fue decidido entonces que este estudio deberá continuarse.

El sistema de alta definición de 1125 líneas disfruta de un lugar notable entre los sistemas avanzados de televisión. Este ha estado bajo desarrollo por más de 20 años. Durante este tiempo una variedad completa de equipo para la creación de programas, distribución, transmisión y pantallas, ha sido

diseñado y ofrecido comercialmente. Una versión de transmisión de satélite, experimentalmente difundida en Japón comenzó a transmitir diariamente desde 1988, y ya en 1990 inició como un servicio público a gran escala.

Versión y fecha	Líneas por cuadro	Frecuencia de campo	Ancho de banda Luminancia	Ancho de banda Crominancia		Relación de aspecto
				Ancho	Angosta	
Estandar provisional NHK - 1980	1125	60 Hz	20 MHz	7 MHz	5.5 MHz	5:3
Línea secuencial MUSE - 1986	1125	60 Hz	20 MHz	6.5 MHz	5.5 MHz	5:3
Estandar de estudio SMPTE - 1987	1125	60 Hz	30 MHz	30 MHz	30 MHz	16:9

Tabla II.2 Versiones de estándares de 1125 líneas

El estándar provisional para el sistema NHK, publicado en 1980, es mostrado en la tabla II.2 junto con las versiones posteriores para transmisión de satélite y operaciones de estudio. El estándar NHK de televisión de alta definición de 1125 líneas y 60 Hz es incompatible con el servicio convencional (NTSC) usado en Japón, así que su adopción ha levantado cuestionamientos ya que el asunto de la compatibilidad es básico.

No se da explicación en la literatura, pero la justificación puede ser encontrada en la situación encarada por NHK previa a 1980. En ese tiempo hubo un gran apoyo para un único estándar mundial para el servicio de alta definición. Si esto se lograra, las frecuencias de campo de 59.94 y 50 Hz de los sistemas NTSC y PAL/SECAM complicarían uno (o todos) de éstos sistemas de participación en tal estándar. La frecuencia de 50Hz. fue reconocida como un límite severo sobre la brillantez de la pantalla, y la frecuencia de campo de 59.94 Hz plantea más dificultad en la transformación a 60Hz. Así, una frecuencia de campo de 60Hz fue propuesta para el estándar mundial.

Una versión del sistema de 1125 líneas también ha sido propuesto como un estándar internacional para el intercambio de programas. Mientras que actualmente hay desacuerdo sobre la forma que este estándar internacional tomará, hay gran aceptación en cuanto a que la estandarización es esencial para el libre intercambio de material de programas entre los diferentes sistemas de radiodifusión públicos propuestos y operando. Si diferentes estándares de estudio son adoptados, para conformar las diferencias en las frecuencias de línea y campo de los sistemas convencionales, sería necesario la

transformación entre los estándares de estudio previos a la transmisión. Mantener la calidad de la transmisión durante tal transformación es difícil y, muchos creen no sea posible en el presente.

Así es que fuertes intereses han sido despertados por el potencial del sistema de 1125 líneas para una estandarización en la producción de estudio.

II.3 Condiciones de la percepción visual.

Es necesario antes de la discusión sobre los parámetros para el estudio estándar, definir las condiciones de visión más adecuadas para la televisión de alta definición.

II.3.1 El recurso natural de la visión.

La televisión de alta definición ha mejorado con respecto a las técnicas de la televisión de los inicios, ya que utiliza por completo el recurso natural de la visión. Este capítulo es concerniente con aquellos aspectos de la visión que son básicos para el diseño del servicio de televisión. Particular atención es dedicada a las técnicas requeridas para el servicio de televisión de alta definición, comparadas con los métodos que son usados en los servicios convencionales NTSC, PAL y SECAM.

El objetivo primario en alta definición ha sido ampliar el campo visual ocupado por la imagen de televisión. Esto ha demandado imágenes más grandes y más anchas que se pretende sean observadas muy de cerca para satisfacer al espectador,

la imagen de alta definición debe poseer proporcionalmente más fino detalle y agudeza del contorno.

Un objetivo central del servicio de televisión, es ofrecer al espectador una sensación de presencia en la escena y participación en los eventos proyectados. Para conseguir este objetivo, la imagen televisada debe llevar tanto del contenido espacial y temporal de la escena como técnicamente sea posible. Una limitación importante del servicio convencional, ahora claramente reconocido, es que sus imágenes ocupan una pequeña porción del campo visual de observación. La experiencia en la industria del cine ha mostrado que imágenes más anchas y grandes vistas muy de cerca contribuyen grandemente a la sensación de presencia y participación del espectador.

El corriente desarrollo del servicio de alta definición está dirigido hacia los mismos fines. Desde el punto de vista visual, el principal objetivo del sistema, no es producir imágenes con detalles finos; el objetivo primario es proveer una imagen que ocupe una gran parte del campo visual; "alta definición" es secundario, ésta no necesita ser más alta que lo necesario para satisfacer al espectador.

II.3.2. Visión foveal y periférica.

Hay dos áreas de la retina del ojo a ser estimuladas por la televisión: la fovea y el área alrededor de la misma. El detalle fino y bordes de la imagen son percibidos por una pequeña depresión situada al centro de la retina, conocida con el nombre de fovea central. La visión foveal se extiende sobre poco más o menos un grado del campo visual, mientras que el campo total a la periferia de la visión se extiende alrededor de 160° horizontalmente y 80° verticalmente. El movimiento de los ojos y cabeza, son necesarios para asegurar que la fovea esta posicionada sobre esa parte de la imagen retinal, donde la estructura detallada de la escena esta siendo discernida.

La porción del campo visual fuera de la región foveal, provee la información visual remanente. Así, una gran parte de la realidad visual es transmitida por esta región extrafoveal. La percepción de la visión extrafoveal, había recibido sólo una atención secundaria en el desarrollo de la ingeniería de la televisión. La primera atención había sido satisfacer las necesidades de la región foveal. La atención a las propiedades de la visión periférica, ha llevado a una serie de restricciones. La visión periférica tiene gran

sensibilidad aun a modestos cambios en la claridad y posición. Así, las partes brillantes de una imagen amplia, vistas muy de cerca son mucho más propensas a parpadeo en sus bordes laterales comparado con la imagen estrecha de los sistemas convencionales. Uno de los resultados de este efecto, es que la velocidad de repetición de la imagen de 50Hz de los servicios de PAL y SECAM es inadecuada para las versiones de alta definición de estos sistemas. La frecuencia adoptada para sus pantallas es 100Hz.

II.3.3. Factor temporal y espacial en visión.

La respuesta del ojo sobre el tiempo es esencialmente continua, esto es, los conos de la retina llevan los impulsos nerviosos a la corteza visual del cerebro con una frecuencia aproximada de 1000 veces por segundo. Si la televisión fuera requerida para seguir este modelo, un canal de varios kilohertz de ancho sería requerido en alta definición por cada millón de elementos de imagen, equivalentes a una banda base de video excediendo un gigahertz.

Afortunadamente la televisión puede tomar ventaja de una propiedad temporal del ojo, persistencia de visión, la

retención de una imagen después de que la luz es removida. Las propiedades especiales de este fenómeno, deben ser cuidadosamente observadas para asegurar que el movimiento en la escena, es dirigido con suavidad y exactitud, y que la iluminación de la escena está libre de efectos de parpadeo en todas las partes de la imagen. Un problema encontrado en el diseño de alta definición, consiste en poder reducir la velocidad en la cual algunos de los aspectos espaciales de la imagen son reproducidos, esto es, conservar el ancho de banda, mientras se mantiene la integridad temporal, particularmente la posición y forma de objetos en movimiento. Para resolver tal problema, ha quedado establecido como método estándar ver la señal de televisión y su proceso simultáneamente en tres dimensiones: ancho, alto y tiempo.

II.3.4. Angulo de visión.

Supón que estas situado dentro de un tren y miras a través de la ventana a otro tren sobre una pista adyacente. Cuando el otro tren comienza a moverse tu sientes (realmente sólo sobre tus ojos) como si tu propio tren hubiera comenzado a moverse. Esto es así porque la información basada en coordenadas objetivas (líneas de construcción y su movimiento, etc.),

obtenidas por medio de la sensación visual, influyen la condición de los ejes coordenados subjetivos del observador, y como un resultado el observador puede sentir como si el espacio alrededor de él, cambiara dentro de una condición diferente de aquella de el espacio real. Además, este efecto es sentido con mayor fuerza, cuando la atención del observador es fuertemente atraída por el objeto que él está observando. Esto entonces ofrece un medio para medir el grado de sensación de realidad despertado por la imagen.

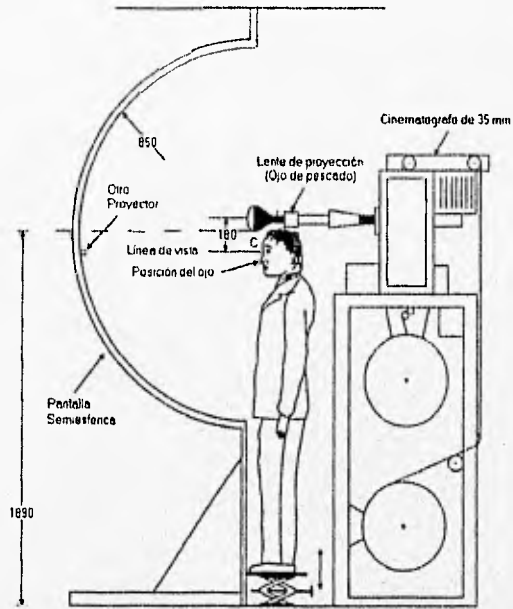
La televisión de alta definición ha aumentado la percepción de realidad del espectador y el impacto visual de las imágenes de televisión.

Una pantalla de amplio campo visual es factible y es capaz de inducir fuertes efectos psicológicos.

El concepto a ser evaluado es la "sensación de realidad" percibida por el observador, sobre las bases de la total impresión de los efectos psicológicos, tales como: fusión de espacios, sensación de expansión, naturalidad, sensación de profundidad, fuerte impresión.

Estos efectos psicológicos, pueden ser analizados cuantitativamente, por la medición del ángulo de inclinación inducido subjetivamente.

La figura II.3, muestra el instrumento de medición usado para este propósito. Este aparato utiliza una pantalla cóncava, gota de vidrio hemisférica, a fin de proyectar una imagen que cubra el campo visual total del observador. En este aparato se proyecta una imagen estática inclinada sobre la pantalla hemisférica, de manera que el ángulo de rotación de los ejes coordenados expuestos al observador, pueden ser medidos cambiando el ángulo de visión.



Los números indican dimensiones en milímetros.

Figura II.3 Dispositivo creando un experimento visual. C es el centro de la curvatura de la pantalla hemisférica.

A continuación se discuten los cambios que ocurren cuando el ángulo de observación horizontal θ_v , bajo el cual la imagen desplegada es observada, es cambiado. Graficando el ángulo de

visión a lo largo del eje de las abscisas y el ángulo inducido sobre el eje de ordenadas (ver figura II.4), se demuestran los efectos de la variación del ángulo de visión debidos a diferencias en el contenido de la imagen. En la figura, las líneas continuas representan el resultado experimental inducido por imágenes de paisajes ordinarios desplegados, y las líneas punteadas muestran el resultado de desplegar un modelo (áspero) reja vertical paralela. La fórmula de aproximación $A = k \log(r^2/a + 1)$, fue usada para obtener el resultado mostrado con línea punteada (gruesa). En esta fórmula, A representa el ángulo inducido, r es el radio del ángulo de visión, y k y a son constantes.

Resumiendo los resultados, lo siguiente puede ser observado:

- (1) Los efectos sobre el observador se incrementan en proporción al crecimiento del ángulo de visión; cuando el ángulo de visión excede ciertos valores, un estado de saturación es alcanzado y no ocurren más cambios;
- (2) El grado del efecto inducido depende del contenido de la imagen; una composición de imagen conteniendo pronunciados elementos de perspectiva, ejerce una fuerte influencia sobre los ejes coordinados (subjetivos) percibidos;
- (3) Los efectos psicológicos inducidos por la pantalla de amplio campo visual, son apenas discernibles cuando el ángulo de visión

del observador se pone en 20 grados y claramente en 30 grados.

En consecuencia, el sistema de alta definición permitirá al auditorio obtener un ángulo de observación de aproximadamente 30 grados. Los ángulos de visión horizontal para NTSC y PAL/SECAM son 11 y 13 grados respectivamente.

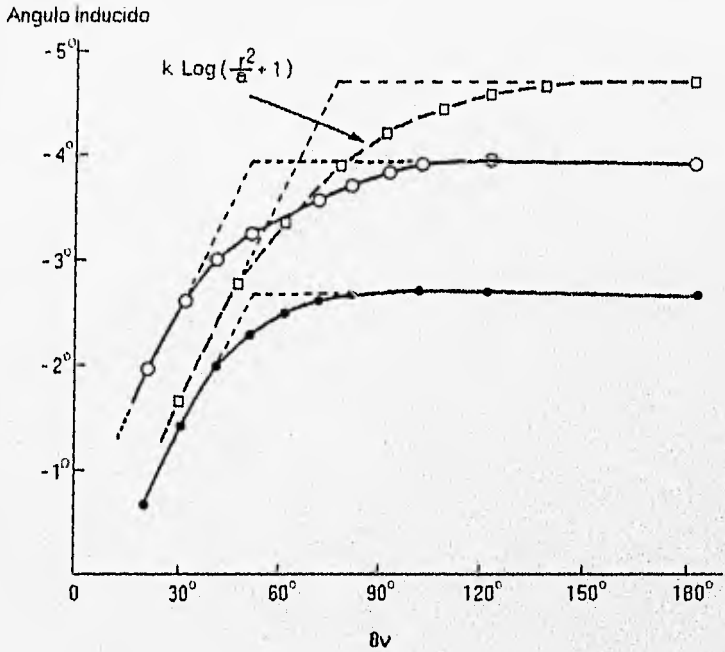


Figura II.4 Ejes coordenados subjetivos

II.3.5. Distancia de visión.

Como la habilidad del ojo para resolver detalle es limitada, lo más detallado de la imagen de alta definición debe ser observado más de cerca que lo usual en el sistema convencional, a fin de obtener los beneficios de la imagen de alta definición.

Los efectos de una pantalla grande también dependen del contenido de la imagen. En el caso de una imagen que se mueve rápidamente, el observador sentirá confusión si la distancia de visión es demasiado corta.

La total resolución visual del detalle en la televisión convencional, es disponible cuando ésta es observada a una distancia aproximada de seis veces la altura de la pantalla. La imagen de alta definición, debe ser observada desde una distancia aproximada de tres veces la altura de la pantalla para conseguir el detalle completamente. Si se observa en seis veces la altura de la pantalla como en el caso convencional, el costo extra del receptor de alta definición estaría desperdiciado por lo que al detalle concierne.

El límite útil para la distancia de observación, es aquel en el cual el ojo sólo puede percibir los más finos detalles en la imagen. La observación muy aproximada no es adecuada si el propósito es resolver el detalle, mientras que más distancia de observación previene al ojo de percibir todos los detalles contenidos en la imagen. El valor adecuado de la distancia de observación expresado en altura de la pantalla, es la relación óptima de observación, comúnmente referida como la distancia de observación óptima. Esta define la distancia en la cual el espectador con visión normal prefiere la imagen, cuando la claridad pictorial es el criterio.

La relación óptima de observación no es un valor definido, ya que varía según el material expuesto, la condición de observación y la agudeza de la visión del observador. Sin embargo su valor nominal sirve como una base para comparar el funcionamiento de los servicios convencional y el de alta definición.

El cálculo de la relación óptima de visión depende del grado del detalle ofrecido en la dimensión vertical de la imagen, sin referencia a su contenido pictorial. El detalle discernible está limitado por el número de líneas de

exploración presentadas al ojo y por la habilidad de esas líneas para presentar los detalles separadamente.

La figura II.5 ilustra la geometría del campo ocupado por la imagen de televisión. La relación del ancho W de la imagen a su altura H , es la relación de aspecto. La distancia de observación D determina el ángulo h definido por la altura de la imagen. Este ángulo ($h = 2 \tan^{-1} H/2D$) es usualmente medido por la relación de la distancia de observación a la altura de la imagen D/H . El resultado más pequeño de esta relación, establece la condición en la que el campo de vista es cubierto completamente por la imagen.

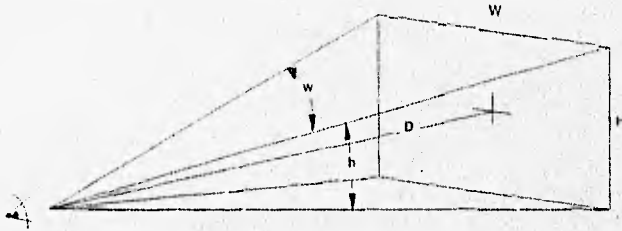


Figura II.5 Geometría del campo de visión ocupado por la imagen de televisión

La tabla II.3 compara las relaciones de visión óptima y características de imagen asociadas, de sistemas de televisión existentes y de alta definición propuestos.

Sistema	Total de Líneas		Distancia			Resolución horizontal por imagen	Elementos campo	Vista de campo vertical	Vista de campo horizontal
	líneas activas	vertical	Resolución óptima de visión	Relación de aspect	Resolución				
HDTV-p USA	1050	960	675	2.5	16/9	600	720,000	23°	41°
HDTV-p Europe	1250	1000	700	2.4	16/9	700	870,000	23°	41°
HDTV-i NHK	1125	1080	540	3.3	16/9	600	575,000	17°	30°
NTSC-i	525	484	242	7.0	4/3	330	106,000	8°	11°
NTSC-p	525	484	340	5.0	4/3	330	149,000	12°	16°
PAL-i	625	575	290	6.0	4/3	425	165,000	10°	13°
PAL-p	625	575	400	4.3	4/3	425	233,000	13°	18°
SECAM-i	625	575	290	6.0	4/3	465	180,000	10°	13°
SECAM-p	625	575	400	4.3	4/3	465	248,000	13°	18°

p = Muestreo Progresivo; i = Muestreo entrelazado; PH = Alta imagen

Tabla II.3 Características espaciales del sistema de televisión

Las bases de los valores presentados para la relación óptima de visión fue un estudio extensivo de fujio y asociados en la NHK (Japan Broadcasting Corporation). Ellos concluyeron que la distancia preferida para la observación de la imagen de 1125 líneas de su sistema tiene un valor medio de 3.3 veces

la altura de la imagen, equivalente a un ángulo vertical de observación de 17° . Este cubre aproximadamente el 20% del total del campo visual vertical. Los otros valores dados en la tabla II.3, están basados en la figura II.5, ajustada de acuerdo a el valor de resolución vertical expuesto para cada sistema. Otra razón para establecer la mínima distancia de visión, es el deseo de prevenir la fatiga en los ojos, que ocurre cuando el espectador mira televisión de cerca por periodos prolongados. Dado que la fatiga del ojo resulta sobre todo de que los musculos del ojo son forzados durante el proceso de acomodación, la distancia de visión debe ser un mínimo de dos metros para evitar forzar el mecanismo de acomodación visual.

Por lo tanto, la distancia normal de visión de alta definición, es, sobre dos metros en valor absoluto y tres veces la altura de la imagen en valor relativo.

II.3.6. Luminancia y contraste.

El rango de brillo (contraste) que puede ser ajustado por la pantalla de televisión está severamente muy limitado comparado al de la visión natural, y esta limitación no ha

sido evitada en los equipos de alta definición. Además, el brillo de la pantalla de las imágenes de alta definición está limitado básicamente por la necesidad de extender la luz disponible sobre una gran área.

Dentro de los límites superior e inferior del brillo de la pantalla, la calidad de la imagen depende de la relación entre los cambios de brillo en la escena y los correspondientes cambios en la imagen.

Es una regla aceptada en la reproducción de imágenes que el brillo debe ser directamente proporcional, esto es, la curva relativa al brillo de entrada y salida debe ser una línea recta. Este es el criterio para el servicio de alta definición.

Como las curvas de entrada contra salida de las cámaras y pantallas en muchos casos, no son líneas rectas, un ajuste intermedio (corrección gama) es necesario. Corrección gama en alta definición requiere particular atención para evitar ruido excesivo y otros defectos que son más evidentes en una inspección cercana a la pantalla.

Aún cuando el mínimo contraste requerido es 30:1 (relación de blanco a negro), es conveniente que éste sea más que 70:1 y hasta donde sea posible. De las investigaciones de condición de visión de televisión a color en casa, se dice que la luz del ambiente debe de ser aproximadamente de 54 Lux (Lx) y la luminancia en pantalla debe de ser aproximadamente de 3 cd/m² que corresponde con el nivel mínimo de luminosidad.

Por lo tanto es conveniente que el punto máximo de luminancia en la pantalla sea de 90 a 200 cd/m²; para NTSC el valor es de 600 a 800 cd/m².

II.3.7. Tamaño de la pantalla.

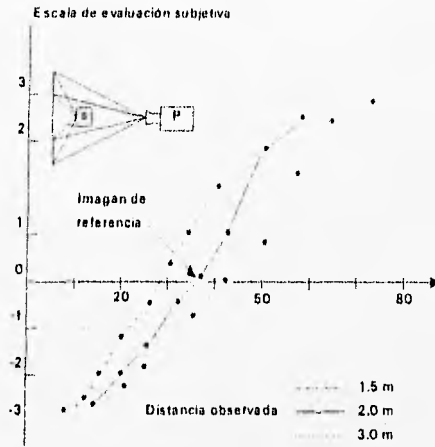
Si la distancia de visión es fijada en 3 veces la altura de la imagen (3H), la sensación de realidad y el impacto visual de la imagen cuando se mira de cerca en una pantalla pequeña puede ser diferente de si se mira en una pantalla grande.

Para que la pantalla de alta definición sea totalmente efectiva, ésta debe ser más ancha y más grande que la propia del servicio convencional.

La figura II.6 muestra como la percepción de realidad del espectador cambia a medida que el ángulo de visión es modificado en función a la distancia de visión. Como se ve en la figura II.6 cuando el ángulo de visión es constante, la sensación de realidad crece en proporción al tamaño de la pantalla.

Los resultados experimentales, coinciden con la experiencia en cuanto a que la sensación de realidad y el impacto visual crecen en proporción al incremento de la pantalla (de cine).

En otras palabras se puede decir que una pantalla grande es más agradable para los espectadores de televisión.



**Figura II.6 Medición de la sensación de efecto real
cambiando el ángulo de visión**

La figura II.7 muestra los resultados de las pruebas de evaluación de la calidad de la imagen destinadas a cambiar el área de la pantalla (5:3 relación de aspecto) con la distancia de visión fijada en 2.5 metros. Como se ve claramente en esta figura es conveniente que el área de la pantalla sea más que 8000 cm² para que la imagen sea buena para alta definición.

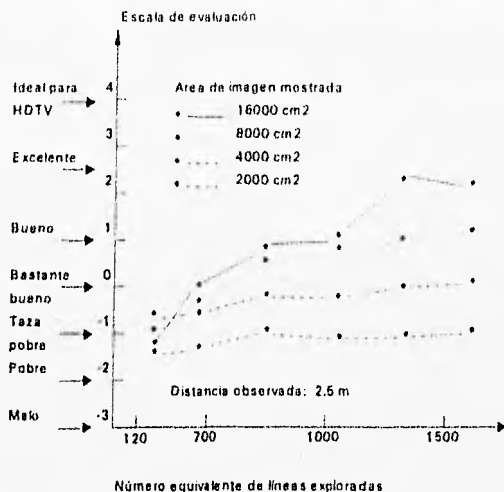


Figura II.7 Calidad de imagen en función del número de líneas exploradas y tamaño de imagen

Mientras que la cuestión del tamaño de la pantalla está recibiendo atención, permanece la diferencia en la forma de la pantalla para convencional contra imagen en alta definición. La figura II.8 muestra pérdidas alternativas del área de la imagen. Si una pantalla convencional 4:3 recibe una transmisión de alta definición 16:9 con la altura de la pantalla llena (figura II.8.a), la porción derecha e izquierda a lo ancho de la imagen (25% del área de la imagen)

son ocultas. Si el ancho de una pantalla 4:3 es ocupada por la imagen 16:9, la parte alta y baja de la pantalla (25% del área de la imagen) son blancas o están vacías (figura II.8.b). Contrariamente si un receptor de alta definición despliega una imagen convencional 4:3 ocupando la altura total de la pantalla (figura II.8.c) los bordes izquierdo y derecho (25% del área total de la imagen) son blancos o están vacíos.

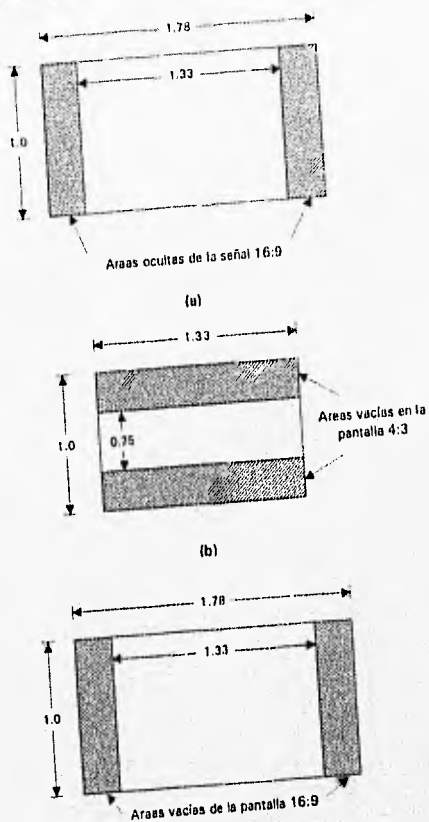


Figura II.8 a, b y c respectivamente. Áreas sin uso

En pantallas de protección, estos cambios en la forma de la imagen podrían no ser obvios si el tamaño de la pantalla es

adecuado para la dimensión de cualquier imagen siendo desplegada. Pero en las pantallas de rayos catódicos de receptores convencionales, las áreas blancas o vacías son claramente delineadas por los bordes fijos del cuadro desplegado.

II.4 Parámetros básicos de la Televisión de alta definición.

Basado en las condiciones de visión descritas anteriormente y resultado de la evaluación de las pruebas expuestas, los principales parámetros de alta definición fueron determinados como sigue.

II.4.1 Número de líneas de exploración.

Cuando se mira televisión de alta definición desde la distancia óptima de visión $3H$, el número de líneas de exploración que corresponden al límite de discriminación de una persona con agudeza visual de 1.0, es aproximadamente 1,100.

Adicionalmente, se deberá satisfacer la condición de que la relación del número de líneas de exploración de alta definición y las del estándar de televisión actual 525 y 625, sea simple relación integral para hacer fácil la conversión de un sistema a otro.

El sistema de 1125 líneas está basado sobre 1125, porque ese número contiene en común con los sistemas de 525 y 625 líneas el factor 25. Esto es, $1125=25 \times 45$; $525=25 \times 21$; $625=25 \times 25$. Así, el cálculo integral de líneas es suficiente para la conversión entre los sistemas. Las frecuencias de línea $1125/525=45/21$ y $1125/625=8/10$ son también expresables en tamaños moderados enteros, así que los procesos de conteo de línea en transcodificación (conversión) de 1125 líneas son directos.

La opción de 1125 líneas fue también justificada por el estándar entonces existente. El punto medio entre 525 y 625 líneas es 575. El doble de este número correspondería a 1150 líneas para un sistema de alta definición de punto medio. Este número par de líneas no podría producir entrelazado de línea alternado, esencial en un sistema de exploración estándar. El número no más próximo, teniendo un factor común con 525 y 625 fue la selección de la NHK: 1125. El factor

común 25, hace la transformación de la frecuencia de línea entre los sistemas NHK, NTSC y PAL/SECAM comparativamente simple. Por consiguiente se puede decir que el número óptimo de líneas de exploración es 1,125.

II.4.2. Frecuencias de campo y cuadro.

Básico para la televisión y el cine es la representación de una rápida sucesión de imágenes inmóviles ligeramente diferentes (cuadros). Entre cuadros la luz es cortada brevemente. El sistema visual retiene la imagen durante el intervalo oscuro, de manera que bajo condiciones específicas la imagen parece estar presente continuamente. Entonces, cualquier diferencia en la posición de un objeto de un cuadro al siguiente es interpretado como movimiento de ese objeto.

Para que este proceso represente la realidad visual, se deben satisfacer dos condiciones. Primero, la velocidad de repetición de las imágenes debe ser bastante alta de manera que el movimiento sea representado suavemente, sin saltos repentinos de cuadro a cuadro.

Segundo, la velocidad debe ser bastante alta de manera que la persistencia de visión se extienda sobre el intervalo entre destellos. Aquí, una idiosincrasia de la visión natural aparece: la luz más brillante del destello requiere la más corta persistencia de visión. Esto es totalmente lo opuesto de lo que uno esperaría. El resultado es que imágenes brillantes requieren rápida repetición, de otro modo, el sistema visual queda enterado que la luz ha sido removida y la iluminación es percibida como inestable. Así surge un problema en televisión conocido como parpadeo (flicker).

En el inicio del desarrollo del cine se encontró que el movimiento podría ser presentado suavemente en alguna frecuencia de cuadros más rápida que 15 por segundo. Esto llevó al establecimiento de 16 cuadros por segundo como un estándar, una frecuencia todavía usada en equipo casero. La experiencia en la producción para salas de cine, mostró que movimientos muy rápidos, podrían no ser fielmente mostrados en 16 cuadros por segundo. Así, la frecuencia de cuadro fue cambiada a 24 cuadros por segundo, éste permanece como estándar en el mundo. La frecuencia adoptada por el servicio de televisión mono cromática europea fue 25Hz, en acuerdo con la planta de 50Hz. de esa región, y este estándar ha persistido en los sistemas PAL y SECAM.

La frecuencia de cuadro para el sistema NTSC fue inicialmente seleccionada en 30 por segundo, no para reducir el parpadeo, sino porque los 60Hz de la alimentación usada causarían de otro modo perturbaciones en la exploración y procesamiento de la señal.

Por razones prácticas, la frecuencia 30-60Hz no es más requerida. Cuando el servicio de color NTSC fue introducido, la frecuencia de cuadro de 30Hz del servicio mono cromático NTSC, fue cambiado por 0.1 por ciento a 29.97 Hz, para mantener la separación de la portadora visual-aural en 4.5 MHz precisamente. El equipo de exploración de telecine NTSC presenta imágenes de cine en el estándar 24Hz, pero transpuestas a la frecuencia de exploración de 29.97 Hz.

La frecuencia de 24 cuadros del cine no resuelve todos los problemas de la reproducción de rápida acción. Restringidas técnicas de producción, tales como limitados ángulos de cámara y restringidas velocidades de encuadramiento, deben ser observadas cuando movimientos rápidos son encontrados. Una propuesta reciente para cambiar el estándar del cine a 30 cuadros por segundo, para aliviar el problema del movimiento rápido y facilitar la conversión de la exploración de la

película (film) en los sistemas NTSC y alta definición compatible, ha encontrado fuerte oposición.

El hecho de que la frecuencia de campo y cuadro de PAL y SECAM (25 y 50 Hz) y de NTSC (29.97 y 59.94 Hz) sean diferentes ha afectado el diseño del servicio de alta definición en 2 caminos importantes. Uno es su relativa susceptibilidad al parpadeo. La mayor frecuencia de NTSC permite a sus imágenes sea aproximadamente seis veces más brillantes para un límite de parpadeo dado. También el amplio campo visual de imágenes de alta definición los hacen más propensos al parpadeo. Debido a esto, para el diseño de pantallas para alta definición en servicios PAL y SECAM las condiciones están siendo dadas para el uso de una frecuencia de campo de 100 Hz.

El segundo resultado de la diferencia de frecuencia de campo y cuadro, es su impacto sobre estandarización mundial del servicio de alta definición. Si la compatibilidad conviene al predominio económico y fuerza política afectando la selección del estándar de alta definición, entonces, la diferencia de los 50 Hz v.s. 59.94 Hz en el servicio convencional, será difícil evitarla en las frecuencias adoptadas por el sistema de alta definición.

En el aspecto técnico se puede concluir lo siguiente: la sensación de parpadeo depende principalmente del brillo y tamaño de la imagen. De acuerdo con esto el parpadeo puede ser detectado fácilmente en 50 Hz contra un brillo de imagen de 150-200 cd/m^2 , pero en 60 Hz es casi imperceptible.

Por otra parte, si la frecuencia de cuadro es mayor de 30 Hz, el movimiento de objetos puede ser apenas reproducible a la habilidad humana para seguir objetos móviles 30 grados/segundo.

Por lo tanto, un sistema con una frecuencia de cuadro de 30 Hz y una frecuencia de campo de 60 Hz del estándar existente del sistema de televisión, puede ser aplicado a la televisión de alta definición.

II.4.3. Relación de entrelazado.

No sólo simples interrupciones de la imagen bastan para la televisión. Para obtener dos destellos por cada cuadro, se dispuso desde los inicios del servicio público de televisión en 1936, emplear la técnica de la exploración entrelazada, la cual divide el modelo explorado en dos grupos (PAR y NON) de

líneas espaciadas que son desplegadas secuencialmente, un grupo encajando precisamente dentro del espacio del otro. Cada grupo de líneas es llamado campo y el grupo entrelazado de dos campos es un cuadro. La frecuencia de campo para PAL y SECAM es 50Hz, y para NTSC es 59.94 Hz.

La investigación de la frecuencia de campo y cuadro, fue hecha con énfasis en el sistema de exploración con entrelazado 2 a 1.

En comparación con la exploración progresiva, la exploración con entrelazado 2 a 1 difícilmente tiene algún efecto en el umbral de la perturbación causada por las líneas de exploración.

Consecuentemente, es apropiado adoptar como estándar el sistema de exploración con entrelazado 2 a 1, por la economía del ancho de banda, la posibilidad de una gran calidad de la imagen y la facilidad de la conversión de la televisión de alta definición al sistema existente.

II.4.4. Relación de aspecto.

Como la fovea es de forma circular, su resolución vertical y horizontal son casi la misma. Esto indica que la resolución horizontal de una pantalla debería ser igual a su resolución vertical. Tal igualdad es base visual del diseño del sistema de televisión, pero no es un requerimiento firme.

Un estudio publicado en 1940 por los laboratorios "Baldwind of bell telephone" mostró que la total claridad de la imagen de un objeto es mayor cuando las dimensiones vertical y horizontal de los elementos de imagen son las mismas (esto es, con igual resolución vertical y horizontal). Pero, como se muestra en la figura II.9, una variación considerable en la forma del elemento de imagen produce sólo una mínima degradación en la claridad de la imagen, a condición de que su área permanezca inalterable. Este descubrimiento llevó a la conclusión de que la claridad depende primariamente del producto de las resoluciones, esto es, depende del número total de los elementos de imagen contenidos en la misma.

La ventaja de la libertad para extender la dimensión horizontal de los elementos de imagen ha sido utilizada en cine de "pantalla ancha". Por ejemplo, el sistema cinemascope

utiliza una proyección óptica ANAMORPHIC para alargar la imagen en la dirección horizontal. Como la emulsión de la película (film) tiene igual resolución vertical y horizontal, el ensanchamiento reduce la resolución horizontal de la imagen. Un límite fue establecido cuando la imagen quedó en 2.35 veces tan ancho como su altura (relación de aspecto 2.35:1), las imágenes de cine más comunes tienen una relación de aspecto 1.85:1.

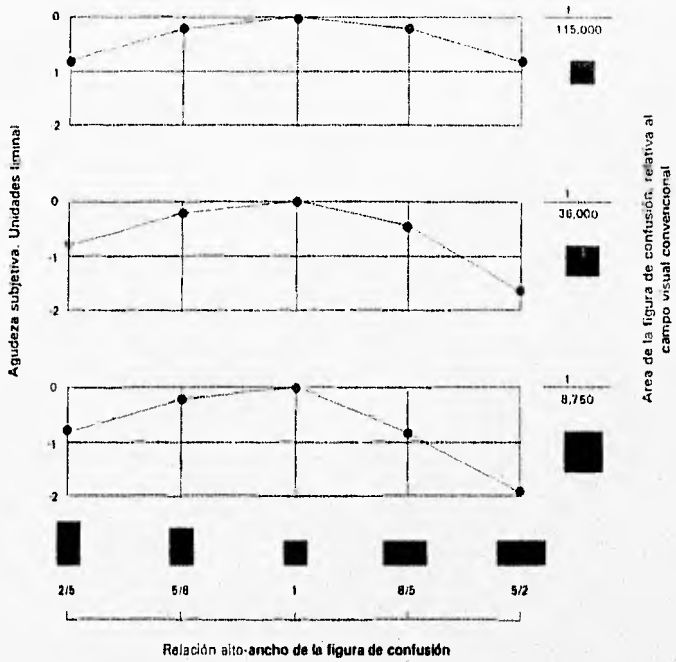


Figura II.9 Agudeza visual como función de los valores relativos de resolución horizontal y vertical. La unidad liminal es la mínima diferencia perceptible.

La figura II.10 muestra la evaluación de la preferencia de acuerdo al tamaño y relación de aspecto de la imagen usando gran variedad de películas. Una relación de aspecto 5:3 es generalmente preferida, sin tomar en cuenta el tamaño de la pantalla.

Cuando las películas de pantalla ancha son televisadas con la relación de aspecto convencional de 1.33:1 (4:3), el ancho total de la imagen de la película no puede ser mostrada, esto requiere que el área televisada sea movida lateralmente cuando se explora en el estudio para conservar el centro de interés dentro del área desplegada por el receptor.

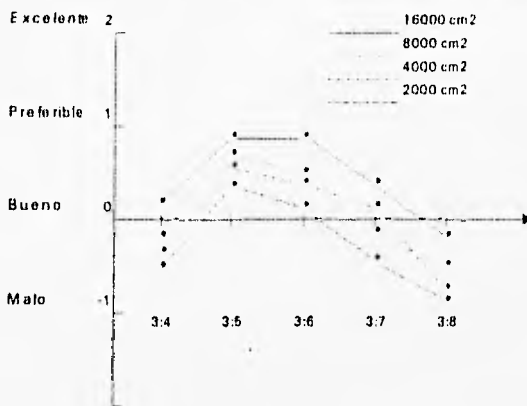


Figura II.10 Resultado de la evaluación subjetiva de preferencia por el tamaño de imagen y relación de aspecto

El ancho de la imagen seleccionado para el servicio de alta definición es 1.777 (16:9) veces la altura de la imagen. Este es un compromiso con la relación aún más amplia de la industria del cine, impuesta por la fuerza sobre el ancho del canal de alta definición. Otro factor además es que la banda base del video se incrementa en proporción directa al ancho de la imagen.

Una relación de aspecto mayor que 1.33:1 (4:3) fue uno de los primeros objetivos del diseño del sistema de alta definición.

El sistema NHK fue inicialmente diseñado para una relación de 1.666:1 (5:3), esta relación fue estudiada posteriormente por SMPTE de los Estados Unidos y se decidió adoptar una relación de 5.333:3 (16:9), atendiendo a la importancia de tener una base común con el formato de cine, y esta relación, ahora ha sido adoptada también por muchos otros sistemas propuestos, incluyendo el de NHK. La figura II.11 muestra los anchos relativos de la relación de aspecto de la televisión y el cine. La relación 16:9 de alta definición cubre casi toda la mayoría de las pantallas de imagen amplia, excepto del cinema-scope.

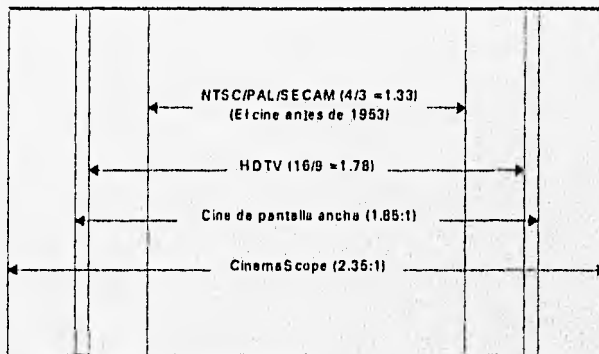


Figura II.11 Comparación de la relación de aspecto entre el cine y la televisión.

De algunas relaciones de aspecto podemos determinar el campo horizontal de observación del ángulo horizontal "w" en la figura II.5, en la relación de observación óptima para cada sistema. El sistema NHK, por ejemplo, con una distancia de visión óptima de 3.3 veces la altura de la imagen y una relación de aspecto 16:9 ofrece un ángulo horizontal de visión de 30°, aproximadamente el 20% del total del campo visual horizontal. Aunque éste es un porcentaje pequeño, cubre esa porción del campo dentro del cual la mayoría de la información visual es conducida. Relación de aspecto, resoluciones y campos de visión de alta definición y sistemas convencionales son listados en la tabla II.3

II.4.5. Ancho de banda nominal de la luminancia

La figura II.12 muestra el resultado de la evaluación de las pruebas de la relación entre el ancho de banda de las componentes R G B de la imagen y la calidad de la imagen usando el sistema experimental de televisión de 1,125 líneas de exploración.

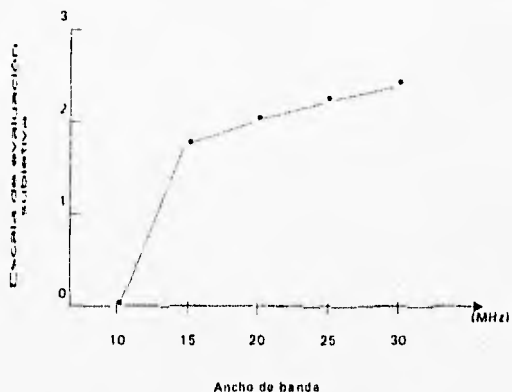


Figura II.12 Calidad de imagen en función del ancho de banda

Como se vé claramente en la figura, los valores de la evaluación comienzan a saturarse cerca de los 20 Mhz (alrededor de 600 líneas de televisión en resolución horizontal), y alcanzan la saturación en 30 Mhz. De acuerdo a este resultado, el ancho de banda nominal de video para el estándar de estudio de alta definición quedó determinado en 30 Mhz. Se puede decir, sin embargo, que un ancho de banda de video de 20 Mhz., es suficiente para que la transmisión sea observada en los receptores de uso casero.

II.4.6. Ancho de banda del video para señal de Crominancia

Es bien conocido que la agudeza visual para diferencia de cromicidad es menor que para diferencia de luminosidad. El sistema NTSC existente también utiliza esta característica y fijó el ancho de banda de las señales I y Q a un valor más estrecho que el de la señal de Luminancia.

La figura II.13 muestra el chromatic MTF (modulation transfer function) del sistema visual.

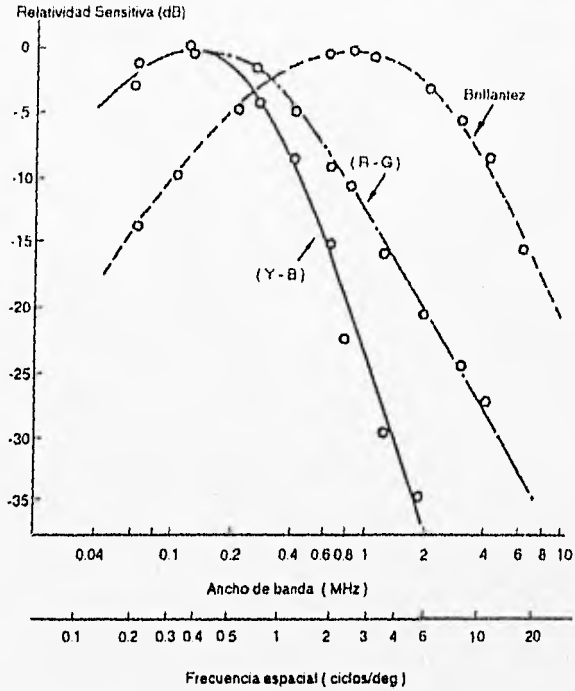


Figura II.13

En el estudio estándar de alta definición, se determinó que el ancho de banda del video para señal de Crominancia fuera la mitad del ancho de banda de la señal de Luminancia, 15 Mhz., adoptando la misma idea recomendada por el CCIR para televisión convencional llamada así "Sistema 4:2:2".

Por otra parte, de acuerdo al resultado de pruebas realizadas, el ancho de banda requerido para Crominancia es 7 Mhz., y 5 Mhz. para banda ancha y angosta, respectivamente, este ancho de banda puede ser aplicado a sistemas de transmisión de señal, sistemas de grabación de señal, etc.

II.5 COLORIMETRÍA

II.5.1 Luminancia y Crominancia.

Como se explicó en el capítulo anterior, la retina del ojo contiene tres grupos de conos que son separadamente sensibles a la luz roja, verde y azul. Los conos están uniformemente dispersos en el área de la retina sensitiva al color, así es que la luz cae sobre ellos produciendo una sensación de color que depende de la relativa cantidad de luz roja, verde y azul presente. También se mencionó que cuando la relación de rojo:verde:azul es aproximadamente 30:60:10, la sensación producida es la luz blanca. Otras relaciones producen todas las otras sensaciones de color.

Dado este proceso de visión del color, conviene entonces que la televisión de color sea provista por una cámara que produzca tres señales, respectivamente proporcionales a las

intensidades relativas de luz roja, verde y azul en cada porción de la escena. Las tres señales deben ser dirigidas separadamente a las terminales de entrada del tubo de imagen, de manera que el tubo reproduzca cada punto de las intensidades relativas de rojo, verde y azul discernido por la cámara. Esta utilización separada de tres señales de color, ocurre en la cámara y la pantalla. Para la transmisión entre ellos, un grupo de tres señales es usado: señal de Luminancia y dos de Crominancia.

II.5.2. Aspectos cromáticos de la visión.

Dos aspectos de la ciencia del color son de interés particular para la ingeniería de la televisión en el desarrollo de alta definición. El primero es el rango total - también conocido como Gama, de colores percibidos por la cámara y ofrecido por la pantalla. El segundo es la habilidad del ojo para distinguir detalles presentados en colores diferentes. La gama del color define el realismo de la pantalla mientras que la atención a la agudeza del color es esencial para evitar presentar más detalle cromático del que el ojo puede resolver.

total de colores que la cámara puede percibir. Otro triángulo limita la gama de la pantalla.

La gama percibida por un observador con visión normal es mostrada en el diagrama C.I.E. (Comission International Of Eclairage), figura II.14; la percepción del color fue medida por el ofrecimiento a los espectadores de la combinación de los tres colores primarios (CIE) estándar: espectralmente rojo puro con longitud de onda de 700 nm, verde de 546.1 nm y azul de 435.8 nm. Estos y todos los otros colores puros espectrales están localizados sobre el límite superior del diagrama. Los colores púrpura, que no aparecen en el espectro, aparecen sobre la línea que cierra al diagrama en la parte inferior. Los colores localizados dentro de este límite exterior son percibidos como estando mezclados con luz blanca, esto es, ellos hacen a un tono más pastel a medida que se aproximan al centro del diagrama. En el centro del diagrama el color representado es blanco y el centro de la región del blanco es un blanco particular (CIE ILLUMINANT C) que iguala la luz del sol del cielo del norte.

Cada punto sobre el diagrama de cromaticidad está identificado por dos números, sus coordenadas "X" y "Y", que definen únicamente un color particular de todos los otros. Tres puntos identifican los colores primarios usados en una cámara, y el triángulo formado por ellos encierra la gama

total de colores que la cámara puede percibir. Otro triángulo limita la gama de la pantalla.

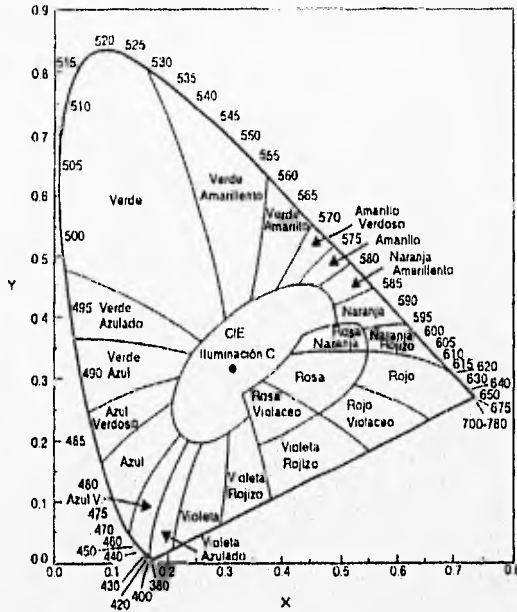


Figura II.14 Diagrama de cromaticidad mostrando la sensación de color y la gama triangular de los primarios de C.I.E.

El diagrama de cromaticidad en la figura II.15 compara las gamas de interés en televisión. La figura completa representa la gama capaz de ser observada por el ojo humano.

Los triángulos más pequeños están marcados para mostrar el sistema de televisión al cual se aplican. Las gamas de televisión evidentemente cubren una pequeña porción del rango de colores visible a los ojos.

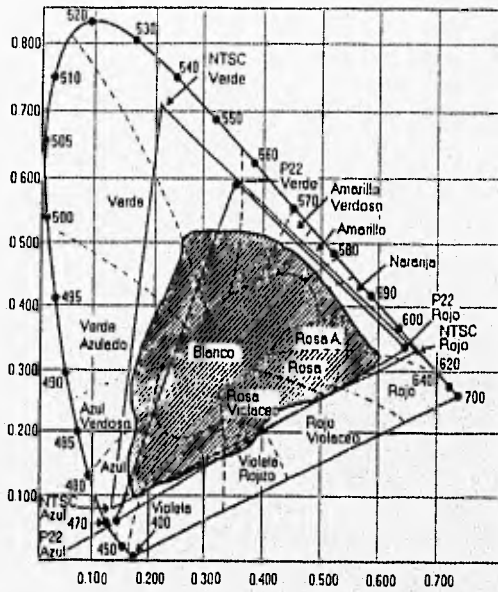


Figura II.15 Muestra el diagrama de cromaticidad C.I.E. comparada con las gamas de colores de NTSC, PAL/SECAM

Este rango limitado es sin embargo completamente adecuado para televisión. Esto es claro en el área irregular mostrada en el diagrama, que resalta los colores de tintes y pigmentos usados en otras áreas.

Estos colores ofrecen más al espectador su concepto de "colores" reales de objetos materiales, así que su aceptación de la gama restringido es explicado fácilmente. Las pequeñas diferencias en las estandarizaciones primarias para servicios de alta definición no fueron hechas para ofrecer una gama más amplio. Estas fueron seleccionadas en base a la experiencia de radiodifusores y fabricantes de receptores.

El segundo aspecto de la visión de color es la agudeza de los ojos para los colores primarios. Este fue un factor básico en el desarrollo del sistema NTSC, y ha permanecido así durante los subsecuentes diseños de los sistemas, el de alta definición incluso.

Como se explicó en el capítulo de televisión convencional, la NTSC hizo uso de este factor para aplicar un ancho de banda menor que el de la Luminancia para el canal (R - Y), y aún menor para el canal (B - Y). Todos los servicios de televisión a color en la actualidad, emplean este artificio

en una forma u otra. Aplicado correctamente, éste ofrece economía en el uso del ancho de banda sin pérdida de resolución o calidad del color en las imágenes desplegadas.

II.5.3. Estándares de colorimetría.

El estándar de colorimetría del sistema inicial NHK, estaba basado en los colores primarios del sistema NTSC y el estándar ILUMINANT C. Las coordenadas "X" y "Y" en el diagrama CIE, son mostradas en la tabla II.4, junto con otros sistemas de 1,125 líneas.

Cantidad de Color	Estándar provisional de la NHK - 1980	Estándar del grupo XI de CCIR - 1986	Estándar de estudio SMPTE/ANSI - 1987
Blanco	0.3101, 0.3102 (Iluminación C)	0.3127, 0.3290 (Iluminación D65)	0.3127, 0.3290 (Iluminación D65)
Rojo primario	0.67, 0.33		0.630, 0.340
Verde primario	0.21, 0.71		0.310, 0.595
Azul primario	0.14, 0.08		0.155, 0.070

Tabla II.4 Coordenadas de colorimetría del sistema de 1125 líneas (valores de X,Y en el diagrama de colorimetría de CIE)

Dr. Fujio y sus asociados en los laboratorios de la NHK, decidieron que los ejes de Crominancia I y Q del sistema NTSC, no era la mejor opción. Basados en pruebas hechas, sus laboratorios determinaron que los ejes de Crominancia para el sistema NHK deberían ser aquellos mostrados en la figura II.16.a., posicionado con respecto a la gamma como se muestra en la figura II.16.b. Estos son mostrados sobre la versión de la escala de cromaticidad uniforme del diagrama C.I.E., elegido, porque los intervalos cromáticos son igualmente espaciados a lo largo de los ejes de Crominancia.

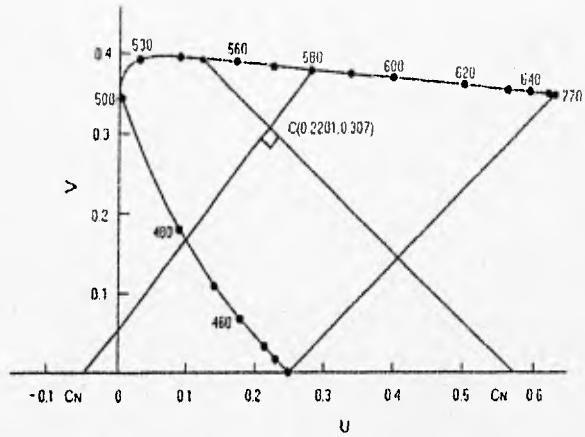


Figura II.16a Relación a la posición monocromática

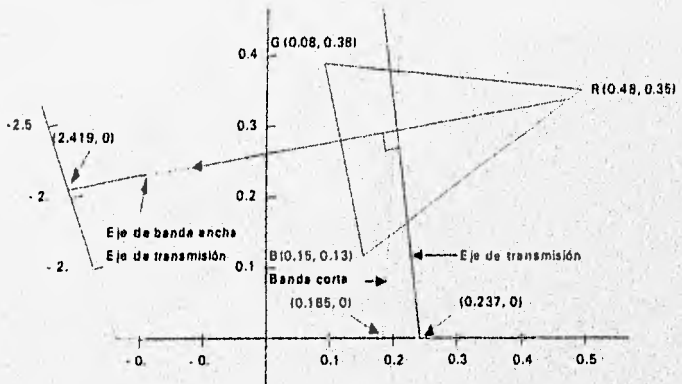


Figura II.16b Relación a la gama de color

Las señales de Luminancia y Crominancia, en términos de los primarios R G y B, para el estándar provisional NHK son:

$$\text{Luminancia:} \quad Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$\text{Crominancia Banda Ancha:} \quad C_w = 0.63R - 0.47G - 0.16B$$

$$\text{Crominancia Banda Angosta:} \quad C_n = -0.03R - 0.38G + 0.41B$$

Estas señales tienen anchos de banda de 20.0, 7.0 y 5.5 Mhz respectivamente. Las definiciones correspondientes de Luminancia y Crominancia para el estudio estándar SMPTE difiere ya que el blanco y los primarios tomados como referencia no son los mismos.

II.6 Estándar 240M SMPTE

El estándar SMPTE 240M para el sistema de reproducción de 1125 líneas (figura II.17), está basado en los siguientes parámetros, resumidos del texto completo.

Exploración:

1125 líneas por cuadro; 1035 líneas activas por cuadro; entrelazado 2:1; relación de aspecto 16:9; frecuencia de repetición de 60.00 Hz; 33,750 líneas por segundo.

Colorimetría: (Coordenadas cromáticas de la CIE 1931, X, Y)

Primarios de Referencia: Verde 0.310, 0.595

Azul 0.155, 0.070

Rojo 0.630, 0.340

Blanco de Referencia: D_{65} 0.3127, 0.3291

Reloj de referencia

Las duraciones de la señal están especificadas tanto en microsegundos como en períodos de reloj de referencia: hay 2200 de estos períodos en una línea completa; la frecuencia del reloj es de 74.25 Mhz.

Receptores de color

La imagen es representada por tres señales de video paralelas, coincidentes en el tiempo. El llamado "grupo de colores" corresponde a verde E(G), azul E(B) y rojo E(R); el llamado "grupo de diferencia de colores" corresponde a luminancia E(Y), diferencia de color azul E(PB) y diferencia de color rojo E(PR). Las señales del "grupo de colores" son las apropiadas para conducir directamente a la reproductora de referencia, normalizada al blanco de referencia del sistema. Las señales de "grupo de diferencia de colores" son las derivadas del grupo "grupo de colores" a través de la matriz dada a continuación:

Señales de Luminancia y Crominancia:

$$E(Y) = [0.701 \times E(G)] + [0.087 \times E(B)] + [0.212 \times E(R)]$$

$$E(PB) = \frac{E(B) - E(Y)}{1.826}$$

$$E(PR) = \frac{E(R) - E(Y)}{1.576}$$

Relaciones entre las señales de video:

$$Y = 0.701G + 0.087B + 0.212R$$

$$P(B) = \frac{(B - Y)}{1.826} \quad P(R) = \frac{(R - Y)}{1.576}$$

$$P(B) = - 0.384G + 0.5B - 0.116R$$

$$P(R) = - 0.455G - 0.055B + 0.5R$$

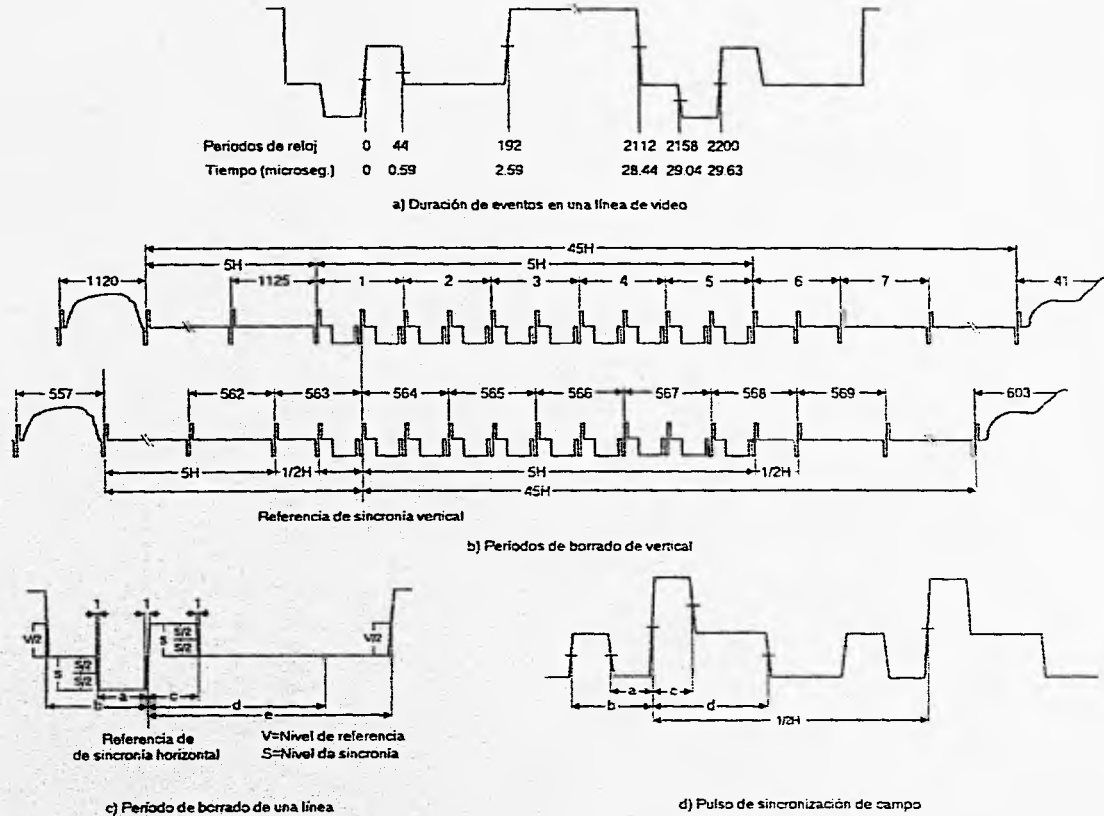


Figura 11.17 Sincronización de la forma de onda del estándar 240M SMPTE de 1125 líneas

Formas de onda de las señales de video y sincronía

La señal de video mostrada es de la forma E(Y), E(G), E(B) o E(R). Los detalles de las señales de sincronía son idénticos para las señales de referencia de color E(PB) y E(PR), (figura II.17)

Temporización de los eventos en una línea de video:

Los períodos del reloj de referencia de una línea de video son:

Borde de Elevación de Sincronía (Dif. de Tiempo)	0
Borde Anterior de Sincronía	44
Inicio del Video Activo	192
Final del Video Activo	2112
Borde Posterior de Sincronía	2156

Duraciones de las formas de onda de video y sincronía:

La duración de las formas de onda de la figura II.17 son:

	PERIODOS DE RELOJ	TIEMPO μ S
a	44	0.593
b	88	1.185
c	44	0.593
d	132	1.778
e	192	2.586
f (Tiempo de subida de sync)	4	0.054
Línea Total	2200	29.63
Línea Activa	1920	25.86

Ancho de banda:

El ancho de banda de cada señal de "grupo de colores" es normalmente de 30 Mhz. El ancho de banda de cada señal de "grupo de diferencia de colores" es normalmente de 30 Mhz. para equipo que origina señal analógica. En equipo que origina señal digital, el ancho de banda nominal de las señales E(PB) y E(PR) es de 15 Mhz.

Niveles de la señal en representaciones analógicas:

Señales E(Y), E(G), E(B) y E(R).

Nivel del Negro de Referencia (mV)	0
Nivel del Blanco de Referencia (mV)	700
Nivel de Sincronía (mV)	± 300

Señales E(PB) y E(PR) :

Niveles del Cero de Referencia (mV)	0
Niveles Pico de Referencia (mV)	± 350
Niveles de Sincronía (mV)	± 300

Sistemas de colorimetría:

Aunque no es una parte del estándar se sugiere en un apéndice que la gama de color del sistema debería extenderse al menos al área limitada en el diagrama de cromaticidad CIE 1931 por los siguientes primarios:

Verde = 0.210, 0.710
Azul = 0.150, 0.060
Rojo = 0.670, 0.330

Tolerancias:

Aunque las tolerancias no están dadas en el estándar, se especifica en apéndices que una tolerancia apropiada para la frecuencia de Repetición de Línea de 33750 Hz, sería 10 partes por millón y que la tolerancia en las dimensiones de "a" hasta "e" en la figura II.17 sea $\pm 0.040 \mu\text{s}$ y en la dimensión f, $\pm 0.020 \mu\text{s}$. Las tolerancias en la amplitud del pulso de sincronía de 300 mV sería de $\pm 6 \text{ mV}$, pero la diferencia de amplitud entre la parte positiva y negativa de los pulsos sería mantenida menor que 6 mV.

C A P I T U L O I I I

ASPECTOS GENERALES DEL SISTEMA DE ALTA DEFINICION

III.1 Sistemas de distribución

El compromiso de un servicio de televisión de alta definición para los espectadores, ha llevado a los investigadores al desarrollo de sistemas de distribución, los 4 principales son: radiodifusión terrestre, servicio por cable (puede ser coaxial o fibra óptica), radiodifusión directa de satélite y grabaciones de video usando cinta magnética y/o disco óptico.

Entre los ingenieros de la NHK, en lo que respecta a los métodos de radiodifusión, la transmisión convencional de banda lateral residual fue considerada como no viable para los amplios anchos de banda del sistema de 1125 líneas. Fujio y sus colegas fueron explícitos cuando dijeron "las bandas VHF y UHF son inoperables" para la transmisión de las señales de alta definición con amplios anchos de banda. La alternativa a esta situación fue la transmisión vía satélite usando modulación en frecuencia.

En modulación en frecuencia, el ruido en la imagen reproducida, aumenta con la frecuencia de la banda base. En la señal compuesta la señal de crominancia ocupa el más alto rango de la banda base, así, el ruido de la crominancia determina la potencia de transponder requerida para obtener un aceptable nivel de ruido. En casos típicos, una señal de

1125 líneas con ancho de banda base de 30 Mhz. requeriría una potencia de transponder de 3.2 KW en la banda de satélite de 22 Ghz. para una relación de señal a ruido de 41 db. Debido a que dicho nivel de potencia era inobtenible en el servicio de satélite, la transmisión compuesta fué excluida.

La alternativa para usar la transmisión por separado de la luminancia y crominancia fue el sistema de "separación Y - C". Este lleva las señales de altos niveles a la región de bajas frecuencias de la FM con 20 Mhz. para luminancia y 6.5 Mhz. para cada señal de crominancia, y 75 y 25 Mhz. respectivamente, para los anchos de canal de FM en la banda de 22 Ghz. El sistema de transmisión Y - C requeriría mayor potencia en la banda de 42 Ghz. para permitir mayor tolerancia a la atenuación por lluvia. Este resultado llevó a los ingenieros de la NHK a la conclusión que la transmisión satisfactoria vía satélite del servicio de 1125 líneas, se podía dar solamente en las bandas de 12 y 22 Ghz.

III.1.1 Transmisión directa de satélite, (Sistema MUSE).

La transmisión por separado de luminancia y crominancia en el sistema (Y - C) requiere que se empleen tres canales o que las señales sean comprimidas suficientemente para caber en un solo canal. Inicialmente se utilizaron varias versiones de una técnica conocida como Integración de Compresión por Tiempo; en ésta las señales de luminancia y crominancia son enviadas secuencialmente durante la exploración de una línea o dos. Esta técnica requiere de un complicado proceso de la señal en el receptor. Por esta razón la NHK decidió no emplearlos y se concentró en desarrollar un sistema que pudiera aprovechar las técnicas avanzadas, entonces empleadas en la banda de satélite de 12 Ghz.

Así nació el sistema actual de la NHK de transmisión vía satélite: el sistema MUSE (Multiple Sampling Encoding). Este sistema fue anunciado en 1984 e involucra un muestreo digital de las componentes de (Y - C) a una frecuencia alta, seguido por un submuestreo a una frecuencia menor del límite de Nyquist. Como se propuso originalmente, la frecuencia de muestreo era 64.8 Mhz. seguida por un submuestreo a 16.2 Mhz. Esto resultaba en la transmisión secuencial de señales representando cada cuarto elemento de imagen, por lo tanto,

el detalle completo sólo es llenado en cuatro campos sucesivos.

Los elementos de imagen de un objeto en movimiento, eran de esta forma desplazados de sus posiciones, causando una pérdida en la resolución horizontal. Las partes estacionarias de la imagen eran exhibidas en la completa resolución del sistema 1125 líneas de la NHK. Fujio reportó en 1985, que los anchos de banda base para luminancia y crominancia eran 20-22 y 7.0 Mhz. para imágenes estacionarias respectivamente; 12.5 y 3.5 Mhz. para objetos en movimiento. Está así implícito que el nivel de la resolución horizontal para objetos en movimiento es casi 60% que para objetos estacionarios. La información de audio y control es digitalmente muestreada y multiplexada en el intervalo de borrado vertical.

La versión de MUSE que ofrece el servicio público japonés de transmisión vía satélite, emplea una frecuencia de muestreo inicial de 48.6 Mhz. (en lugar de 64.8 Mhz.) conservando la frecuencia original de submuestreo de 16.2 Mhz. Así los elementos de imagen están dispersos sólo en tres campos y el trazo borroso de objetos en movimiento es reducido de acuerdo a esto. El aparato de codificación y decodificación es complicado, y los circuitos de conversión, son circuitos

integrados muy complejos. Esta versión del sistema MUSE es la primera que ofreció el servicio de Alta Definición al público en 1990.

El sistema MUSE (Multiple-Sub-Nyquist-Sampling-Enconding), es una adaptación del sistema NHK de Alta Definición para el servicio DBS (Direct Broadcasting Sattelite) en la banda de 12 Ghz.

El amplio ancho de banda del sistema de la NHK de 1125 líneas (más de 20 Mhz.) no puede ser acomodado por los transponders del satélite a menos que la señal sea comprimida. El sistema MUSE reduce el requerimiento total de banda base de video a 8.15 Mhz. adecuado para el servicio DBS (Direct Broadcasting Satellite).

La señal de 1125 líneas es inicialmente codificada digitalmente a 48.6 Mhz. (figura III.1). Después de un proceso adicional, la señal controla dos filtros, uno responsable de las porciones estacionarias de la imagen, el otro de las porciones en movimiento. Este último filtro es controlado por dos detectores de movimiento, uno siguiendo el contorno del área en movimiento y otro su dirección de movimiento. Las salidas de los filtros son combinadas y la

señal resultante es muestreada nuevamente a la frecuencia Sub-Nyquist de 16.2 Mhz. El tren de pulsos resultantes es convertido a la forma analógica con un ancho de banda base de 8.1 Mhz. Esta frecuencia de señal analógica modula el transmisor hacia el satélite.

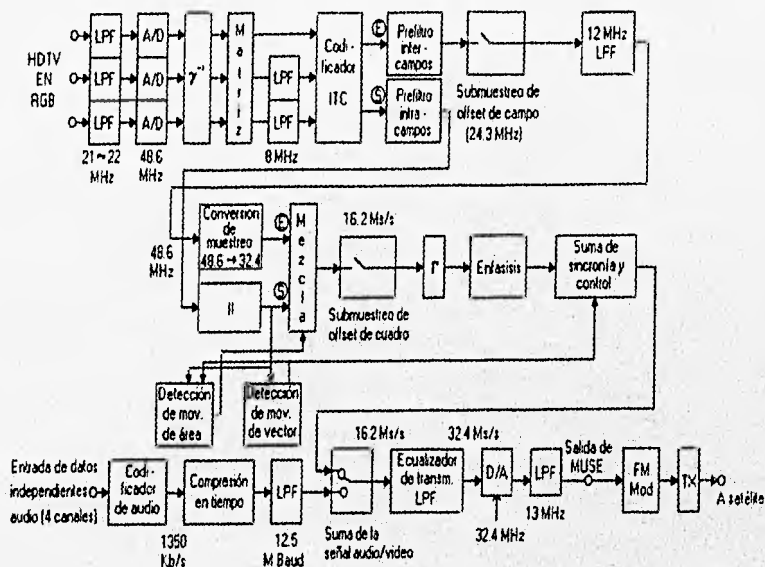


Figura III.1 Codificador en el transmisor del sistema MUSE de

NHK

El submuestreo a un tercio de frecuencia inicial de muestreo, ocasiona la transmisión sucesiva de señales representando cada tercer elemento de imagen. Tres elementos de imagen adyacentes aparecen así sobre tres explorados sucesivos de la misma línea. Ya que los elementos estacionarios no se mueven durante este intervalo de tres campos, aparecen en sus posiciones correctas sobre la pantalla. Así las partes estacionarias de la imagen son reproducidas con la resolución horizontal (600 líneas por altura de imagen) del sistema de 1125 líneas.

Los elementos de las partes en movimiento de la imagen no vuelven a caer en sus posiciones originales. Su desplazamiento lateral durante el intervalo causa un efecto de mancha (smearing), que reduce la resolución en casi 50%. Debido a que la cámara y el monitor tienen menos agudeza para el detalle de objetos en movimiento la imagen en conjunto aparece como si tuviera mayor resolución. Sin embargo, cuando la cámara se mueve lateralmente, la resolución horizontal de la imagen como un todo, es reducida.

La señal de sonido del sistema MUSE es multiplexada en tiempo entre los explorados de las líneas de video. Esto provee al

menos de dos canales estéreo de alta calidad, además de una provisión para datos adicionales y funciones de control.

III.1.2 Transmisión por cable (fibra óptica).

Los ingenieros de la NHK estaban conscientes de la conveniencia de la transmisión por fibras ópticas para la señal del Sistema de Alta Definición. Ya desde 1978 un reporte interno de los laboratorios de la NHK describía un sistema experimental en el que se usaba un diodo emisor de luz a la longitud de onda infrarroja de 820 nm a 109 μ w de potencia de salida. Esta era transmitida sobre una fibra de índice por paso de 65 μ w de diámetro de núcleo.

El extremo detector de fotodiodo al final del cable de la fibra emitía una respuesta de frecuencia arriba de 58 Mhz. y una relación de señal a ruido de 41 dB con una potencia de entrada de 10 μ m, permitiendo así que el cable de fibra, entonces disponible, tuviera una pérdida de 10 dB en un cable de 3 Km. Después se anunció que usando un diodo emisor de luz, se obtenía una respuesta plana sobre los 500 Mhz. y que el nuevo cable permitía la transmisión troncal a larga distancia. En este último sistema, las señales de Alta

Definición y NTSC eran transmitidas por frecuencia modulada, multiplexadas en frecuencia a través de una fibra de índice graduado. Se pensó que tal sistema de fibras ópticas podría ser usado para transmitir la señal de Alta Definición a los hogares desde puntos centrales de distribución.

El factor más importante que determina el uso de la fibra óptica en lugar del cable coaxial para la señal de Alta Definición en las instalaciones de los estudios, es el requerimiento de un paso de banda de 30 Mhz. que no proporciona el cable coaxial. Las ventajas, además de la capacidad de ancho de banda virtualmente ilimitado, de mayor a 1GB/s que excede en gran parte los requerimientos para audio, video y señales digitales son:

- a) Inmunidad a la interferencia magnética y eléctrica.
- b) Sólo es necesaria conexión a tierra para equipo interconectado que conduzca o procese señales digitales.
- c) No existe interferencia entre las señales en fibras adyacentes.

- d) No hay interferencia de señales de radio, televisión, comunicaciones o cualquier otro tipo de transmisión.
- e) Bajo costo del cable de fibra comparado con el cable coaxial de cobre.
- f) Reducción en el número de cables debido a la capacidad que tiene una fibra de llevar una mezcla de señales, es decir, imágenes, sonido multicanal, intercom, señales de control y comandos.

Los sistemas de transmisión por fibra óptica son adecuados para la transmisión de la señal analógica AM o FM y transmisión de la señal digital. Para la transmisión analógica en estudios de televisión la mayor parte del equipo disponible emplea FM.

III.1.3. Transmisión terrestre.

Ha habido algunos intentos para proveer un servicio de alta definición a través de la radiodifusión terrestre. Ellos tienen en común la adquisición de un espacio para un canal adicional para una banda base más ancha, cada una de estas

encontrando un lugar para ella dentro del canal existente, o si ese falla, usando un espacio fuera de el canal existente sin perjuicio a radiodifusores ya autorizados a ocupar este espacio.

El ancho de banda base del video requerido para luminancia y crominancia en el servicio de alta definición es por lo menos el doble de aquel requerido en los servicios NTSC, PAL y SECAM. Además en el método de transmisión de componentes separadas los anchos de banda ocupados por las tres señales (R, G, B, ó Y, R-Y, y B-Y) son aditivas, así que el ancho de banda total priori al procesamiento de señal es del orden de 20-30 Mhz.

Tomando estos valores como muestra sin aplicar ninguna técnica de reducción de ancho de banda, encontramos que el espacio del canal adicional requerido, sería igual a el espacio ocupado por cuatro o cinco canales adicionales de 6 Mhz. Satisfaciendo tal demanda, aún cuando fuera posible en la práctica, sería muy desperdiciado el recurso del espectro, prescindiendo del medio. Así algunos métodos han sido tratados para reducir el espacio del canal requerido sin un canal extra, o con un canal adicional. Tales sistemas son

conocidos como "Canal Individual" y "Canal Dual" respectivamente.

Tal compresión de canales, involucra un número de compromisos. En un caso, el desacuerdo está entre alta definición precisa de los objetos en movimiento. Por un lado, es posible diferir la transmisión de una porción del detalle, extendiéndose su señal sobre un tiempo largo y así reduciendo el ancho de banda por él ocupado.

Pero si hay movimiento presente en la escena sobre este largo intervalo, el detalle diferido no ocupa su propio lugar y un efecto de manchas y bordes raídos, y aún una distorsión muy gruesa de forma puede ocurrir.

Para el caso del sistema de canal individual, se tiene que aún después de la adición del croma a la información mono cromática en el canal de televisión a color convencional, éste canal no queda totalmente ocupado. Es a menudo posible agregar información adicional al canal convencional, sin contaminación primaria al "Sistema Individual", aunque hay algunos otros tiempos no ocupados (entre exploración de líneas y campos) que son recipientes probables de información adicional.

Se han propuesto varios métodos que aplican el sistema mencionado, pero no se ha encontrado ninguno que permita satisfactoriamente agregar la señal comprimida en el canal convencional sin afectar el servicio convencional. De hecho la protección de compatibilidad de los servicios NTSC, PAL y SECAM ha permitido dentro de sus canales sólo adiciones limitadas de información.

Esto llevó a que en el desarrollo del servicio de alta definición, se decidió por parte de los diseñadores de sistemas, que el espacio del canal adicional debía estar fuera de los canales convencionales de transmisión terrestre. En el sistema del "Canal Dual" diseñado para el sistema de alta definición, todo o parte de un canal adicional es requerido para aceptar la información adicional, recibida por el receptor de alta definición para incrementar la definición y el área de su pantalla. Hay algunas variaciones en esta técnica dependiendo de la relación funcional del canal extra al canal convencional.

Este espacio para un canal externo ha sido muy difícil de encontrar, particularmente en secciones excesivamente pobladas de las áreas de servicio donde casi todos los canales disponibles están ocupados. Cada canal ocupado debe

ser protegido de interferencia de estaciones sobre él mismo y también de canales adyacentes, y desde luego los servicios a los usuarios del espectro no pueden ser desplazados.

III.1.4 Discos y cintas

Las grabadoras de discos y cintas de video capaces de cubrir el amplio ancho de banda del servicio de alta definición están disponibles para uso en estudios. Estos son dispositivos complejos y caros, y su adaptación para uso doméstico puede esperarse sea demorado por algunos años, como fue el caso en las grabadoras de cinta para el sistema convencional. Pero la actividad en este campo no depende completamente de la industria de radiodifusión, puesto que discos y cintas ya grabadas son ya parte importante del mercado. Ahora que gran parte de los hogares que disfrutan televisión tienen grabadoras de video, la amenaza de un desarrollo independiente de alta definición para esta audiencia es de interés para los radiodifusores.

La primera introducción de grabación de cinta y disco dentro del campo de alta definición es esperada venga con el sistema MUSE. Este es una variante del sistema de alta definición de

la NHK de 1125 líneas, diseñado para el servicio de transmisión directa de satélite (DBS) en Japón. La compresión de tiempo de la señal de 30 Mhz. permite al sistema MUSE operar con un ancho de banda de video de solo 8.1 Mhz. bien dentro del alcance de la grabación de cinta doméstica.

El uso de señales MUSE en video cintas y discos para servicio doméstico es complicado por el hecho de que el formato MUSE de alta definición es incompatible con los sistemas convencionales de transmisión terrestre. Japón tiene ya su sistema DBS MUSE en operación y ofrece receptores de alta definición al mercado.

Grabadoras de cinta y disco para el sistema MUSE son planeados para el mercado doméstico.

III.2 Desarrollo y equipo disponible

La década anterior a las demostraciones públicas de la NHK, se caracterizó por ser un período de intenso desarrollo de equipo del Sistema de Alta Definición en los mismos laboratorios de la NHK. Para 1980 estaban disponibles los tubos de cámaras, cámaras, tubos de película, pantallas de

proyección, telecines y videocaseteras, necesarios para el desarrollo del sistema. Gran parte del equipo de Alta Definición ahora existente en el mercado se atribuye a estos primeros desarrollos.

III.2.1. Camaras

Inicialmente, en 1973 la NHK comenzó a trabajar con cámaras que usaban 3 tubos de vidicom de 1½ pulgada, las cuales carecen de resolución y sensibilidad. Para reemplazarlos, la NHK desarrolló el tubo RBS (Return-Beam Saticom), el cual tenía una adecuada resolución y sensibilidad, pero el 30% de retardo.

Las cámaras con tres tubos RBS entraron en uso en 1975 y fueron muy utilizadas para el desarrollo de la NHK. Para 1980, otro tubo, el Diode-Gun Impregnated-Cathode Saticon (DIS) estaba listo para demostraciones públicas. Este era un tubo de 1 pulgada con una resolución de 1600 líneas, (1200 líneas fuera del 80% del círculo central) con un retardo menor al 1% y la relación de señal a ruido de 30 dB en la banda de 30 Mhz.

La falta de registro entre las imágenes de colores primarios de casi 0.1% de las dimensiones de la imagen en las cámaras más recientes, fue reducido al 0.03% en las cámaras DIS como la cámara modelo HDC-300, cuya sensibilidad es de 2000 lux a una apertura f/4.5. Tres visores, con relación de aspecto de 16:9 están disponibles con medida diagonal de 1.5, 3 y 7 pulgadas con resolución de 350, 450 y 1000 líneas respectivamente. Cuando fueron utilizadas en eventos deportivos, las cámaras fueron adaptadas con lentes de Zoom de 14x y de apertura f/2.8. Su diseño le concedió buena reputación al sistema de la NHK entre los espectadores, incluyendo a los de la industria cinematográfica.

Una cámara portátil para HDTV usando tubos harp de 2/3 de pulgada (High-Gain Avalanche Amordhous Photoconductor) ha sido también desarrollada, su sensibilidad es diez veces mayor que la cámara HDTV convencional usando tubos saticon y puede operar en f/2.8 bajo 200 Lx. Esta cámara provee gran calidad de imagen aún en condiciones de bajos niveles de iluminación.

Las cámaras usando la tecnología CCD, están aún en desarrollo, se espera que en un futuro sean puestas en uso práctico.

III.2.2 Pantallas y proyectores

Cuatro monitores de color están disponibles con medidas diagonales de 12, 18, 28 y 38 pulgadas, de los cuales sólo el último tamaño tiene una relación de aspecto de 16:9 (Los tamaños más pequeños se ofrecen con relación de 5:3). Las resoluciones horizontales en el centro son de 600, 760, 1000 y 1000 líneas de televisión respectivamente y la resolución vertical al centro es de 750 líneas de televisión en cada monitor.

La necesidad de monitores más grandes que los disponibles en tubos de imagen, llevó a la NHK a desarrollar sistemas de proyección. Hay dos sistemas, el proyector de fondo que puede desplegar imágenes en un ambiente relativamente luminoso; y el proyector frontal, que requiere de un ambiente casi completamente oscuro. Diversas pantallas se ofrecen, una usa una pantalla cóncava de 120 pulgadas con una ganancia de luz de 13 y una relación de aspecto de 5:3. El sistema de proyección provee resoluciones de 1000 líneas al centro de la pantalla, a una brillantez de 50 foot lamberts.

Un sistema de proyección frontal puede ser ajustado para una pantalla plana de medidas diagonales de 60 y 240 pulgadas con

resolución de 1000 líneas. No se dan niveles de brillantez ya que dependen del tamaño de la pantalla.

III.2.3. Grabadoras y reproductoras de video

El primer diseño importante de grabadora de video cinta para el sistema de 1125 líneas fue el modelo HDV-1000. Esta grabadora utiliza carretes de cinta de 1 pulgada, la velocidad de cinta es 48.3 cm/s; velocidad que limita el tiempo de grabación a 63 minutos. La entrada para 1125 líneas puede ser separada en RGB o en componentes de luminancia-crominancia. Estas son grabadas en cinta de alta densidad por modulación en frecuencia con un ancho de banda de 20 Mhz. para luminancia y 10 Mhz. para crominancia, el tambor de grabación tiene una velocidad de escritura relativa a la superficie de la cinta de 35.9 m/s. Para escribir a 20 Mhz. cuatro pistas de video son escritas en paralelo por el tambor. Para una producción adecuada de estos segmentos requiere de un procesador adicional. Este diseño es adecuado con respecto a algunos elementos del sistema, sin embargo es un equipo pesado, costoso y tiene una limitante mayor, común en los sistemas analógicos, esto es el deterioro de la calidad de las generaciones sucesivas, y en la distribución

de programas en HDTV, las copias son un proceso de producción esencial.

El éxito de la grabadora digital en cinta, al permitir múltiples copias de transmisión convencional, animó a los ingenieros de la NHK, a convertir las grabadoras de alta definición al dominio digital.

Este nuevo diseño, utiliza los principios generales de la grabadora analógica descrita anteriormente, es decir grabación de pista múltiple por modulación en frecuencia. El tambor de grabación tiene 18 cabezas: 8 para grabación, 8 para reproducción y 2 para borrado. El tambor gira a 7200 rpm y la velocidad entre cabeza y cinta es de 51.5m/s, casi el doble que en la grabadora análoga de alta definición.

Las frecuencias de muestreo son 74.25 Mhz. para luminancia y 37.125 Mhz. para las señales de crominancia, 8 bits por muestra, estos valores requieren de una frecuencia de bit total de :

$(74.25+37.125+37.125)\times 8=1.188 \text{ Gb/s}$; y 148.5 Mb/s por cada cabeza.

Este sistema permite 20 generaciones de copias sin degradación. La cinta corriendo a 805 mm/s permite una hora de grabación sobre un carrete de 11.75 pulgadas.

Ocho canales de audio están disponibles, con muestreo de 48 Khz. en palabras de 16 bits. La frecuencia de grabación total es de 1.152 Mhz. incluyéndose códigos de paridad y redundancia. La frecuencia de muestreo y la longitud de la palabra son iguales en los estándares de audio de disco compacto.

Ya existe una versión comercial de esta grabadora.

Hay también una grabadora digital de alta definición aún en experimentación, que se pretende sea empleada en un ambiente de equipo analógico. Está basada en el formato de 1 pulgada descrito anteriormente. Se usan ocho cabezas en el tambor. Para usarse con equipo analógico, una frecuencia de bit más baja, 648 mb/s es la base del diseño. El ancho de banda de luminancia es 21 Mhz. y de crominancia 9 Mhz. La velocidad de la cinta es 0.511 m/s, la velocidad de la cabeza relativa a la cinta es 45.9 m/s, la luminancia es muestreada a 54 Mhz. y la crominancia a 27 Mhz. el tiempo de reproducción es de 90 minutos con un carrete de 14 pulgadas.

Existe una grabadora de video en desarrollo, que pretende cubrir el mercado de espectadores en casa, con la introducción de las pantallas (más anchas) de alta definición para uso casero, el mercado de consumidores de casetes con programas y películas en alta definición se desarrolla rápidamente. Toshiba en conjunto con los ingenieros de la NHK desarrolla una videocasetera, que promete reunir los requisitos industriales y las bases para el diseño de los consumidores.

Las principales características son: utiliza un casete apenas más grande que el del formato VHS, la velocidad de cintas es de 119.71 mm/s; el máximo tiempo de grabación es de 63 minutos. El audio es grabado en forma longitudinal, dos pistas helicoidales constituyen un segmento y 3 segmentos forman un campo de televisión. La velocidad del DRUM es 90r/s.

La señal analógica es aplicada a las cabezas de grabación con una frecuencia modulada para sincronía y pico blanco de 14 Mhz. y 21.26 Mhz. respectivamente.

III.2.4. Equipo de transferencia de cinta a película

El proceso para la transferencia de cinta a cine y también transformación de imagen utiliza básicamente el sistema conocido como grabación de rayo-electrón. Este sistema fué desarrollado en un principio para la transferencia de programas de televisión mono cromática. Posteriormente (con base en el sistema mono cromático) la transformación de imagen desarrolló un sistema de grabación rayo-electrón para programas de televisión a color convencional.

La introducción del sistema de alta definición de 1125 líneas y 60Hz (SMPTE 240M) como un formato de señal práctico para producción de programas y presentación en salas así como para espectadores televidentes, llevó la investigación de la tecnología del rayo-electrón, para reunir las especificaciones del sistema HDTV.

El sistema de grabación opera fuera de tiempo real y opera básicamente de la siguiente manera: la señal de entrada es derivada de una máquina reproductora y un corrector base de tiempo que entrega una señal de 1125 líneas RGB de 60 campos. Esta señal pasa primero a través de un convertidor de analógico a digital para una corrección gama de la película

master y el negativo de color y para la conversión de 30 cuadros por segundo de exploración entrelazada a 24 cuadros por segundo de exploración progresiva en una secuencia rojo, verde y azul. La exploración progresiva fue seleccionada para obtener máxima resolución. Estas señales son convertidas a analógico para alimentar y controlar el rayo electrónico de grabación. Este rayo cae directamente sobre la superficie de la película de blanco y negro. Los cuadros de la película son expuestos por los electrones del rayo produciendo una secuencia de tres cuadros en blanco y negro que representan los valores respectivos de rojo, verde y azul de la imagen. Para producir la impresión de color, la grabación de la película de blanco y negro es proyectada a través de una rueda de color giratoria a la frecuencia tal que cada cuadro de color sea expuesto secuencialmente por las tres imágenes de blanco y negro.

III.2.5 Equipo de transferencia de película a cinta

Un sistema empleando un proyector intermitente de 35mm y una cámara de color fotoconductiva de tres canales ha sido usado para producir transferencia de película a video desde 1986 por la Japan Broadcasting Corporation (NHK) y desde 1988 por

Sony en su servicio de transferencia de película a televisión de alta definición. El sistema fue desarrollado en Japón por Ikegami Electronics con la asistencia técnica de la NHK para el anticipado servicio de radiodifusión de televisión HDTV y el mercado de Video-Teatros.

Un sencillo proyector de 35mm, un multiplexor óptico para permitir la adición de un segundo proyector y un proyector deslizable, y la cámara componen el sistema; el arreglo multiplexado, con la adición de un segundo proyector permite la transmisión ininterrumpida de dos o más carretes. El proyector, hecho por Seiko, provee una gran estabilidad de imagen; este sistema además, reduce la visibilidad de raspaduras o marcas que inevitablemente pueden estar presentes en la película y asegura un movimiento suave de la película y reduce la posibilidad de daño a los negativos.

La velocidad de proyección es continuamente variada de cuadro fijo a 40 cuadros/s. Esta característica es útil para la corrección del color escena por escena. Y en la preparación del paneo y explorado del proceso de transferencia al sistema de televisión convencional con relación de aspecto de 1.37. En el proceso de transferencia son requeridos de films hechos específicamente para televisión en 30 cuadros/s, uno u otra

de las velocidades de sincronización de la señal de T.V. ya sea 24 o 30 cuadros/s puede ser seleccionada. Una cámara TCK-1125 Ikegami es utilizada, las características de transferencia de esta unidad provee un nivel de negros estable y una escala de grises uniforme, además de un óptimo balance de color y saturación.

La cámara fue primero ofrecida con una relación de aspecto 5:3, después el diseño fue cambiado para proveer una relación de aspecto de 16:9.

III.2.6 Convertidores

El modelo Down Converter HDN-2000 es usado para convertir una señal de entrada de Alta Definición de 1125 líneas y entrelazado a 60 Hz a una versión de 525 líneas ya sea a 60 ó 59.94 Hz con control de la porción de la relación de aspecto de 16:9, incluida dentro del cuadro de 4:3. Las entradas de 1125 líneas pueden ser componentes RGB o YUV (luminancia y dos componentes de crominancia). Estas son almacenadas en memorias de cuadro desde las cuales son leídas por interpolación de línea, como las señales entrelazadas de 525 líneas. Si éstas se desean a una frecuencia de campo de 60

Hz, la frecuencia de entrada no es alterada. Para formar una señal compatible con NTSC de 59.94 Hz, el tiempo de lectura es controlado por una forma de onda sincronizadora NTSC la cual es suministrada al convertidor.

Controlando el inicio y el final de las lecturas vertical y horizontal relativas a la temporización de campo, la proporción del cuadro 16:9 incluida en el explorado de 525 líneas puede ser ajustada de diferentes modos. Dos de éstos son: "bordes cortados" y "regiones oscuras". En otras pantallas, alterando las frecuencias de lectura, las dimensiones horizontal y/o vertical de la imagen de Alta Definición mostradas en la pantalla de 4:3 pueden ser ajustadas, produciendo efectos conocidos como "Compresión" y "Ampliación". La posición de la imagen ampliada de 1125 líneas puede ser combinada ajustando el tiempo de las lecturas.

Las salidas de 525 líneas están disponibles en RGB o en la forma YUV. Imágenes congeladas pueden ser producidas y un rango completo de funciones de mejoramiento de la imagen es proporcionado. Un generador de barras de color NTSC se incluye para calibrar los niveles de balance de color después de la conversión.

C A P I T U L O I V

APLICACIONES

IV Aplicaciones

La televisión de alta definición tiene gran potencial no solo como un sistema nuevo de televisión, sino también en otros campos tales como el cine, la cultura, la industria y en general de la vida diaria. A continuación se describen los más importantes.

IV.1 Circuito cerrado

Comprende una red de comunicación a través de satélites y cables ópticos, ofreciendo imágenes en vivo de eventos tales como carreras de caballos y peleas de box, conciertos de rock, subastas de objetos de arte y conferencias médicas a regiones apartadas.

Una pantalla grande con una relación de aspecto 16:9 destacando una reproducción rica en color y clara nitidez debida a la exploración de 1125 líneas, da al espectador una fuerte sensación de presencia juntamente con alta calidad de sonido.

Se puede disfrutar con gran calidad de las imágenes presentadas en la pantalla mientras se comen bocadillos o se

realizan notas, porque el sistema de proyección de fondo o posterior (proyector tipo válvula de luz) de la red no es afectado por luz externa.

IV.2 Galerías

La calidad de la imagen de alta definición es capaz de reproducir el tinte y la textura del material de las obras de arte.

Difícil pensar en la posibilidad de exhibir una colección entera en un solo espacio, pero alta definición lo hace posible ya que permite apreciar obras de arte no exhibidas tan reales como los originales a través de un sistema de rápida y fácil recuperación utilizando un archivo de imágenes fijas de alta definición contenidas en una base de datos.

Las imágenes fijas de alta definición preservan la peculiaridad de los objetos de arte semipermanente ya que estos permanecen libres de deterioros.

Utilizando una red de comunicación entre museos afines y distantes es posible una exhibición simultánea de objetos.

Es también posible una exhibición en circuito cerrado en lugares alejados de los museos o galería.

Programas de comentarios sobre artistas y sus trabajos son editados y ofrecidos a los visitantes en los museos.

Sobre solicitud, las imágenes de alta definición pueden ser impresas o grabadas rápidamente.

IV.3 Campo de la medicina

La gran calidad de imagen y excelente reproducción de color de la cámara de alta definición permite la filmación de operaciones quirúrgicas con una clara definición de arterias, venas y demás órganos. En el caso de cirugías, en las cuales es necesario el uso de microscopios, la lesión vista sólo por el cirujano y el proceso de la operación en sí, son amplificados sobre una pantalla.

Junto al cirujano, los asistentes del mismo dentro del cuarto de operaciones, incluidos el anestésista y enfermeras pueden seguir el curso de la operación vía imágenes de alta definición, ampliando los progresos y detalles de la misma.

El sistema de alta definición contribuye también a mejorar las técnicas de diagnóstico médico, y además facilita el aspecto didáctico ya que permite a internos y estudiantes observar en las pantallas de otras aulas.

Las imágenes contenidas en video cintas son utilizadas también como valiosos datos científicos y didácticos.

Rápida recuperación de imágenes es posible, ya que filmaciones y películas de Rayos X son almacenadas en la base de datos de imágenes fijas de alta definición.

Conferencias utilizando televisión de alta definición, combinando líneas telefónicas con sistemas de circuito cerrado hacen posible en cuanto a la comunicación una tecnología médica sofisticada.

IV.4 Estudio-educación

AUDIOVISUALES AUXILIARES DE ALTA DEFINICION

No sólo para educación escolar, sino también en educación cultural ó artística, y en el adiestramiento de conducción de vehículos u operación de maquinaria, la claridad y nitidez de

las imágenes de alta definición y la gran calidad de su sonido ofrece gran eficiencia.

Especialmente, imágenes de alta definición tomadas a través de cámaras submarinas y cámaras microscópicas presentan el estado real de objetos poco familiares y fomenta una mejor comprensión de los temas.

LECTURAS REMOTAS (CIRCUITO CERRADO)

En colegios y escuelas, la lectura de un profesor puede ser recibida al mismo tiempo en otras aulas vía un sistema de comunicación proporcionando claras imágenes de alta definición y sonidos de calidad.

Este ofrece una atmósfera de presencia, permitiéndole a uno acercamiento de la lectura y observar textos sobre un pizarrón permitiendo el seguimiento de la experimentación.

También es posible un sistema bidireccional, en este se mejoran los efectos educacionales de la lectura devolviendo las reacciones y preguntas de los presentes en aulas remotas.

IV.5 Servicio de información público

En espacios públicos, tales como estaciones de ferrocarril, aeropuertos, estaciones de autobús y restaurantes, una variedad de información sobre lugares de entretenimiento o de interés turístico, costumbres de la población, eventos anuales, platillos y especialidades locales, es mostrada con eficiencia a través de una gran pantalla de alta definición turística y viajeros, el sistema es también una excelente herramienta para proveer información sobre itinerarios con horarios y rutas de los medios de transporte.

IV.6 Cine

Alta definición ofrece una gran pantalla más bien amplia, con relación de aspecto 16:9, casi idéntica a vista visión.

La gran calidad de la imagen de 1125 líneas de exploración, iguala la reproducción en color de las películas de 35 mm. La calidad del sonido enfatiza la sensación de presencia aún más.

Compilación de una gran variedad de programas es posible con cartuchos de cinta magnética grabados o a través de una red vía comunicación satélite.

Debido a la fácil operación, algunos auditorios pueden ser controlados por un reducido cuerpo técnico.

El sistema de proyección tipo posterior, es adoptado en bares y/o restaurantes para la exhibición de musicales y eventos deportivos debido a que en este sistema la luz de la pantalla no es afectada por luz externa.

El proyector tipo válvula de luz, ofrece excelentes imágenes de alta definición en pantallas de 200 y 300 pulgadas.

IV.7 Conferencias

Conferencias a través del sistema de televisión de alta definición utilizando una amplia pantalla muy fina y sonido dinámico realza la sensación de presencia. Este multiplica la atención e interés de los participantes y contribuye a acelerar la toma de decisiones y facilita la comunicación.

En convenciones y simposiums a gran escala, la gran pantalla de alta definición ayuda a mejorar el entendimiento y unificación entre la audiencia porque permite observar claramente datos de la imagen y la escena aún lejos de la pantalla.

IV.8 Promoción de ventas

La presentación de imágenes a través de pantallas de alta definición en diversos lugares de interés públicos es un método efectivo para anuncios de productos, promociones de ventas incluyendo en la presentación aparadores con mercancías; la gran resolución de las imágenes y rica reproducción de color ofrece fielmente la forma y el color de los artículos.

En centros comerciales, combinando imágenes en vivo con imágenes grabadas se atrae la atención de los visitantes, realzando las ventas.

IV.9 Catalogo electrónico

En cuanto a mercancías de alto valor tales como joyas y metales preciosos, terrenos, casas habitación, programas de viaje ó para membresías en clubes deportivos, un catálogo electrónico utilizando el sistema de alta definición con sonido e imágenes de gran calidad ofrece una explicación satisfactoria y detallada de estas mercancías para la consideración de los clientes. El sistema también es efectivo para la promoción de ventas y asesorías por medio de manuales visuales.

La textura y color de los materiales, joyería y artículos de moda son vistos en pantalla de alta definición tan reales como los originales.

El sistema permite rápida revisión y búsqueda de los artículos o mercancías de acuerdo al gusto del cliente, esto es, color, diseño, tamaño, etc. El catálogo también describe por ejemplo, modo de operación de un automóvil.

Cientes en lugares distantes pueden enlazarse a través de una línea de comunicación del sistema de alta definición, para subastas de obras de arte o carros usados.

IV.10 Despliegue de imagen de fondo

Hermosas e impactantes imágenes de gran calidad en pantallas de alta definición y también gran calidad de sonido, en restaurantes, cafeterías, salas de té, bares o en el vestíbulo de un hotel o de un teatro pueden enfatizar y realzar el ambiente y ánimo del lugar atrayendo a más clientes.

IV.11 Entretenimiento

El impacto y tamaño de las imágenes de alta definición son una buena opción para el tiempo libre.

Atracciones como reportajes o documentales de viajes espaciales, viajes submarinos, el reino animal ó el mundo microscópico son así más excitantes y divertidos.

G L O S A R I O

ATSC (Advanced Television Systems Committee).-Comite de Sistemas de Television Avanzada).

Ancho de banda.-Capacidad de transmisión de un canal., el ancho de banda indica la cantidad de información por unidad de tiempo que puede llevar una línea de transmisión. También se refiere al máximo de pulsos eléctricos (BITS) por segundo que pueden transmitirse a través de un canal digital.

Banda lateral residual.-Sistema de modulación en amplitud en el cual no se rechaza por completo una banda lateral, sino que se acepta un corte gradual de dicha banda.

BIT (BINARY DIGIT).-Unidad de información lógica que asume unicamente dos valores "0" o "1".

Broadcasting (Radiocomunicación).- Proceso radioeléctrico que utiliza ondas electromagnéticas para transmisión de imágenes y/o sonidos. La radiocomunicación implica que arranca de un centro común y va divergiendo.

BTA (Broadcasting Technology Association).-Asociacion Tecnológica de Radiocomunicación.

Candela.-Equivale a la intensidad luminosa de 1/600,000 de metro cuadrado de un cuerpo negro que se encuentre a la temperatura de solidificación del platino y a una presión de 101,325 Newtons por metro cuadrado.

CATV.- Antena de tv comunitaria, CATV fué la denominación de televisión por cable.

CCD (Charge Coupled Devices).- Dispositivo de acoplamiento de carga.

CCIR (Comite Consultiv International Radio).- Comite Consultivo Inetrnacional de la Radio.

CIE (Commision Internationale de I'Eclairage).-

Cinescopio.-Tubo de rayos catódicos usado para reproducir una imagen por la variación de la intensidad de un rayo explorador.

Colorimetría.-Medición y análisis del color e intensidad de las imágenes percibidas por el ojo humano, y de las convertidas en señales eléctricas.

Crominancia (Croma).-Es la información de color contenida en la señal de una imagen de televisión.

DBS (Direct Broadcasting Satellite).- Radiocomunicación directa de satélite.

Drum (Tambor).-Columna cilíndrica que contiene las cabezas de video alrededor de la cual la cinta es parcialmente enrollada para el contacto con las cabezas de video en un sistema de grabación o reproducción en cinta magnética.

EBU (European Broadcasting Union).- Unión Europea de Radiocomunicaciones.

Efecto estereoscópico.-Efecto tridimensional o de relieve que se produce cuando se superponen dos imágenes planas.

Espectro visible.- Comprende un grupo de ondas electromagnéticas cuyas frecuencias producen en el ojo sensación de color.

Especios dicróicos.- Cara de reflexión con delgadas películas transparentes sobrepuestas en múltiples estratos, las cuales pueden reflejar una parte de la luz visible por una acción de interferencia de la luz seleccionada y transmitir la parte restante.

Exploración entrelazada.-Proceso que divide el modelo explorado en 2 grupos (non y par) de líneas espaciadas que son desplegadas secuencialmente, un grupo colocado precisamente dentro de el espacio de el otro. Cada grupo de líneas es llamado campo y el grupo entrelazado de dos campos es un cuadro.

Exploración progresiva.-Este método de exploración se compone de un solo campo, las líneas que lo integran son adyacentes unas con otras.

Exploración rectilínea.-El proceso de reconstrucción de una imagen en una serie de elementos o grupo de elementos representando valores de luz, y transmitiendo esta información en una determinada secuencia de tiempo.

F (número F).-Medida del area de la apertura del iris del lente de la cámara de televisión. f22 es angosto mientras que f3 es ancho.

FCC (Federal Comition Communication).-Comisión Federal de Comunicaciones.

Fotoconductor.-Material que varia su conductividad en función a la luz que incide sobre él.

Fotoeléctrico.- Dispositivo que despliega variaciones de luz en base a variaciones de corriente eléctrica.

Fotosensible.- Dispositivo sensible a la luz.

Hardware.-Es el mundo del almacenamiento y transmision, comprende la maquinaria, el CPU y todos los periféricos, en general cualquier dispositivo electrónico.

HDTV (High Definition Television).- Television de alta definición.

Illuminant C.- (Estandar Illuminant C).- Norma que considera el centro de la región blanca como un blanco particular que es igual a la luz del sol del cielo del norte.

LCD (Liquid Cristal Display).- Pantalla de cristal liquido.

LSI (Large Scala Integration).- Alta escala de integracion.

Lumen.- Medida de la cantidad de luz tomada directamente de la fuente de luz. 1 Lumen por pie cuadrado es igual a 1 footcandela.

Luminancia.- Es la información de brillantez de la imagen de la señal de televisión.

Lux.- Unidad de medida de la luz. 1 footcandela es igual a 10.76 lux. 1 Lux es la más pequeña unidad de medida.

Modulación en frecuencia.- Es aquella en la cual la frecuencia de la señal portadora se hace variar de acuerdo a las características de la señal moduladora.

Monocromático.-Señal de video conteniendo sólo niveles de brillo. En televisión se denomina señal monocromática a la señal de blanco y negro.

MUSE (Multiple Sampling Encoding).-Codificador de muestreo multiple.

NHK (Nippon Hoso Kyokai).- Corporación japonesa de comunicaciones.

NTSC (National Television System Committee).- Comité Nacional de Sistemas de Televisión.

PAL (Phase Alternate Line-Rate).- Línea de fase alternada.

Pixel o Pel (Picture Element).-Elemento de imagen.

Portadora.-Señal única de transmisión, generalmente es una onda oscilatoria uniforme que se utiliza para establecer una liga entre el emisor y el receptor.

Resolución (Horizontal y vertical).-Es la cantidad de detalle que puede apreciarse en la dirección horizontal o vertical de una imagen. Generalmente se expresa como el número de

distintas líneas alternadas blancas y negras, en forma vertical u horizontal respectivamente que pueden ser vistas en un patron de prueba.

SECAM (Sequential Couleur Avec Memoire).- Memoria con secuencia de color.

Sincronización.-Sostener una operación en coincidencia con otra. Se aplica este término a las señales o pulsos, los cuales aseguran que el rayo explorador del monitor de imagen este en coincidencia horizontal y verticalmente con el rayo del tubo de la cámara de televisión.

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers).- Sociedad de Ingenieros de Television y Cinematografía.

Software.-Es el mundo de la lógica y el lenguaje, comprende un conjunto de instrucciones que indican a un computador que hacer.

Subportadora.-Señal de alta frecuencia que es superimpuesta sobre señales de t.v. para acarrear información de color.

Transponder.-Receptor-Transmisor de señales en un satélite de comunicaciones.

Tubo de rayos catódicos.-Ensamble de tubo electrónico que contiene un cañon electrónico colocado para dirigir un rayo sobre una pantalla fluorescente. La exploración del rayo puede producir luz en todos los puntos rastreados.

UHF (Ultra High Frequency).- Ultra alta frecuencia., comprende frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 Mhz.

Unidad Liminal.-Minima unidad luminosa que puede percibir el ojo humano.

VHF (Very High Frequency).- Muy alta frecuencia., comprende frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mhz.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Benson, K. Blair y Fink, Donald G.
"HDTV Advance Television For The 1990's"
Intertex Publications, Mc.Graw-Hill Publishing Company
Inc.
E:U:A: 1991 1ra. edición.
2. NHK - Engineering Development Departament
HI-Vision Aplicacions Guidebook
NHK-Engineering Administration Departament
1990.
3. Prentts Stan
HDTV High - Definition Television
Tab Books Inc.
E.U.A. 1990 1ra. edición.
4. Seo K., Ezawa T.
Recent Broadcast Engineering High Definition Television
The NHK Science & Technical Reserch Laboratories
1990.

5. SMPTE Journal
1125/60 High Definition Production System, SMPTE 240 M
Proposed American National Standard
Noviembre 1987.

6. NHK, High Definition, Japan, NHK
(Japan Broadcasting Corporation)
Febrero de 1992.

7. Bernard Grob, Televisión Práctica, México - Barcelona,
Publicaciones Marcombo, S.A.
1984.

8. Jim Wheeler, Información General, Amapex Corporation,
Febrero de 1982.

9. Van Valkenburg, Hooger y Neville, Televisión Básica
Volumén 1, Editorial Continental, S.A.
México 1985.

10. Lathi, P.B.
Sistemas de Comunicación
Edit. Interamericana
México 196, 1ra. Edición