

30  
2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

REQUERIMIENTOS TECNICOS Y ESTANDARES EN  
LA CONFIGURACION BASICA DE UN ESTUDIO DE  
TELEVISION PARA MANEJO DE SEÑAL DIGITAL.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA

**EDUARDO**

**GUERRERO**

**PRADO**

ASESOR DE TESIS: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1992

271767

TESIS CON  
FOLIO 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  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

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

"Requerimientos Técnicos y Estándares en la Configuración Básica de un  
Estudio de Televisión para manejo de Señal Digital".

que presenta el pasante: Eduardo Guerrero Prado  
con número de cuenta: 8561652-7 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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de Junio de 1998.

PRESIDENTE	<u>Ing. Armando Aguilar Márquez</u>	
VOCAL	<u>Ing. Ubaldo Ramírez Urizar</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Juan González Vega</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Blanca G. de la Peña Valdeja</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Margarita López López</u>	



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

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTONOMA DE  
 MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

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

"Requerimientos Técnicos y Estándares en la Configuración Básica de un Estudio de Televisión para manejo de Señal Digital".

que presenta el pasante: Eduardo Guerrero Prado

con número de cuenta: 8561652-7 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

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de junio de 1998.

PRESIDENTE	<u>Ing. Armando Aguilar Márquez</u>	
VOCAL	<u>Ing. Ubaldo Ramírez Urizar</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Juan González Vega</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Blanca G. de la Peña Valencia</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Margarita López López</u>	

*A mi familia  
por su apoyo y entusiasmo*

**INDICE**

## INDICE

<i>PRESENTACIÓN</i>	1
<i>CAPITULO I CONCEPTOS BÁSICOS</i>	6
I.1 INTRODUCCIÓN	6
I.2 NOTA PARA EL LECTOR	8
I.3 CONCEPTOS BÁSICOS PARA ENTENDER LA TELEVISIÓN DIGITAL	9
I.4 LIMITACIONES Y PROSPECTOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL	21
<i>CAPITULO II VIDEO Y AUDIO DIGITAL</i>	23
II.1 ¿ PORQUÉ TELEVISIÓN DIGITAL ?	23
II.2 ¿ PORQUE DIGITAL SERIE ?	28
II.3 EL FORMATO	29
II.4 CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DE COLOR EN EL SISTEMA NTSC	32
II.5 FORMATO DE CODIFICACIÓN	43
II.6 SELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO	46
II.7 VIDEO DIGITAL, ESTÁNDARES DE VIDEO DIGITAL	51
II.8 CCIR 601	51
II.9 4:2:2	51
II.10 COMPONENTES PARALELO DIGITAL - SMPTE 125M	52
II.11 SEÑAL COMPUESTA DIGITAL EN PARALELO - SMPTE 244M	53
II.12 COMPONENTES EN DIGITAL SERIE - SMPTE 259M	55
II.13 SEÑAL COMPUESTA DIGITAL EN SERIE - SMPTE 259M	55
II.14 CONVERSIÓN DE FORMATOS	56
II.15 AUDIO DIGITAL, FORMATOS Y ESTÁNDARES DE AUDIO DIGITAL	59
II.16 AUDIO AES/EBU	60
II.17 AUDIO INSERTADO	62
II.18 SISTEMATIZACIÓN DE AUDIO AES/EBU	65
<i>CAPITULO III PRUEBAS Y MEDICIONES</i>	67
III.1 PRUEBAS Y MEDICIONES DE EQUIPO DIGITAL	67
III.2 ESPECIFICACIONES Y MEDICIONES DE LA FORMA DE ONDA DE LA SEÑAL DIGITAL	71
III.3 MEDICIONES DE OPERACIÓN EN LA TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN	75
III.4 DEFINICIÓN Y DETECCIÓN DE ERRORES	76
III.5 DEFINICIÓN DE ERROR	77

III.6	CUANTIFICACIÓN DE ERRORES	79
III.7	NATURALEZA DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE VIDEO DIGITAL EN ESTUDIO	80
III.8	DETECCIÓN Y MANEJO DE ERRORES - SMPTE 165	84
III.9	PRUEBAS FUERA DE SERVICIO	86
III.10	SEÑALES DE PRUEBA	87
III.11	EFFECTOS DEL JITTER	88
III.12	MIDIENDO EL JITTER	90
III.13	PROBANDO EL SISTEMA	91
 <i>CAPITULO IV CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN</i>		94
IV.1	SISTEMAS DE VIDEO DIGITAL	94
IV.2	FORMATO DIGITAL PARALELO	94
IV.3	FORMATO DIGITAL SERIE	96
IV.4	SELECCIÓN DE CABLE	98
IV.5	CONECTORES DE VIDEO	101
IV.6	PANELES DE PARCHEO	101
IV.7	ECUALIZACIÓN DE CABLE Y REGENERACIÓN DE RELOJ	102
IV.8	SINCRONIZACIÓN (TIEMPO DEL SISTEMA)	104
IV.9	MEZCLADORES DIGITALES CON AUTO-TIMING	105
IV.10	DECISIONES DE RUTEO-MATRICES	106
IV.11	TIPOS DE CABLES Y CONECTORES DE AUDIO	107
IV.12	DECISIÓN DE AUDIO	109
IV.13	AUDIO INSERTADO	109
IV.14	AUDIO ENRUTADO POR SEPARADO	110
IV.15	LINEAS DE ENLACE (TIE LINE)	113
IV.16	CASOS DE ESTUDIOS, INSTALANDO UN ROUTING SWITCHER	115
IV.17	EJEMPLOS DE INSTALACIONES EN DIGITAL PARALELO Y SERIE	117
IV.18	EJEMPLO DE UN SISTEMA DE RUTEO	118
IV.19	EJEMPLO DE UN SISTEMA DE VIDEO HIBRIDO (ANÁLOGO Y DIGITAL)	120
IV.20	EJEMPLO DE UN SISTEMA DE AUDIO HIBRIDO (ANÁLOGO Y DIGITAL)	121
 <i>CAPITULO V CONCLUSIONES UN VISTAZO AL FUTURO</i>		122
V.1	CONCLUSIONES	122
V.2	RESPUESTAS A PREGUNTAS COMUNES	122
V.3	UN VISTAZO AL FUTURO (NUEVOS FORMATOS DE SEÑAL)	126
V.4	EL FUTURO DE LA TELEVISIÓN	129

<i>ESTANDARES</i>	130
<i>GLOSARIO</i>	134
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	139

## **PRESENTACIÓN**

TEMA :

***" REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y ESTÁNDARES EN LA CONFIGURACIÓN BÁSICA DE UN ESTUDIO DE TELEVISIÓN PARA MANEJO DE SEÑAL DIGITAL "***

***INTRODUCCIÓN***

En la actualidad la televisión digital comienza a adquirir auge e importancia dentro de los medios profesionales televisivos de nuestro país, ya que estos cuentan cada vez más con nuevos equipos que dentro del área digital van ampliando su mercado; ya que no importando el tipo de transmisión a la cual se refieran cada una de las empresas (vía cable o microondas), al manejar en las etapas anteriores este desarrollo técnico, se aumenta el nivel de calidad y practicidad. Este tipo de tecnología es de costo elevado y como consecuencia sólo las televisoras fuertes a nivel nacional son capaces de obtenerla, pero se cree que este campo evolucionará al grado de que la mayoría de éstas cuenten con el equipo adecuado para su apropiado desarrollo.

Por lo tanto se genera una gran demanda de profesionales que puedan desenvolverse en este medio, y aquí se presenta una problemática, la cual se traduce en una necesidad de acceso a información relacionada al tema; misma que está concentrada principalmente en los centros profesionales de trabajo que cuentan con dicho sistema. Definitivamente hoy en día las televisoras privadas están a la vanguardia técnica y por ende necesitan profesionistas capacitados para la manipulación de señal en televisión digital.

En el medio profesional de televisión, los ingenieros del área que entran en contacto con equipo digital para un estudio profesional (Broadcast) por primera

vez, llegan con nada o muy poca experiencia acerca de este tema, pues no existe un manual que proporcione los conceptos básicos para la configuración de dicho equipo. Provocando esta situación un bajo desempeño de los empleados así como pérdidas económicas y de tiempo de las empresas en la capacitación del personal.

La investigación de datos y requerimientos técnicos, tendrá como fin conocer estándares así como auxiliar en los pasos para la conexión y manipulación de equipo en un estudio profesional que maneje señal digital. Además de mostrarnos los puntos que faciliten el acceso a los nuevos software y hardware que manejan los sistemas digitales, aunando el contacto con los aparatos de medición de operación sofisticada poco encontrados en las universidades y en otros medios relacionados con ingeniería electrónica. Por lo tanto al elaborar los requerimientos técnicos y estándares en la configuración básica de un estudio de televisión (Broadcast) para manejo de señal digital, proporcionaremos la información básica suficiente para manipular y conectar equipo televisivo digital en un estudio.

## ***ANTECEDENTES***

En las universidades y centros de estudios profesionales relacionadas con el área de telecomunicaciones y electrónica, la información en cuanto a televisión digital es dispersa y en algunos casos incipiente, por lo tanto una investigación de esta índole proporcionaría a los ingenieros o estudiantes del área una referencia en la cual se asienten las bases para facilitar su desarrollo profesional en el ámbito televisivo digital; bases como: estándares de video digital, en componentes y compuesto en los formatos paralelo y serial, especificaciones y mediciones de formas de onda.

Principalmente existe información relacionada con la naturaleza de el video y audio digital, pero es más escasa en lo referente a la conexión y manejo de equipo diseñado propiamente para un estudio de televisión digital. El acceso a esta información en el sentido de actualidad y de vanguardia en tecnología de mercado, solo es suministrado precisamente a las empresas consumidoras de estos sistemas, por lo que se podrá tener una idea de lo escasa que es en otros medios.

### ***HIPÓTESIS***

La elaboración de los requerimientos técnicos y estándares en la configuración básica de un estudio de televisión (Broadcast) para manejo de señal digital, permitirá a los ingenieros del área, adquirir los conocimientos necesarios para realizar mediciones de señales apropiadas, conexión, manipulación e instalación del equipo, en un estudio de televisión digital.

### ***OBJETIVOS***

Objetivo general :

- Proporcionar los requerimientos técnicos y estándares para la configuración básica de un estudio de televisión profesional (Broadcast) para manejo de señal digital.

Objetivos específicos:

- Definir el concepto de Broadcast, en el mercado nacional.
- Establecer los conceptos de señal digital y la diferencia contra señal analógica.
- Definir los estándares para audio y video digital.

- Conocer las formas de medición para señal digital y sus necesidades técnicas.
- Identificar el equipo en general con que cuenta un estudio de televisión que maneje señal digital.
- Mostrar las formas adecuadas de conexión del equipo para un estudio de televisión digital.

## **METODOLOGÍA**

Se cumplirán los objetivos de este proyecto, mediante una investigación :

### **Documental.**

- Recopilando información de diferentes manuales, libros, revistas, etc., que existan en el campo laboral profesional televisivo; estos pertenecen a las diferentes firmas o marcas de los equipos con que trabajan dichas televisoras. Estos datos se pretenden presentar en un contexto general para su fácil aplicación.

### **De Campo.**

- Presentando la compilación final de este proyecto a la comunidad técnica profesional para su evaluación.

## **TEMARIO TENTATIVO**

<b>CAPITULO I</b>	<b>CONCEPTOS BÁSICOS</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>VIDEO Y AUDIO DIGITAL</b>
<b>CAPITULO III</b>	<b>PRUEBAS Y MEDICIONES</b>
<b>CAPITULO IV</b>	<b>CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN</b>
<b>CAPITULO V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- NTSC Studio Timing Principles and Applications ISSUE 3 1988  
por Grass Valley Group, Inc.
- Designing Digital Systems ISSUE A 1993  
por Grass Valley Group, Inc.
- Digital Television Systems and Measurements ISSUE 1994  
por Tektronix
- An Introduction To Digital Television Systems ISSUE 1994  
por Leitch Hedco Company
- Digital 101, Seminario sobre Tecnología Digital EDICIÓN 1991  
por Sony Corporación
- Digital Audio Basics ISSUE 1991  
por Sony Corporation
- Seminario sobre Televisión Digital en el Estudio EDICIÓN 1995  
por Tektronix
- Digital Video, Selections from the SMPTE Journal  
por Frank Davidoff, John Rossi and Charles Rubinstein
- Digital Fact Book
- editado por Quantel Company
- Televisión Digital por RTVE  
editado por el Instituto Oficial de Radio y Televisión de España

**ASIGNATURAS RELACIONADAS CON EL TEMA**

Medición e Instrumentación	6º semestre
Diseño Lógico	7º semestre
Análisis de Señales y Modulación	8º semestre
Electrónica Digital	9º semestre
Control Digital	10º semestre
Instrumentación Electrónica	10º semestre

## CAPÍTULO I

# **CONCEPTOS BÁSICOS**

## CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Los desarrollos en los últimos años en el campo del video digital han excedido tempranamente los pronósticos de todos. Este suceso se da no solamente porque el equipo digital puede desempeñar las funciones ordinarias de la televisión convencional, sino porque las técnicas digitales han abierto un nuevo mundo intacto de procesos de video, que son difíciles o imposibles de desarrollar con dispositivos analógicos.

Para realmente apreciar el potencial de la televisión digital, es útil hacer una analogía entre la industria de la televisión de difusión (**BROADCASTING**) y la industria de la computación. Justo como en la industria de la computación, los productores de televisión de emisión manejan grandes bloques de información. Aquí el sistema analógico lo hace tan bien como el digital y frecuentemente a bajo costo. Pero como el procesamiento está llegando a ser más y más complejo, preciso, consistente y confiable, asume y requiere más importancia, y el sistema digital ha demostrado más eficiencia.

Cuando el promedio de las personas escuchan la frase "**Televisión Digital**" se inclinan a responder "yo conozco que significa 'digital' en términos de un reloj digital, pero cómo puede ser digital la televisión? Dónde están los números?". La respuesta es que el principio de televisión digital involucra el uso de números en la generación, manipulación, grabación y transmisión de imágenes de televisión pero - no como un reloj digital - los verdaderos números no son mostrados. El desarrollo de tecnología digital está siendo observado con gran interés por las personas que se dedican a hacer y transmitir televisión. Una de

las principales innovaciones de la operación de la televisión de hoy ha sido el usar equipo digital de video. La aplicación de técnicas de video digital para equipo de transmisión ya ha iniciado, diferentes clases de tal equipo ya están disponibles. Una mayoría de los creadores de televisión usan tal equipo en sus estudios, estaciones de producción de programas y operaciones de control remoto. Un importante ejemplo es el corrector digital de base de tiempo que ha sido creado para las grabadoras de video portátiles, contribuyendo a la exitosa recopilación y grabación de noticias.

Para mantenerse con los rápidos cambios tecnológicos de los 90's, los sistemas de televisión digital están reemplazando a analógicos existentes. Para obtener el mayor beneficio, los **sistemas de televisión digital** deben ser diseñados siguiendo un nuevo conjunto de reglas, las que a veces son muy similares, y en ocasiones son bastante diferentes de diseños prácticos análogos ya existentes. Usualmente los planes de diseño deben primero incluir una operación analógica/digital, una transición gradual a un sistema digital completo, y una última transición a televisión avanzada (Advanced TV) o televisión de alta definición (HDTV).

El propósito de este trabajo será el exponer los fundamentos de la televisión digital, su comparación con la convencional (debería llamarse "análoga") y las características del equipo digital disponible y consideraciones de diseño. Examinará algunas de las emocionantes posibilidades y grandes dificultades que encontrarán diseñadores de sistemas de televisión digital. Se hace énfasis en que la frase "**Televisión Digital**" como se usará se refiere a la digitalización de una señal de video.

La tecnología digital está presente ahora en todos los aspectos de diseño y equipo electrónico. La lógica digital es usada en estaciones de televisión, en la

elaboración de sistemas de automatización, en controles remotos, generación de gráficos, etc. Sin embargo, el término "**Televisión Digital**", como lo usaremos aquí no se refiere a estas aplicaciones.

## **1.2 NOTA PARA EL LECTOR:**

Un gran porcentaje de la información de este trabajo se recopiló de documentos, libros, manuales, folletos, revistas, etc., especializados en el tema y escritos en inglés, por lo tanto, se respetaron las palabras originales en inglés en que los casos en que la terminología **usada en el medio** así lo requería. También se incluyeron ya sea la traducción o el original en inglés entre paréntesis, como una explicación adicional para la mejor comprensión de los términos involucrados. Las palabras escritas en forma *italizada* indican que tienen una explicación en alguna parte del glosario. Las palabras escritas en **negrita e italizada** resaltan conceptos importantes.

### 1.3 CONCEPTOS BÁSICOS PARA ENTENDER LA TELEVISIÓN DIGITAL

La televisión convencional es televisión **"análoga"**. Cuando una imagen es explorada, en un dispositivo CCD (dispositivo de carga acoplada) (antiguamente un tubo de cámara) se obtiene una señal que se incrementa con la cantidad de luz que incide en éste. Esta señal variable es usada y procesada en el para producir una señal de difusión o transmisión. La señal que es radiada de la antena de la estación pasa a través de la atmósfera hasta una antena receptora. En el receptor el proceso es inverso: un incremento positivo en el voltaje de la señal aplicado a la rejilla del tubo de imagen (cinescopio) causa un incremento en la luminancia de un punto dado sobre la pantalla. De este modo, en una cámara de televisión, una señal electrónica es usada como una "analogía" para representar un patrón de luz, mientras que en el receptor, un patrón de luz es generado como una "analogía" para representar una señal electrónica.

Para transmisiones en color, la intensidad de la luz que es convertida en los colores rojo, verde y azul y a su vez en corrientes en la cámara, aparecen como minúsculos puntos de luz de color en el receptor. El ojo de el televidente combina "aditivamente" los tres puntos para producir una imagen en todo color, y puesto que las imágenes son enviadas en "cuadros", la persistencia de la visión permite al televidente percibir suaves y continuos movimientos.

De la remota imagen de televisión en blanco y negro, pequeña, redonda y frecuentemente ruidosa, a la grande, definida y en pleno color de la imagen de hoy, los principios apenas han cambiado, la televisión análoga se ha desarrollado y perfeccionado pero ésta **es todavía análoga**. Requiere de una buena vista y buen "juicio" para ser ajustada y usarse, tiene problemas de resolución y ahora tiene la competencia de la **televisión digital**.

En orden para comprender los principios de televisión digital, se debería estar familiarizado con la televisión convencional, al igual que conocer el significado de ciertos términos, los cuales incluyen:

- Broadcast
- Bits y Bytes
- Notación Binaria
- Sistemas Digitales y Análogos
- Datos Continuos y Discretos
- Resolución
- Muestreo y Cuantificación
- Modulación y Codificación
- Ancho de Banda

A continuación se describirán brevemente estos conceptos.

## ***BROADCAST***

Según la traducción de el diccionario ***"Broadcast"*** se define como:

- Para radio : emitir, radiar;
- Para televisión : transmitir, televisar; emisión, transmisión de un programa de radio o televisión. (Referencia diccionario Smart Océano)
- Emisión, transmitir, radiodifusión. (Referencia diccionario Harper Collins)

En el ámbito de la televisión el generar, producir y transmitir a nivel profesional, se conoce como " broadcast ". Se le llama ***"profesional"*** a aquella

señal de televisión que se emite bajo ciertas normas y estándares técnicos preestablecidos por las diferentes asociaciones dedicadas a la generación, distribución y recepción de los diferentes sistemas (NTSC, PAL, SECAM). Como ejemplo mencionamos las siguientes asociaciones: CCIR, AES, EBU y SMPTE.

## ***BITS Y BYTES***

La información digital está representada a distintos niveles: el nivel más simple es el bit. Bit es una abreviación para dígito binario. Un bit es información suficiente para indicar 1 o 0. Agrupando varios bits, un carácter o número (como A, B o 5) pueden ser representados, y a esto se le conoce como byte. Los grupos de bits pueden ser de ocho, diez, dieciséis, diez y ocho, veinte o veinticuatro bits. Se deberá mantener en mente que esos grupos son llamados bytes o palabras.

La velocidad a la cual la información digital es transmitida está representada en millones de bits por segundo (ejem. 143Mb/s) y millones de palabras por segundo (26 Mpalabras/s).

## ***USO DE NOTACIÓN BINARIA***

Debido a que el simple interruptor electrónico tiene dos posiciones esenciales, ***"prendido y apagado"***, es conveniente el utilizar un código binario para representar los niveles de amplitud muestreados. El código binario solo usa dos dígitos, ***cero y uno***, los cuales pueden ser representados por pulsos. En algunos sistemas, la inexistencia de un pulso es un "cero" y la

existencia de éste es un "uno"; existen otras maneras de implementar un código binario. La interpretación de la notación binaria es sencilla. Donde, en notación decimal, cada "lugar" que un dígito es movido a la izquierda, multiplica el valor de éste por diez. en notación binaria cada lugar movido a la izquierda multiplica el valor de el dígito por dos. Así "10" en binario es "2" en decimal; "101" en binario es "5" en decimal; y "1110111" en binario es "119" en decimal. Los "lugares" disponibles en un número codificado en binario limitan tanto el número binario más largo que puede ser expresado como la resolución que se pueda obtener de este código. El número binario más largo que puede ser expresado con N bits es  $2^N - 1$ , y la resolución es limitada a un paso en  $2^n$ .

La resolución de 8 bits para cada muestra es la *mínima aceptable* para televisión digital broadcast.

## *SISTEMAS DIGITALES Y ANALÓGICOS*

La manera más directa de acercarse a estos conceptos es por ejemplos de comparación entre análogo y digital. Existen diferentes dispositivos analógicos y digitales los cuales son familiares para casi todos. Un simple termómetro de mercurio y una simple regla de cálculo son buenos ejemplos de dispositivos análogos; en el termómetro, la altura del mercurio como medida sobre una escala apropiada es proporcional - o *análoga* - a la temperatura del medio ambiente; la regla de cálculo es una clase de computadora análoga, en donde las distancias entre las líneas son hechas proporcionalmente a los logaritmos de números, y que mediante la suma de distancias uno puede llevar a cabo la multiplicación de números. La calculadora electrónica de bolsillo y por supuesto el reloj digital son ejemplos obvios de dispositivos digitales.

Comparando la regla de cálculo y la calculadora de bolsillo, se puede ilustrar dos de las diferencias esenciales entre sistemas análogos y digitales. Los dispositivos análogos operan con **datos continuos**, lo cual significa que por encima de su rango de operación cualquier número deseado puede ser leído. Los dispositivos digitales, tratan con **datos discretos** o escalonados: cualquiera que sea el dígito menos significativo, éste puede cambiar solamente por lo menos una unidad. Esta distinción directamente relaciona una segunda diferencia esencial - **la resolución**.

Resolución en el sentido usado aquí, proporciona una medida del cambio más pequeño del incremento en la variable de salida del dispositivo. La resolución de cualquier dispositivo análogo depende de la exactitud de la analogía que es usada, de un factor (factor de escala) y hasta cierto punto de la destreza de apreciación del operador. La resolución de la lectura de un dispositivo digital depende exclusivamente del número de cifras o rangos significativos que se esté dispuesto a "pagar" (entre más dígitos más caro es). La exactitud de una lectura obtenida con un dispositivo digital en ningún sentido depende de la apreciación del operador.

Un **sistema digital** es una combinación de dispositivos diseñada para manipular cantidades físicas o información que estén representadas en forma digital; esto es, que sólo pueden tomar valores discretos. Lo más común es que estos dispositivos sean electrónicos. Algunos de los sistemas digitales más conocidos son las computadoras y calculadoras digitales.

Un **sistema analógico** contiene dispositivos que manipulan cantidades físicas representadas en forma analógica. En un sistema de este tipo, las cantidades varían sobre un intervalo continuo de valores.

**Ventajas de las técnicas digitales.** Un número cada vez mayor de aplicaciones en electrónica, así como en otras muchas tecnologías, emplean técnicas digitales para realizar operaciones que alguna vez fueron hechas por medio de métodos analógicos. Estas son las principales razones de el cambio hacia la tecnología digital:

- Los sistemas digitales son más fáciles de diseñar. Esto se debe a que los circuitos empleados son de conmutación, donde no son importantes los valores exactos de corriente y voltaje, sino únicamente el rango en que estos se encuentran (alto o bajo).
- Facilidad para almacenar la información. Esto se logra por medio de circuitos de conmutación especiales que pueden capturar información y retenerla el tiempo que sea necesario.
- Programación de la operación. La operación de los sistemas digitales es controlada por un grupo de instrucciones denominado "programa". También es posible "programar" sistemas analógicos, pero la variedad y complejidad de las operaciones disponibles está limitada.
- El ruido afecta en forma mínima a los circuitos digitales. Las fluctuaciones en el voltaje provocadas por el ruido no resultan críticas en estos sistemas porque en ellos no es importante el valor exacto de un voltaje, siempre y cuando el ruido no sea lo suficientemente grande como para impedir la distinción entre **alto y bajo**.
- Se puede fabricar más circuitería digital sobre las pastillas de circuito integrado (IC).

Es cierto que la circuitería analógica también se ha beneficiado con el tremendo desarrollo de la tecnología de circuitos integrados, pero su relativa complejidad y el empleo de dispositivos que no se pueden integrar en forma económica (capacitores de gran valor, resistores de precisión, inductores,

transformadores), han impedido que los sistemas analógicos alcancen el mismo grado de integración que los circuitos digitales.

**Las técnicas digitales** en la industria de la televisión de difusión (broadcasting) se aplican en tres áreas:

- 1.- En la producción de programas en estaciones de televisión y estudios.
- 2.- En la distribución de programas a otros productores de televisión.
- 3.- En la emisión (radiación) de una señal (un programa) digitalizada a los receptores caseros.

**Limitaciones** de las técnicas digitales. Cuando se emplean técnicas digitales existe, en realidad, un solo problema:

#### ***EL MUNDO REAL ES FUNDAMENTALMENTE ANALÓGICO***

Cuando se tienen entradas y salidas analógicas, deben seguirse tres pasos para aprovechar las técnicas digitales:

1. Convertir las entradas analógicas del "mundo real" a la forma digital.
2. Procesar (realizar operaciones con) la información digital.
3. Convertir las salidas digitales a la forma analógica del mundo real.

## MUESTREO Y CUANTIFICACIÓN

El primer paso en el proceso de digitalización es el tomar una muestra de las variaciones continuas de la señal analógica. Mirando a intervalos de tiempo discretos de la señal analógica, una secuencia de muestras de voltaje pueden ser guardadas, manipuladas y después reconstruidas.

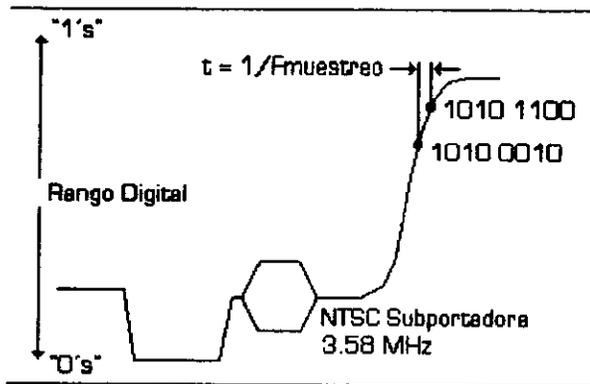


FIG. 1.1 MUESTREO DE UNA SEÑAL ANALÓGICA

De manera que se pueda recuperar la señal analógica eficazmente, el porcentaje de muestra debe ser lo suficientemente rápido para evitar u omitir información importante. Generalmente esto requiere que la frecuencia de muestreo sea por lo menos el doble de la frecuencia analógica más alta. En el mundo real, la frecuencia es un poco más alta que el doble. (El Teorema de Muestreo de Nyquist dice que el intervalo entre muestras sucesivas debe ser igual o menor que la mitad del periodo de la frecuencia más alta presente en la señal).

El segundo paso en la digitalización del video es el de cuantificar, asignando un número digital a los niveles de voltaje de la señal analógica muestreada (256

niveles para 8 bits, 1024 para video de 10 bits, y hasta varios miles para audio). Algunas veces el número de niveles de cuantificación debe ser reducido; por ejemplo, cuando la salida de un dispositivo procesando a 10 bits alimenta a otro de 8 bits.

En los *sistemas de televisión digital*, la forma de onda de voltaje que es generada por la cámara para representar la brillantez del elemento de una imagen es medida o "muestreada" millones de veces cada segundo. Cada muestra es entonces "cuantificada" asignándole un número binario.

Dos tipos de errores de cuantificación se deben considerar aquí, porque: (a) una muestra que está exactamente entre dos pasos puede ser cuantificada por cualquiera y (b) todos los dígitos después de el límite de la resolución se eliminarán (Este error es evidente en una calculadora de seis dígitos donde, por ejemplo, el número  $3 \frac{1}{3}$  puede ser cuantificado como 3.33333 y todos los 3's subsecuentes serán eliminados). Defectos visibles se revelarán en la imagen si los niveles de cuantificación son grandes, estos defectos pueden aparecer al definir o detallar la imagen.

De cualquier forma, ruido aleatorio y detalles en la imagen, presentes en la mayoría de las señales de video ayudan a ocultar estos efectos. Dentro de la electrónica, dichos "*cuantificadores*" se llaman convertidores analógico/digital (CAD). Muchos de ellos tienen suficientes dígitos, "rangos" o "cifras significativas" con capacidad de resolución de más de 256 pasos (0.39%). Con este nivel de resolución, la señal común de 1 Vpp utilizada en procesamiento de video podría tener un valor de alrededor de 3.9 mV. En la actualidad existen convertidores de 10, 12, 16, 20 y 24 bits con resoluciones que van desde 1024 hasta varios cientos de miles de pasos, en equipo especializado se han

construido convertidores de 64 bits donde la resolución es un factor más que importante y por consiguiente su costo muy elevado.

Para obtener el mayor beneficio de la señal de televisión digital, el proceso requerido es de 10 bit, la recomendación **SMPTE 125M** se refiere a la interface de 10 bit como estándar. Procesar la información a menos de 10 bit puede causar pérdida de información y defectos en la imagen.

Al parecer, el muestreo y la cuantificación parecerían trabajar en desventaja. Después de todo, en lugar de tomar la forma de onda de voltaje completa como se hace en la televisión convencional, solamente se toman partes de ella, el proceso de cuantificación inevitablemente producirá errores. Sin embargo, si se obtiene muestras precisas y después se cuantifica en pequeños pasos para minimizar errores, se puede, posteriormente utilizarlas para recuperar la forma de onda indistinguible de la original. Más aún, ¿porqué es mejor el tener esta colección de muestras discretas que toda la forma de onda completa?. La respuesta es que las muestras cuantificadas pueden ser **codificadas** para hacer una nueva señal que en un principio puede ser procesada, grabada, transmitida y últimamente convertida a una señal analógica para su reproducción, toda con muchos menos errores que lo que pudo ser la señal original.

## **MODULACIÓN Y CODIFICACIÓN**

Para poder ver el porqué de esto, se debe examinar técnicas de modulación y codificación. Existen muchas formas de comunicación, pero virtualmente todas ellas imponen alguna clase de inteligencia o alguna clase de **"portadora"** y esta imposición es técnicamente llamada "modulación" (ver

figura 1.2). Se conoce de la amplitud modulada y la frecuencia modulada, pero probablemente no se sabe del significado de estos términos o del hecho de que pueden ser considerados como ejemplos de modulación análoga.

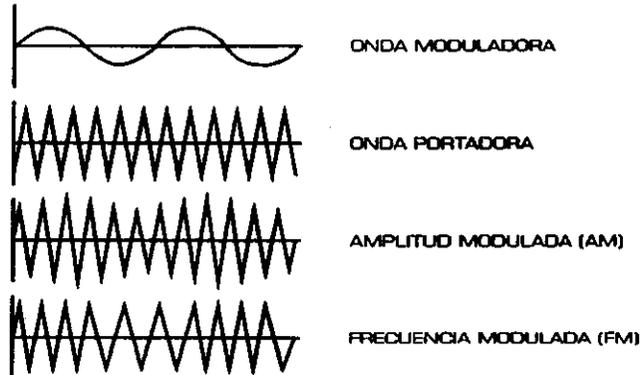


FIG. 1.2 MODULACIÓN PARA ONDAS CONTINUAS O TRANSMISIÓN ANALÓGICA

Varias clases de transmisiones discontinuas (también llamadas de pulso, discretas o muestreadas) son también posibles, ver figura 1.3.

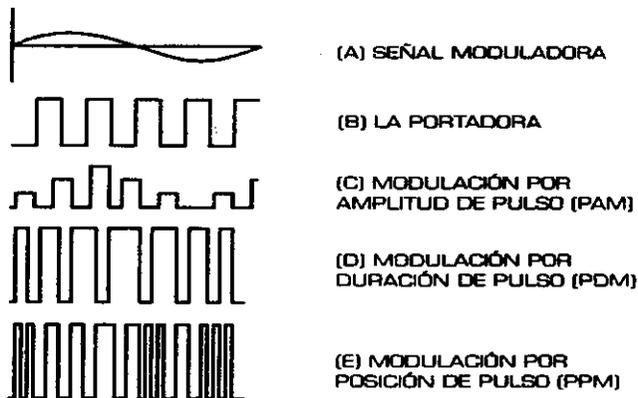


FIG. 1.3 TÉCNICAS DISPONIBLES DE MODULACIÓN POR PULSOS.

Bajo algunas condiciones, es conveniente el *codificar* la información representada por la señal que ha sido modulada por pulso acorde a uno u otro esquema. Por ejemplo, si una señal PAM es codificada se obtendrá una señal *modulada por codificación de pulso (PCM)*. El británico Alec H. Reeves inventó en 1939 la PCM, y encontró ésta altamente resistente al ruido; característica conveniente en tareas de comunicación como la televisión digital. La codificación en este caso debe ser realizada derivando un número proporcional a la amplitud de cada pulso (fig. 1.3c); el número que describe dicha amplitud es expresado en forma de varios pulsos discretos transmitidos de esta manera.

## 1.4 LIMITACIONES Y PROSPECTOS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

El gran problema de la televisión digital, actualmente, puede ser resumido en una sola palabra: **ancho de banda**. Ancho de banda es la diferencia (frecuentemente medida en megahertz) entre los límites alto y bajo de una banda de frecuencia.

El Teorema de Muestreo de Nyquist y la necesidad de números binarios de ocho bits para realizar resoluciones adecuadas, conspiran en contra para agravar el problema del ancho de banda que es el inconveniente más mencionado en televisión. Debido a que una señal de color común de televisión tiene un ancho de banda de 6 Mhz, se debe muestrear aproximadamente 11 millones de veces cada segundo. Usando un número binario de ocho bits para describir cada muestra, es obvio que se debe ser capaz de procesar cerca de 88 millones de bits cada segundo, y esto con la más teóricamente realizable codificación.

Para transmitir información a tan alta velocidad, se necesita un "canal de información" con un "gran" diámetro, algo que está lejos de usarse en televisión y esto, es más que un problema técnico; este canal de información ocupa un "gran espacio"; las ondas de radiodifusión no son ilimitadas. Ante tales dificultades, ¿cómo pueden los ingenieros en comunicación ser optimistas acerca del futuro de los sistemas de televisión? Ellos pueden, porque la tecnología está desarrollándose. Más eficientes técnicas de codificación están siendo desarrolladas continuamente. El uso de láseres y fibras ópticas pueden, en principio, permitir la transmisión simultánea de cientos de programas de televisión sobre una simple fibra. La tecnología de circuitos integrados y las técnicas de compresión de video están avanzando a grandes pasos y sus costos han disminuido.

Este trabajo expondrá algunos puntos que diseñadores de sistemas de televisión digital encontrarán :

- Definiciones concisas serán dadas para los formatos de audio y video digital con descripciones breves de la evolución del estándar.
- Problemas de sistema como sincronización, conversión de formato y audio serán mencionados como ejemplos individuales e incorporados a "ejemplos para su estudio".
- Pruebas y mediciones de sistemas de video digital serán explorados de manera que la implementación del sistema y problemas de mantenimiento puedan ser resueltos.
- En relación a los puntos involucrados con el formato de señal digital, se encontrarán discusiones de las varias oportunidades de control del sistema que puedan ser una ventaja para sistemas digitales flexibles o rutas híbridas y distribución.
- El futuro a largo plazo es expuesto, examinando opciones que pueden ser utilizadas en plantas digitales para distribuir televisión avanzada.

Finalmente, la motivación para desarrollar televisión digital desde luego que existe - y esto no justamente significa el obtener una imagen clara y definida en la pantalla de un televisor casero. El más grande factor de motivación es el poder manejar en su totalidad, el proceso digital de la señal de televisión (video y audio) en los estudios de **TELEVISIÓN BROADCAST**.

## CAPÍTULO II

# **VIDEO Y AUDIO DIGITAL**

## *VIDEO Y AUDIO DIGITAL*

### *II.1 ¿PORQUÉ TELEVISIÓN DIGITAL?*

La Televisión Digital puede servir como el medio para guardar, procesar y controlar señales de televisión de color en una estación de televisión. La tecnología digital presenta muchas ventajas en la realización de **Televisión Broadcast**.

#### *OPERACIÓN AUTOMÁTICA*

El incremento de la complejidad de las operaciones y los deseos de minimizar los errores humanos, han llevado a la implementación de muchas clases de automatización en las plantas de producción de televisión. Así, la mayor parte de la automatización ha consistido en control digital o por computadora, de SWITCHED (selección) de señales y procesamiento de datos. La digitalización de las señales de video permitirá una diversidad de equipos de procesamiento de señales de televisión para complementar la automatización.

#### *NO SE REQUIERE AJUSTES*

Las características inherentes al diseño de los circuitos digitales permitirán a los equipos de televisión, una operación firmemente estable debido a un ajuste preestablecido de instrucciones. El "no realizar ajustes" será necesario ya que los equipos digitales siempre trabajarán en estos modos preestablecidos

### ***ESTABILIDAD INCREMENTADA***

Debido a la simple naturaleza binaria de las operaciones digitales no existe tendencia a variaciones en las características de los equipos. Mientras que los niveles binarios uno y cero puedan ser distinguidos, el desempeño de los circuitos digitales, permanecerá constante.

### ***FIABILIDAD INCREMENTADA***

Una vez más, la operación binaria de los circuitos digitales, cuando es diseñada propiamente, resultará en mucho mejor fiabilidad ya que el desempeño de los componentes individuales es mucho menos crítico.

### ***MENOS AFECTACIÓN POR EL RUIDO***

Las señales digitales serán apreciablemente menos afectadas por el ruido que las analógicas. Mientras que los niveles binarios de la señal puedan ser distinguidos en la presencia de ruido, la señal será regenerada sin ningún error.

### ***NO EXISTE AFECTACIÓN POR DISTORSIÓN NO-LINEAL***

Ya que las señales digitales tienen solamente dos niveles, la *distorsión no-lineal* tendrá insignificantes efectos en la recuperación de la información de la señal. Estas distorsiones afectan la forma de la transición entre unos y ceros.

### ***PROCESAMIENTO DE SEÑALES MÁS FÁCIL***

Mucho del procesamiento de señales utilizadas en la operación, puede ser hecho fácil y correctamente cuando la señal esté en forma digital.

### ***EL CONTROL DE SEÑALES ES MÁS FÁCIL***

El control digital de señales de televisión es un aspecto bien establecido en la actual televisión. Cuando las señales están en formato digital, se espera que en muchos casos el control de estas señales sea simple y menos complejo.

### ***SIMPLE ALMACENAMIENTO DEL VIDEO***

Debido al trabajo hecho sobre memorias digitales para computadoras, una señal de televisión en formato digital puede ser guardada en sistemas de almacenamiento más pequeños, de una manera más simple, y sin distorsión, que los dispositivos para almacenar una señal analógica.

### ***POSIBILIDAD DE NUEVOS EFECTOS ESPECIALES***

Debido a la versatilidad de la manipulación de señales digitales, muchos nuevos efectos especiales pueden ser realizados.

### ***GENERACIONES ILIMITADAS DE VIDEO LIMPIO***

La duplicación en el dominio digital es un sueño hecho realidad. No importa cuántas generaciones, todas las copias mantendrán la calidad del original.

### ***GANANCIA TOTALMENTE ESTABLE Y RESPUESTA DE FRECUENCIA.***

Virtualmente se elimina el mantenimiento ya que no se necesita ningún tipo de ajuste para asegurar la *ecualización* del cable en el dominio digital. Esto es debido a que el flujo de la frecuencia de la señal digital está arreglado y por lo tanto es fácil mantener la ecualización. La información digital puede ser recuperada de la señal ecualizada serial con un 100 % de efectividad, proporcionando una señal de PROGRAM (programa) con características completamente estables.

### ***EFECTOS MULTI-ETAPAS SIN PÉRDIDA DE CALIDAD***

En el ambiente analógico, el utilizar una señal original para crear otra y ésta a la vez para otra y así sucesivamente, significa que en cada generación aumenta el ruido y otras degradaciones al efecto total. Con equipo digital, generaciones adicionales son tan limpias como el original, teniendo como resultado efectos multi-etapas limpios.

### ***VIRTUALMENTE SE ELIMINA LA DEGRADACIÓN DE SEÑAL Y PROBLEMAS DE FASE***

El video digital es inmune a varios de los problemas que plagan al mundo analógico, como inducciones de señales externas, errores de ganancia, de fase y *cross-talk*. Las señales digitales son lo suficientemente distintas para mantener su integridad a través de una variedad de condiciones. No existe una acumulación del retraso de la propagación de las diferentes frecuencias, no hay cambios en la amplitud del video y por consiguiente cambios en la *fase* y *ganancia diferencial*.

### ***COMPLETA UNA TENDENCIA DE DOS DÉCADAS AL TODO DIGITAL***

La progresión a la televisión todo digital ha estado ocurriendo por casi dos décadas, desde que numerosas piezas de equipo digital han aparecido. Todo empezó con el corrector de base de tiempo (*TBC*), que hizo posible el utilizar formatos de lectura helicoidal en cintas de video para transmisión. No mucho después de eso, sistemas de efectos digitales fueron desarrollados para proporcionar un control de imagen de video en tiempo real, que previamente se obtenía a través de efectos ópticos.

Después vino el generador de caracteres, sistemas gráficos, almacenador de imágenes congeladas, reproductor de discos digitales, etc. Pero la llegada de máquinas de VIDEO-TAPE digitales, estimularon un gran empuje para los sistemas de televisión todo digital que ahora se están convirtiendo en una realidad. Los siguientes años serán un periodo de transición donde lo digital y analógico convivirán lado a lado. Reproductores digitales vivirán junto a máquinas de formato C (formato de 1 plg.); un ROUTING SWITCHER digital serie (enrutador) coexistirá con un SWITCHER (mezclador) de producción analógico y viceversa.

Como en cualquier otra tecnología, también existen **desventajas** y la tecnología digital aplicada a la televisión digital, **no es la excepción**.

### **REQUIERE UN ANCHO DE BANDA LARGO**

Debido a el número de bits en la codificación de cada muestra digital y la alta frecuencia de muestreo, el porcentaje de bits requeridos, incluyendo los bits de paridad y los de uso interno, será del orden de 143 Megabits para el sistema NTSC de 525 líneas y 177 Megabits para los sistemas PAL o SECAM de 625 líneas. Este porcentaje de bits corresponde aproximadamente a anchos de banda de 50 y 60 Mhz respectivamente, requiriendo circuitos con un gran ancho de banda en equipos de swticheo y facilidades de transmisión.

### **DIFICULTAD EN EL MONITOREO**

Debido a que la señal está en un formato digital, sus características no pueden ser establecidas subjetivamente como pueden ser hechas para las señales analógicas. Los monitores de imagen responden directamente a señales analógicas, los cuales permiten la observación humana de la imagen actual (en el instante o en tiempo real) y monitores de forma de onda pueden indicar directamente daños y anomalías en la señal.

Con **señales digitales**, el uso de convertidores digital/analógico son necesarios para cada monitor o grupo de monitores. Un segundo tipo de monitor es usado para analizar la calidad de la imagen en términos de las varias características del video. Actualmente existen monitores (forma de onda y osciloscopios), donde diferentes técnicas son aplicadas para responder a las señales digitales y sus errores, cuya detección es de suma importancia para un proceso y desempeño óptimos.

## ***II.2 ¿PORQUÉ DIGITAL SERIE?***

La televisión digital empezó utilizando esquemas paralelos. Es relativamente sencillo llegar a la conclusión de que la transmisión digital serie es más adecuada que la digital paralelo. ***El futuro del equipo digital desciende en un formato serie por las siguientes razones :***

***REDUCE DRAMÁTICAMENTE COSTOS DEBIDO A QUE PUEDE UTILIZARSE CABLE EXISTENTE.***

El cableado en paralelo es caro y difícil de terminar. Para transmisión serial, el cableado coaxial puede ser utilizado.

***RESUELVE EL PROBLEMA DEL TAMAÑO DE LOS CONECTORES***

El cableado en paralelo es multiconductor, requiere conectores de 25 pins (DB-25), que son voluminosos. El cableado coaxial estándar es sencillo y guarda espacio, utiliza conectores BNC; la información es transmitida por un solo cable.

***PERMITE INSTALACIONES MÁS LARGAS***

El cableado en paralelo tiene una distancia limitada en la cual la información enviada es confiable, máximo de 50 mts. La información serial puede ser enviada a través de cable coaxial hasta 300 metros. La conexión de equipo en forma digital paralelo es práctica para instalaciones relativamente pequeñas y existe una necesidad clara de transmitir sobre un simple cable coaxial.

### II.3 EL FORMATO

En los inicios de los años 80's una interface serial fue propuesta por *EBU*, pero ésta no soporto señales con precisión de 10 bits lo cuál ocasionó dificultades y fue abandonada, posteriormente fue reemplazada por una interface con codificación del canal, que utiliza *SCRAMBLING* (rearrreglo de datos) y conversión a *NRZI* estandarizada como *SMPTE 259M* y *EBU Tech 3267*

Conceptualmente la interface digital serie es muy parecida a un sistema de portadora para aplicaciones de estudio (video, audio y señales de datos). Dicho de otra forma, la forma de onda de la señal serie, en el dominio del tiempo no representa el contenido de vídeo como se acostumbra ver en los sistemas analógicos. No es estrictamente un sistema de onda portadora, porque se trata de una señal digital de banda base, no una señal modulada sobre una portadora. Las señales base banda de audio y video son digitalizadas y combinadas sobre una portadora digital serie como se muestra en la figura II.1. La velocidad de bits (frecuencia de la portadora) está determinada por la velocidad del reloj de los datos digitales.

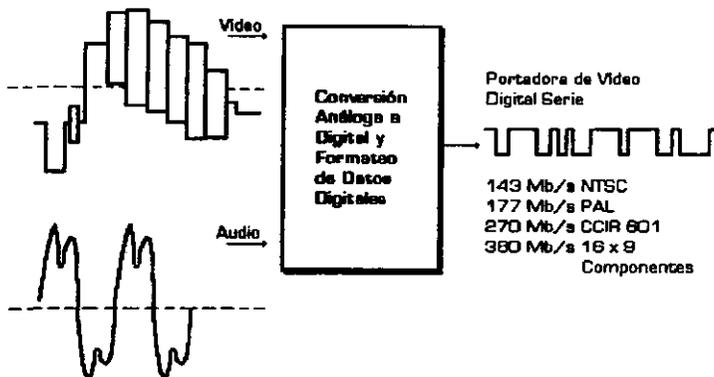


FIG. II.1 EL CONCEPTO DE LA PORTADORA

Los datos en paralelo representando las muestras de la señal analógica, son procesados como se muestra en la figura II.2, para crear el flujo de palabras de datos digitales serie de 10 bits. Si solamente datos de 8 bits están disponibles en la entrada, el serializador coloca ceros en los 2 bits de menor importancia (LSBs) para completar la palabra de 10 bits.

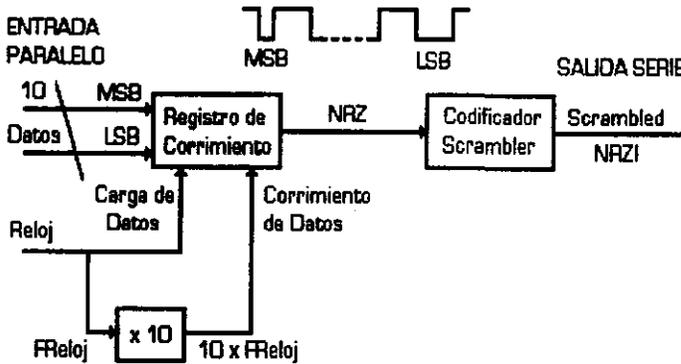


FIG. II.2 CONVERSIÓN PARALELO A SERIE

Siguiendo con la serialización de la información paralela, el flujo de datos es rearmado (*SCRAMBLED*) por un algoritmo matemático y codificado en la forma NRZI. En el receptor el inverso de este algoritmo es usado en el deserializador para recuperar los datos correctos. En el sistema de transmisión digital serie el reloj está contenido en los datos, a diferencia del sistema paralelo donde hay una línea separada para el reloj.

El scrambling es una técnica usada para facilitar la transmisión de datos seriales, evita largas secuencias de unos y ceros. Es usada en todos los formatos de video digital serie, y nos permite la aplicación de señales de prueba para dichos sistemas las cuales, se analizarán posteriormente. La codificación NRZI hace al flujo de datos serie ser insensible a la polaridad. NRZ es un circuito conocido de niveles lógicos, alto es "1" y bajo es "0". Para un sistema de

transmisión es conveniente que la señal en el receptor no tenga polaridad. La figura II.3 nos muestra que una transición de datos es usada para representar cada "1" y la no transición "0". El resultado es solamente necesario para detectar transiciones; esto significa que ambas polaridades de la señal pueden ser usadas.

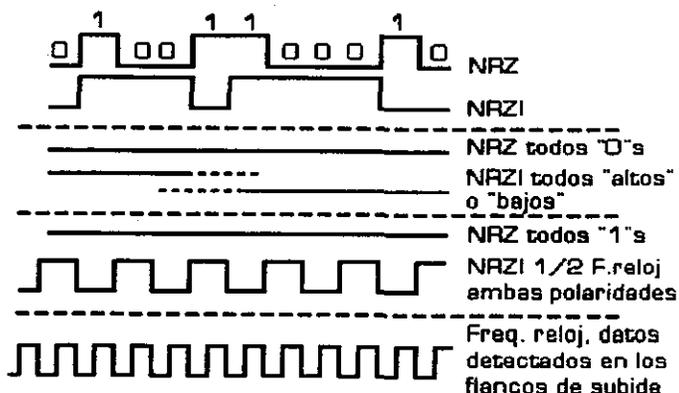


FIG. II.3 RELACIÓN ENTRE NRZ Y NRZI

Otro resultado de la codificación NRZI es que una señal de sólo "1"s produce una transición cada intervalo del reloj y tiene por resultado una onda cuadrada de la mitad de la frecuencia del reloj. Sin embargo los "0"s no producen transición, lo cual lleva a la necesidad de scrambling. En el receptor, los flancos de subida de la onda cuadrada de la frecuencia del reloj serán usados para la detección de datos.

En términos prácticos la *televisión digital serie es la opción* más económica y la forma más efectiva para transmitir video digital. Con los presupuestos cada vez más restringidos y las mejoras que fabricantes hacen a los equipos, el uso y elección entre los productores de televisión BROADCAST hacia el formato digital serie y su forma de interconexión, *es una realidad*.

## II.4 CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE TELEVISIÓN DE COLOR EN EL SISTEMA NTSC

Con mucha frecuencia en la moderna tecnología de las comunicaciones, las señales analógicas muestreadas se digitalizan antes de ser transmitidas. Las señales digitales resultantes pueden entonces ser codificadas en cualquier forma equivalente deseada (fig. II.4).

Los sistemas que implican la transmisión de señales digitalizadas y codificadas se denominan comúnmente sistemas de **modulación por codificación de pulsos (PCM)**. Los sistemas digitales binarios constituyen la clase más común de sistemas PCM que se encuentran. Una señal PCM de video puede ser considerada como la representación discreta de una señal continua (análoga). Hay muchas ventajas en la utilización de los sistemas de este tipo:

1.- Las señales pueden regenerarse o rearmarse periódicamente durante la transmisión, puesto que la información no se encuentra en la amplitud continuamente variable de los pulsos, sino que consiste en símbolos discretos.

2- Toda clase de circuitos digitales puede emplearse durante la totalidad del procesamiento.

3.- Las señales pueden ser procesadas digitalmente según se convenga.

4.- El ruido y la interferencia pueden ser apropiadamente minimizados mediante códigos, técnicas, métodos, etc.

La modulación por codificación de pulsos (PCM) implica el muestreo periódico de la amplitud de una señal de video y la conversión de cada muestra en un número binario de "n" bits. El flujo de bits de la señal PCM puede ser en "n" canales paralelos o ser multiplexado en un solo canal.

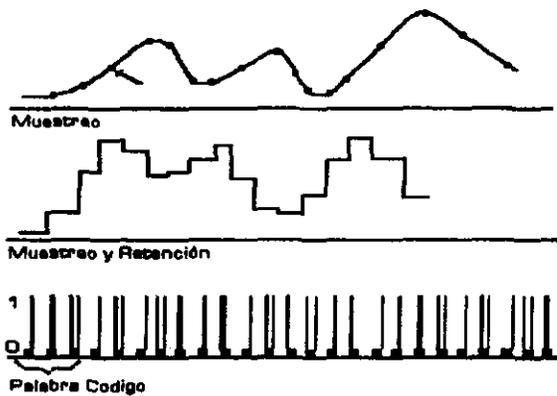


FIG. II.4 CONVERSIÓN DE UNA SEÑAL ANÁLOGA A SEÑAL PCM

**El Comité Nacional de los Sistemas de Televisión (NTSC)**, es un grupo asesor en Ingeniería de Transmisión de los Estados Unidos de Norteamérica, el cual define el sistema de televisión en color de 525 líneas, usado en la mayor parte del continente Americano y Japón, incluyendo **México**, sus características son:

- Líneas por cuadro = 525
- Cuadros por segundo = 30
- Frecuencia de campo = 60 Hz
- Frecuencia de línea = 15750
- Ancho de banda del canal = 6 Mhz
- Ancho de banda de vídeo = 4.5 Mhz
- Portadora de color = 3.58 MHz
- Sistema de Audio = FM
- Relación de aspecto = 4:3
- Tiempo de línea = 63.5  $\mu$ seg.
- Frecuencia vertical = 60 Hz

que se sintetiza de la siguiente manera :  $525 / 59.91 \text{ Hz} / 2.1$  y  $4:3$

La modulación por codificación de pulsos del *video* implica tres pasos, muestreo, cuantificación y codificación como se indica en la figura II.5.

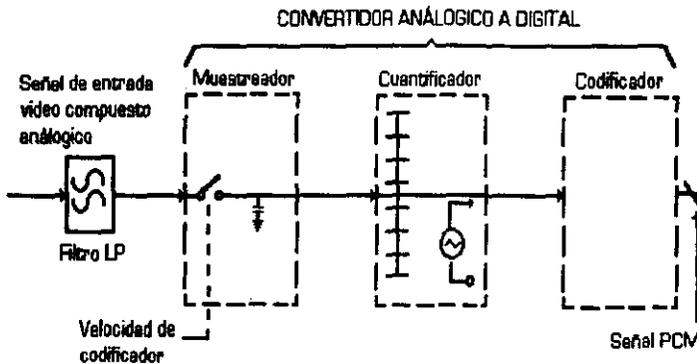


FIG. II.5 PROCESO PARA CONVERTIR UNA SEÑAL ANALÓGICA A DIGITAL

### MUESTREO DE LA SEÑAL DE VIDEO

El primer paso es *muestrear* la señal analógica a una frecuencia de muestreo constante  $F_s$ , creando de esta manera una señal PAM (Pulse Amplitude Modulation) o modulación por amplitud de pulso, que consiste en una secuencia de pulsos cuya amplitud es aquella de la señal de entrada durante el lapso de muestreo.  $F_s$  debe ser al menos 2 veces más grande que la frecuencia más alta de la señal, para satisfacer el criterio de muestreo de Nyquist. La señal de video es pasada por un filtro pasa-bajas para remover las frecuencias altas que están muy cerca de la frecuencia de muestreo.

Una señal de video está constituida por un gran número de frecuencias. Al *muestrear tal señal*, cada frecuencia de video aparecerá en las bandas laterales superiores e inferiores de la frecuencia de muestreo (incluida la de la banda

base). La banda lateral superior a partir de la frecuencia cero se llama *banda base*. La figura II.6 muestra el espectro de la señal muestreada y las bandas laterales resultantes alrededor de la frecuencia ( $F_s$ ) de muestreo.

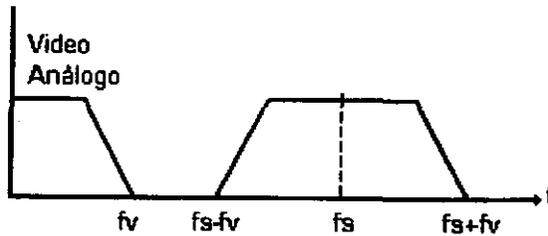


FIG. II.6 ESPECTRO DE FRECUENCIA DE VIDEO BANDA BASE

En la práctica la frecuencia de muestreo  $F_s$  tiene un valor mayor que  $2F_v$  para asegurar un filtrado eficaz y evitar la distorsión de fase, ya que de no ser así se requeriría de un filtro ideal para poder reconstruir la forma de onda original. Cuando  $F_s$  es más grande que  $2F_v$  se dice que existe un proceso de sobremuestreo, y el resultado que se obtiene es que las "copias" del espectro de la señal original se separan unas de otras, haciendo posible el uso de un filtro pasa-bajas para la reconstrucción de la señal original.

Cuando la frecuencia  $F_s$  es menor que  $2F_v$  se presenta un traslapamiento que generará un espectro de frecuencia como el mostrado en la figura II.7, que hace imposible la recuperación de la señal del video sin distorsión. El teorema de Nyquist establece que para conseguir un proceso de "muestreo-recuperación" sin distorsión, es preciso que la frecuencia de muestreo  $F_s$  sea por lo menos dos veces más alta que la frecuencia máxima presente en la señal muestreada. El filtro pasa-bajas dejará pasar una parte de la banda lateral inferior, que presentará frecuencias indeseables en la señal recuperada, las que por combinación con las frecuencias de la banda base pudieran dar lugar a *muaré*.

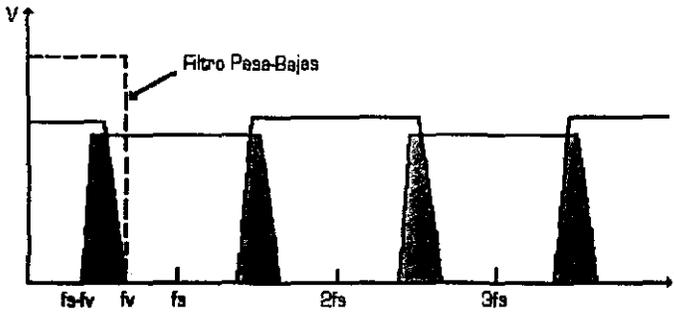


FIG. II.7 ESPECTRO DE FRECUENCIA CON ZONAS DE "ALIASING" SOMBREADAS LA FRECUENCIA DE MUESTREO  $F_s < F_v$ .

Este traslapamiento de las bandas laterales y de base se llama "aliasing". (Defectos indeseables en la imagen, causados por frecuencias de muestreo demasiado bajas o deficiente filtrado de la señal de video digital. Estos defectos son típicamente vistos como desagradables imágenes escalonadas y vibración, parpadeo, centelleo o abrillantamiento en detalles de la imagen). Estos componentes "falsos" que resultan de no cumplir el criterio de Nyquist pueden ser atenuados por filtrado en peine (*comb filter*). Si la frecuencia de muestreo es mayor que  $2F_v$ , pero la frecuencia de corte del filtro pasa-bajas se fija erróneamente tal que deje pasar aun parte de la primera banda lateral (figura II.8), también se producirá "aliasing".



FIG. II.8 OTRA CAUSA DE "ALIASING" ES POR UNA ELECCIÓN ERRÓNEA DE LA FRECUENCIA DE CORTE  $f_c$  DEL FILTRO PASA-BAJAS (CUANDO  $f_c > F_s - F_v$ )

De ello se evidencia que la recuperación de la señal original puede efectuarse cortando agudamente, por medio de un filtro pasa-bajas que suprima todas las frecuencias superiores a  $F_s/2$ .

### **CUANTIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO**

El segundo paso es **cuantificar**. La señal PAM que se ha venido analizando conserva aún la característica propia de toda señal analógica en el sentido que presenta un número infinito de posibles valores, de manera que es necesario someterla a algún proceso que los limite. Este proceso incluye dos etapas:

**MUESTREO Y RETENCIÓN:** Involucra la retención del valor muestreado de la señal analógica, el cual es retenido hasta que se efectúa la siguiente muestra.

**CUANTIFICACIÓN DE PULSOS:** Consiste en dividir el rango de amplitud de la señal en un número finito de valores discretos y dependiendo de tal amplitud, asignar el valor más cercano a cada muestra.

La amplitud de cada muestra es medida y es asignada a un nivel del total de niveles de la cuantificación. Un código binario de 8 bits describe 256 niveles. De este modo la amplitud de la señal analógica puede ser representada en pasos de un 0.39% de la señal. Cada bit de menos en el código binario parte por la mitad el número de niveles, por ejemplo, 7 bits = 128 niveles, 6 bits = 64 niveles, etc.

Para realizar la cuantificación (fig. II.9), el margen de excursión completo de la señal o la distancia entre los valores de cresta se subdividen en un número determinado de valores, generalmente una potencia de dos. Los de la señal PAM

que se sitúan dentro de uno de estos valores se redondean al nivel superior o inferior según que sobrepasen el nivel medio o no. En otras palabras todas las señales dentro de un cierto rango de amplitud, son convertidas a un *nivel* particular de cuantificación, entre más niveles de cuantificación exista mayor es la exactitud de la señal reproducida, aunque este aumento en el número de niveles incrementa el número de bits que se necesitan para representar la señal y por lo tanto, el ancho de banda necesario para la transmisión será también mayor. Estos niveles posteriormente serán codificados a un sistema binario.

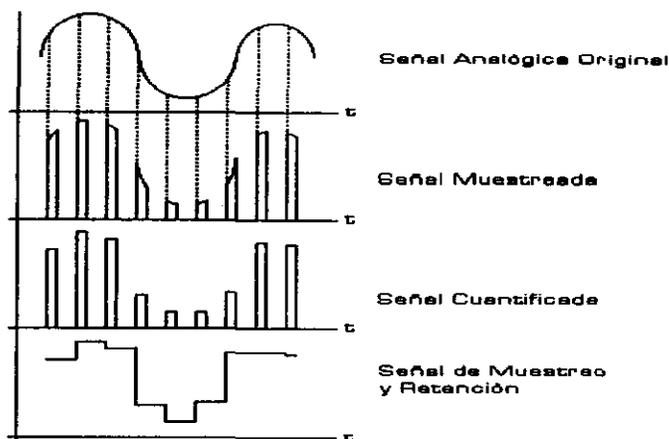


FIG. II.9 PROCESO DE CUANTIFICACIÓN

### EFFECTOS PRODUCIDOS POR LA CUANTIFICACIÓN

Cuando un pequeño número de niveles son usados, dos tipos de distorsión pueden aparecer. El primero llamado *COUNTOURING* (Distorsión de contorno), donde pequeñas variaciones en la amplitud de la señal toman indiferentemente un nivel de cuantificación o el siguiente. Este tipo de distorsión puede llegar a ser observado en monitores de imagen en áreas donde se tiene relativamente un nivel constante.

El segundo tipo de distorsión al usar un número pequeño de niveles de cuantificación es llamado, "ruido de cuantificación". La principal fuente de deterioros de la imagen en los sistemas PCM es llamada ruido de cuantificación. Esto parecería igual a un simple ruido aleatorio a la vista (figura II.10), pero realmente está muy cerca y correlacionado a los detalles de la imagen. El ruido de cuantificación es un conjunto de errores asociados con el proceso de cuantificación, es la diferencia entre la entrada y la salida de un cuantificador y depende del valor que tenga la señal de entrada. La amplitud de esta señal depende de el tamaño de un nivel.

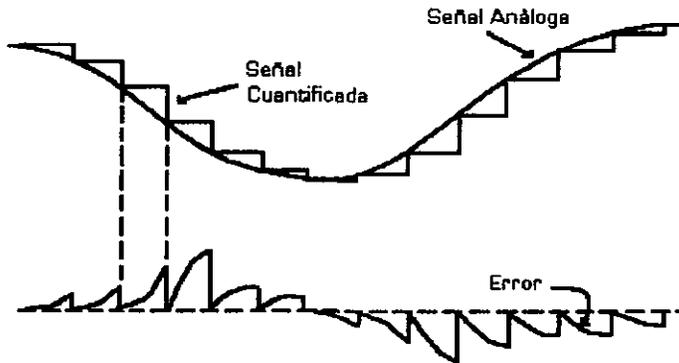


FIG. II.10 ERROR DE RUIDO DE CUANTIFICACIÓN

Dentro de los efectos producidos por el muestreo y la cuantificación también se tiene la saturación del cuantificador y el jitter de muestreo. La saturación ocurre cuando el valor de la señal de entrada sobrepasa el valor máximo del rango de operación del convertidor, este ruido es mucho más indeseable que el ruido de cuantificación. Aun en casos donde la cantidad de saturación es pequeña y ocurre en forma esporádica, su contribución al nivel de ruido total es bastante considerable, ya que por naturaleza sus efectos generalmente no pueden ser eliminados mediante filtraje u otros métodos.

El jitter de muestreo se refiere a que los pulsos o los instantes en que se realiza el muestreo no están espaciados de manera uniforme (figura II.11). Generalmente el "jitter" es un fenómeno de tipo aleatorio, por lo que no es posible predecir para un pulso determinado cuál va a ser su corrimiento con respecto a la posición nominal que debería ocupar en el tiempo. Los efectos del "jitter" se minimizan mediante el mejoramiento de la calidad de las señales de reloj de referencia.

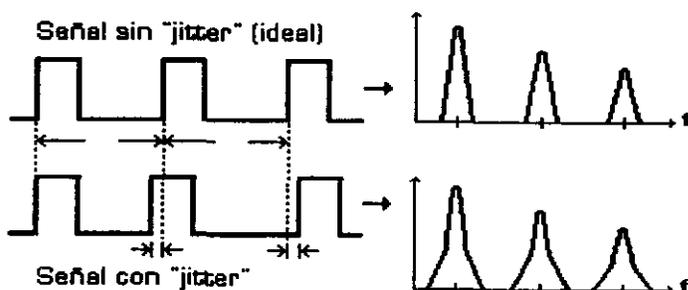


FIG. II.11 JITTER DE MUESTREO

En términos generales una señal analógica reconstruida a partir de pulsos cuantificados presentará efectos de ruido, por lo tanto, cuanto más niveles haya para un margen de excursión dado, menores serán los errores y mejor la relación señal-ruido de cuantificación.

**S/N** (Relación Señal-Ruido). - La relación de ruido a una buena información de imagen, se expresa comúnmente en dB. Un equipo digital es capaz en teoría, de producir imágenes puras libres de ruido, que tendrían una relación de señal a ruido infinita. Un método empírico para expresar la capacidad real de señal a ruido en un sistema digital está dado por la expresión  $S/N = 6N + 6$ , en donde N es el número de bits. Por tanto, un sistema de 8 bits da 54 dB de S/N.

Los errores de cuantificación aparecen como ruido aleatorio en imágenes que son codificadas en PCM con un alto número de niveles, 64 o más. Estos pueden ser minimizados sumando intencionalmente una señal de ruido aleatorio de bajo nivel llamada *DITHER*, que se coloca sobre la forma de onda de la señal, previo a la codificación. Estos errores de cuantificación estarán presentes en la señal recuperada después de la decodificación (conversión digital/análogica). Y significa la adición a la señal de origen de una muy pequeña señal errática que se llega a manifestar como ruido visible.

El desarrollo y eficiente desempeño de los modernos convertidores analógico-digital y digital-analógico, ha corregido y superado los diversos errores causados por el proceso, obteniendo señales sin distorsión ni ruido tal como la señal original. En pruebas subjetivas realizadas por diferentes organizaciones, se ha demostrado que 256 niveles de cuantificación (igual a  $2^8$ ) son requeridos para digitalizar propiamente una señal de televisión. La figura II.12 nos muestra los niveles de cuantificación a 8 y 10 bits para señales en el Sistema NTSC.

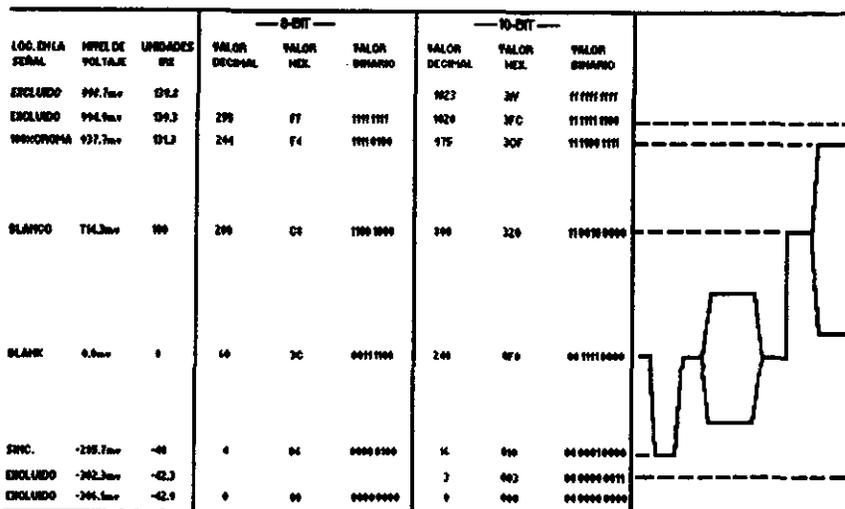


FIG. II.12 CUANTIFICACIÓN A 10 BITS EN EL SISTEMA NTSC

## CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO

El tercer paso en la digitalización de una señal análoga es la **codificación**. La codificación es el proceso mediante el cual se establece un código binario para designar cada nivel de cuantificación. La figura II.12 muestra códigos binarios de 8 y 10 bits para la codificación de la señal de video NTSC. El proceso de usar un código binario para una señal muestreada y cuantificada es llamado "Codificación por código de pulsos" (PCM). Cada muestra cuantificada es *convertida en un número binario de n bits*.

Eficientes comunicaciones digitales pueden requerir algunas veces un código más complejo que uno simple binario. La frecuencia de muestreo y el número de bits en el código de palabra para cada muestra, son dos de los parámetros básicos en cualquier **sistema de televisión digital**. Las muestras de video se evalúan a intervalos determinados por el reloj de muestreo. El reloj de muestreo se engancha a la señal de video utilizando como referencia la frecuencia de línea con señales de video en componentes y la subportadora de color con señales de video compuesto.

$F_{\text{muestreo}} = 13.5 \text{ MHz}$  para video digital en componentes

$F_{\text{muestreo}} = 4 F_{\text{sc}}$  para video digital compuesto

( $F_{\text{sc}}$  = frecuencia de la subportadora de color = 3.5879 MHz)

Las interfaces de video digital paralelo son todas de 10 bits, con 8 bits como opción, la digital serie es siempre 10 bits aún cuando sólo se envíen datos de 8 bits. La cuantificación a 10 bits de la señal de video del sistema NTSC (figura II.12), *permite un margen sobre el valor máximo de las barras de color de 100% y un margen bajo el valor mínimo del sincronismo*. Los valores excluidos,

000-003 y 3FF-3FC son reservados para propósitos de sincronización pero sólo se usan en digital serie.

Si la señal de televisión digitalizada es para ser transmitida en un solo conductor *en serie*, entonces la velocidad de bits a ser usada es **143 Mbit/s** para el formato de video NTSC compuesto. Bits adicionales tales como de paridad para protección de error y bits para propósitos generales, son usualmente sumados a el flujo básico de bits. Si consideramos que en el flujo de bits estos alternan entre "cero" y "uno", entonces la correspondiente frecuencia va más allá de los 50 Mhz, lo cual nos demuestra que el ancho de banda para una señal digital en formato serie es considerablemente más grande que para una señal análoga. Si la transmisión es en *paralelo*, su velocidad será en **12 Mbit/s** correspondiéndole un ancho de banda de aproximadamente 6 Mhz.

El código final de la señal muestreada que aparezca en la salida de los equipos depende de su aplicación. Para una utilización local normal, basta un código binario puro. Para una transmisión de la señal es imprescindible tener en cuenta el medio por el que se transmite, lo que motiva el análisis de múltiples posibilidades.

## **II.5 FORMATO DE CODIFICACIÓN**

Muchas proposiciones de normas internacionales se emitieron en el curso de los años pasados. Había y todavía hay partidarios y adversarios de dos soluciones, la codificación de las señales compuestas o la codificación de las componentes.

Una cuestión que ha sido discutida por los diseñadores de televisión es si la señal análoga a ser digitalizada debe estar en forma de video compuesto (codificada), o en video por componentes, (señales de luminancia y diferencia de color tales como Y, R-Y y B-Y) figura II.13. Algunos diseñadores creen que para un estudio "todo digital", es mejor utilizar la codificación de las componentes.

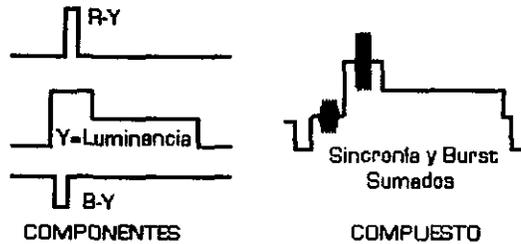


FIG. II.13 FORMAS DE ONDA DE VIDEO POR COMPONENTES Y COMPUESTO

Sin embargo en la fase donde las "cajas negras" digitales están siendo introducidas en un sistema análogo, y si la codificación en componentes fue usada, será necesario decodificar y recodificar la señal separadamente para cada caja negra. La degradación que puede ocurrir si es hecho varias veces puede ser excesiva, aun si la codificación y decodificación fueran hechas digitalmente. Por esto, es razonable y sostenido por la práctica, que la codificación compuesta será y es usada en las cajas negras digitales, la figura II.14 muestra el diagrama a bloques de los dos procedimientos de codificación digital.

En Europa están considerando que la codificación por componentes es más conveniente, ya que es el único método por el cual la televisión del sistema SECAM es digitalizado y por ende, hay una fuerte probabilidad de que los estándares digitales de programas internacionales europeos se basen en esta codificación. Para América, el uso de la codificación de la señal por componentes esta siendo determinado por su efectividad en un ambiente "todo digital".

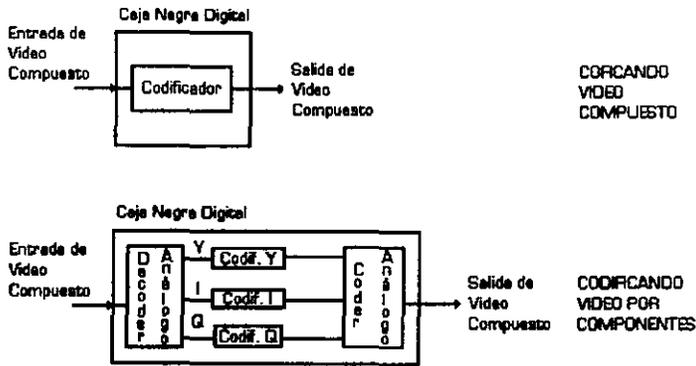


FIG. II.14 MÉTODOS DE CODIFICACIÓN.

## LA CODIFICACIÓN DE LAS SEÑALES COMPUESTAS

Esta solución, propone simplemente digitalizar las señales compuestas existentes (NTSC, PAL, SECAM). Aunque, de esta manera no se evita el problema de las distintas normas de televisión y del intercambio de programas. Después de la conversión digital a analógica obtendremos de nuevo las señales originales. Otro problema es que en la grabación de programas digitalizados, se tiene el mismo inconveniente que cuando se graba señales compuestas analógicas, respetar el COLOUR FRAMING (la secuencia de 4 y 8 campos importante para la edición en NTSC y PAL respectivamente).

La ventaja es que un equipo digital de este tipo se puede implantar sin la menor dificultad en los estudios analógicos existentes. Sin embargo esto sólo constituye una ventaja durante la fase de la transición de los estudios o equipos de producción analógicos a digitales. Cuando pase la fase de transición, la **codificación de señales compuestas** poseerá únicamente la ventaja de manejar una señal de video única.

## LA CODIFICACIÓN DE LAS COMPONENTES

Con este método, se digitalizan tres señales, es decir Y, R-Y y B-Y. Las ventajas que se derivan son evidentes. Como los tres sistemas de televisión (NTSC, PAL y SECAM) parten todos de las señales de luminancia y de las diferencias de color, se alcanza un método mutuamente compatible. Se hace posible el intercambio internacional de señales digitales sin más operaciones. La grabación en cinta magnética de las señales componentes resuelve las dificultades inherentes a la secuencia de campos.

La desventaja de la codificación de componentes es la de un tratamiento algo más complejo al tener que operar señales distintas en el proceso de multiplexión. Por otra parte, existe la ventaja de que la luminancia y la crominancia pueden tratarse por separado sin las consecuencias de la decodificación-codificación y la pérdida de la calidad de las señales. En la fase de transición de los estudios analógicos a digitales, la codificación de componentes no constituye sin embargo el método más apropiado, porque se necesita la presencia en cada equipo de un codificador y decodificador que permita insertarlos en los circuitos del estudio analógico.

### II.6 SELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO

Como ya es del conocimiento, la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble de la mayor frecuencia a transmitir. Como hay normas de televisión en las que la señal de luminancia se emite con ancho de banda de 6 Mhz, se hace preciso para una *norma internacional* que la frecuencia de muestreo sea por lo menos 12 Mhz, además para favorecer esta uniformidad, es

preferible que el número de muestras por línea sea idéntico para todas. Esto significa que la frecuencia de muestreo debe ser un múltiplo entero de la frecuencia de línea, el cuál se conoce como muestreo ortogonal.

Para los sistemas de 625 y 525 líneas por cuadro corresponden las frecuencias de línea de 15625 y 15734.26573 Hz respectivamente. El mínimo común múltiplo de estas frecuencias es **2.25 MHz** es decir  $144 \times 15625$  Hz y  $143 \times 15734.26573$  Hz (para el sistema NTSC se ajustó para un pequeñísimo error). Esa frecuencia (2.25 MHz) resultó demasiada baja y se le aplicó un factor de 6 resultando,  $6 \times 2.25$  Mhz = **13.5 MHz**, que fue aceptada internacionalmente como frecuencia de muestreo para los sistemas digitales (para la señal de luminancia).

Para las señales diferencia de color basta con un ancho de banda más limitado. Se muestrean con la mitad de la frecuencia de la luminancia, o sea 6.75 Mhz. Esto conduce respectivamente en sistemas de 625 líneas y NTSC a 864 y 858 muestras por línea en lo que se refiere a la luminancia y a 432 y 429 muestras para las señales diferencias de color.

La estructura de muestreo es ortogonal, esta estructura se repite a cada campo y cuadro. Las muestras de las señales diferencias de color se toman al mismo tiempo que las muestras impares de la luminancia, o sea a la primera, tercera, quinta,..... muestra de cada línea. La codificación es lineal y se compone de 8 bits por muestra, tanto para la luminancia como para las señales diferencia de color, lo que corresponde a  $2^8 = 256$  niveles de cuantificación.

Se toman 220 niveles de cuantificación para la luminancia. El nivel de negro corresponde al número 16; el nivel de blanco al 235 ( $235-16+1 = 220$ ). Queda una pequeña reserva de cerca de 10% para tener en cuenta una eventual

sobre-modulación. Se utilizan 224 niveles de cuantificación para las señales diferencias de color con un valor de cero analógico correspondiente al número digital 128, lo que proporciona como valores extremos ( $128 \pm 112$ ) o sea entre 240 y 16, con una reserva de 16 niveles a ambos lados, esto se representa en la figura II. 15.

255 -----	(11111111)
235 -----blanco-----	(11101011)
↓	
↓	
↓	
16 -----negro-----	(00010000)
0 -----	(00000000)

FIG. II.15 CUANTIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE LUMINANCIA

255 -----	(11111111)
239 -----máximo-----	(11101111)
↓	
128 -----cero-----	(10000000)
↓	
16 -----mínimo-----	(00010000)
0 -----	(00000000)

FIG. II.15 CUANTIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE CROMINANCIA

Los bits de luminancia y de diferencia de color se transmiten según el método de múltiplex temporal con una frecuencia de reloj de 27 Mhz ( $2 \times 13.5$  Mhz). Para evitar una velocidad binaria demasiado alta, se puede omitir el muestreo durante la supresión de línea, puesto que la información que se halla en este intervalo es idéntica para todas las líneas y es bien conocida.

Por ello el número de bits activos se fijó en 720 por línea, tanto para la norma de 625 como para la de 525 líneas. Puesto que el período de muestreo tiene una duración de  $0.074074 \mu\text{s}$  ( $1/13.5$  Mhz), una línea activa durará  $0.074074 \times 720 = 53.33 \mu\text{s}$ .

El origen del tiempo de una línea de televisión es el flanco frontal del pulso de sincronía de línea medido a mitad de amplitud (punto OM en la siguiente figura II. 16). A partir de este punto, durante 122 períodos de muestreo, no se toman muestras. Eso significa que el muestreo empezará  $0.074074 \mu\text{s} \times 122 = 9.037$

$\mu\text{s}$  después de OH. Luego se detiene después de  $0.074074 \mu\text{s} \times (122 + 720) = 62.367 \mu\text{s}$ . Queda a continuación tiempo para  $858 - (122 + 720) = 16$  muestras que no se exploran tampoco. Todo esto se muestra en la figura II.16 (note que el inicio y fin de la supresión de línea se hallan dentro de la línea activa digital).

Cabe mencionar el hecho de que la codificación lineal con 8 bits es la forma en que las señales tienen que presentarse a la entrada y salida de los equipos.

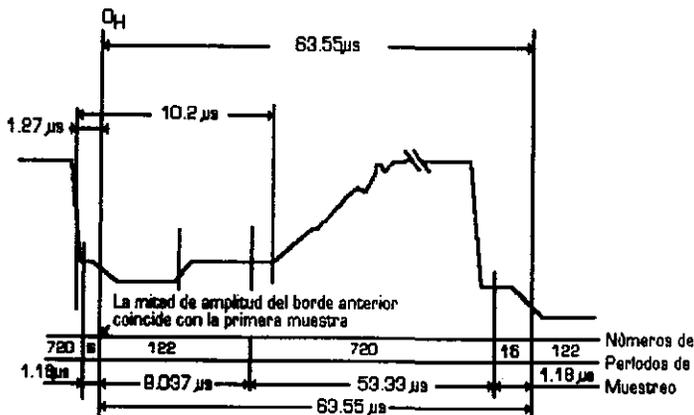


FIG. II.16 DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS EN EL SISTEMA DE 525 LÍNEAS

Las imágenes de televisión que son *codificadas en PCM* con palabras de 8 bits muestran pequeños y subjetivos deterioros sobre la imagen directa. Cada bit de menos incrementa el ruido de cuantificación en 6 dB. Estas imágenes tienen una  $\text{SNR} = 56$  dB. Sobre la cuestión de qué frecuencia de muestreo es la mejor, la  $4 \text{ fsc} = 14.3 \text{ MHz}$  para codificar video compuesto y  $13.5 \text{ Mhz}$  para video en componentes muestran una alta superioridad, siendo la fase coherente con la portadora de color o con el *BURST* (referencia de color) de la señal NTSC. La señal *dither* de cualquier manera ofrece ventajas cuando la imagen es

codificada con 6 bits o menos, en cualquier forma el ruido dither se sumará al ruido total de la imagen.

Otros tipos de codificación (Modulación Delta y PCM Diferencial) y numerosas formas de compresión de datos para imágenes de televisión NTSC han sido sugeridas. Los productores de televisión broadcast necesitarán sopesar cuidadosamente, estas nuevas formas de optimización de normas y estándares. La decisión final, sin embargo depende de una evaluación "frente a frente" sin reparar en teorías.

## VIDEO DIGITAL

### II.7 ESTANDARES DE VIDEO DIGITAL

Definiciones breves de todos los estándares de video pertinentes serán incluidas aquí de manera que se pueda sentar una base para así discutir sistemas digitales.

#### II.8 CCIR 601

*CCIR 601* no es una interface de video estándar, pero si un estándar de muestreo. CCIR 601 evolucionó de un congreso de *SMPTE/EBU* para determinar los parámetros en sistemas de televisión que utilizan video en componentes digital. Estos trabajos culminaron en una serie de pruebas patrocinadas por la *SMPTE* en 1981, y resultaron en la recomendación CCIR 601. Este documento especificó el mecanismo de muestreo a ser utilizado en ambas señales: 525 (*NTSC*) y 625 (*PAL*) líneas. Especificó el *muestreo ortogonal* a 13.5 MHz para luminancia y 6.75 MHz para las señales de color *Cb* y *Cr*, las cuales son versiones a escala de las señales *B-Y* y *R-Y*.

#### II.9 4:2:2

La estructura de muestreo CCIR 601 definida arriba también es conocida como 4:2:2. Esta nomenclatura se derivó de los días en que múltiplos de la *subportadora* de NTSC fueron considerados para la frecuencia de muestreo, este acercamiento se abandonó, pero el uso del "4" para representar la frecuencia de muestreo para luminancia se retuvo. La unión SMPTE/EBU examinó las muestras de frecuencia de luminancia desde 12 MHz hasta 14.3 MHz. Seleccionaron 13.5 MHz por compromiso y porque el submúltiplo 2.25 MHz es un factor común entre los sistemas de 525 y 625 líneas.

Hoy en día, todas las descripciones relacionadas de jerarquías de muestreo asumen una base de 4 = 13.5 MHz, por ejemplo, el muestreo base es 3.375 Mhz. Algunos sistemas de televisión de mayor definición utilizan un formato de resolución más alto llamado "8:4:4" El muestreo a 8:4:4 tiene el doble de ancho de banda que el 4:2:2.

## ***II.10 COMPONENTES PARALELO DIGITAL SMPTE 125M, EBU 3267***

*CCIR 601* describió el muestreo de una señal. La interface eléctrica para la información producida por este muestreo se estandarizó separadamente por SMPTE y EBU. La interface en paralelo para 525/59.94 fue definida por SMPTE como la *SMPTE 125M* y para 625/50 por *EBU Tech 3267*. Ambas fueron adoptadas por la CCIR y son incluidas en la recomendación 656. La interface paralela utiliza once pares trenzados y conectores "D" de 25 pines. Esta interface multiplexa las palabras de datos en la secuencia C<sub>B</sub>, Y, C<sub>R</sub>, Y, C<sub>B</sub> ....., resultando en un porcentaje de datos de 27 Mpalabras/s.

Las secuencias de sincronización SAV y EAV (Start Active Video y End Active Video), son agregadas a cada línea para representar el Comienzo de Video Activo y el Fin de Video Activo. La línea digital activa contiene 720 muestras de luminancia e incluye espacio para representar el borrado de una línea dentro de la línea activa. La última revisión de esta norma, establece una interface de 10 bits, aunque solamente se usan 8. Como la información de sincronización es llevada por SAV y EAV, no existe la necesidad de señales de sincronización convencionales, y los intervalos horizontales (y los períodos de línea activa durante el intervalo vertical) pueden ser usados para llevar datos auxiliares.

La aplicación más obvia para este espacio de datos es el de llevar audio digital, y se prepararon documentos por la SMPTE para estandarizar el formato y la distribución de paquetes de datos de audio.

### **II. 1 1 SEÑAL COMPUESTA DIGITAL EN PARALELO**

Aunque experimentos anteriores con tecnología digital se basaron en muestrear la señal (NTSC o PAL) compuesta, y fueron realizados para que en la *más alta calidad de operación, fuera necesario el procesamiento en componentes* (los primeros estándares digitales fueron en componentes).

El interés en la señal compuesta digital fue revivido cuando los fabricantes anunciaron un formato de grabación compuesto digital, que se conoció como D2. Inicialmente, estas máquinas fueron proyectadas como dispositivos de entrada/salida analógica para ser utilizados en ambientes analógicos NTSC y PAL, fueron provistas entradas y salidas digitales para grabaciones máquina a máquina. De cualquier modo, la comunidad de post-producción reconoció la gran ventaja que se le podría otorgar a la capacidad de multi-generación de estas máquinas si éstas fueran utilizadas en un ambiente todo digital.

Gradualmente se dispuso una gran cantidad de equipo de producción y post-producción, y hoy en día es posible el construir instalaciones que manejen video compuesto digital. La señal de video es muestreada a 4 veces la fsc, dando al muestreo nominal tasas de 14.3 MHz para NTSC y 17.7 MHz para PAL. La interface se estandarizó (para NTSC bajo la norma SMPTE 244M ) a 10 bits de precisión, aunque máquinas D2 solamente grabarán 8 bits. Más recientemente, se introdujeron VTR D3, utilizando video compuesto digital y la misma interface, con un esquema de grabación más complejo y cinta de diferente tamaño.

Como en la interface de componentes en paralelo, la línea compuesta digital es suficientemente larga para acomodar la línea analógica y las orillas del *BLANKING* (borrado) analógico. A diferencia de la interface en componentes, la interface compuesta transmite una representación digital de sincronía y burst convencional durante el intervalo de borrado horizontal. Una representación de sincronización vertical y pulsos de ecualización son transmitidos por la interface compuesta.

Las instalaciones de video compuesto digital, proveen a su vez, ventajas de interface y procesamiento digital, y particularmente la capacidad de multi-generación de grabación digital. De cualquier forma, también existen limitaciones. La señal es compuesta y trae consigo la codificación de NTSC o PAL.

Procesos tales como *CHROMA KEY* no son satisfactorios para trabajos de alta calidad, y una provisión separada se debe de hacer para una señal componente derivada de el incruste o recorte de la señal (KEY o llaveo). Algunas operaciones, como efectos digitales, requieren que la señal sea decodificada a formato en componentes para procesarla, y entonces recodificarla a señal compuesta.

De todas formas, la señal digital compuesta provee un ambiente más poderoso que la analógica para instalaciones NTSC y PAL, y es una solución de costo muy efectiva para bastantes usuarios. Con componentes en digital, la interface paralela compuesta utiliza un cable multi-par y conectores "D" de 25 pines. Otra vez, esto ha probado ser satisfactorio para pequeñas y medianas instalaciones, pero una implementación práctica de un sistema grande requiere de interface serial.

## II.12 COMPONENTES EN DIGITAL SERIE

Como se mencionó, la conexión en paralelo para equipo digital es práctica solamente para instalaciones relativamente pequeñas, y existe una clara necesidad de transmisión *a través de un simple cable coaxial*. Esto no es sencillo, el porcentaje de datos es alto, y si la señal fuera transmitida en serie sin codificación, sería demasiado difícil una recuperación confiable. La señal serial debe ser modificada previo a la transmisión para asegurar que hay suficientes flancos para una recuperación confiable del reloj para minimizar el contenido de baja frecuencia de la señal transmitida.

Una interface utilizando *SCRAMBLING* (rearrreglo) y conversión a *NRZI* fue probada, y ha sido estandarizada por SMPTE (SMPTE 259M) y EBU (Tech. 3267) y definida para ambas señales por componentes y compuesta, incluyendo audio digital insertado. Esta interface acepta la señal de 10 bits de la revisada interface paralela, y transmite a una velocidad de 270 Mb/s. Las señales en componentes no tienen la necesidad de más procesamiento pues las señales SAV y EAV en la interface paralela proveen secuencias únicas que pueden ser identificadas en el dominio serial para permitir la formación de palabras de cuadro de imagen. Si información como el audio ha sido insertada a la señal paralela, esta información será llevada por la interface serial. La interface serial puede ser utilizada con cable coaxial común para video.

## II.13 SEÑAL COMPUESTA DIGITAL EN SERIE

La interface serial rearrreglada NRZI (SMPTE 259M) también soporta la transmisión de señales digitales compuestas.

La información de la interface de 10 bits paralela es serializada, arreglada con el mismo algoritmo utilizado para componentes, y convertida a NRZI. La información resultante es a razón de **143 Mb/s para NTSC** y 177 Mb/s para PAL. La conversión de paralelo a serie para señales compuestas es algo más compleja que para señales en componentes. Como fue mencionado, las señales SAV y EAV en la interface de componentes en paralelo provee secuencias únicas que pueden ser identificadas en el dominio serial. La interface de señal compuesta en paralelo no tiene tales señales, así que es necesario insertar una señal de referencia de sincronización (TRS) a la señal paralela antes de la serialización. Una TRS de tres palabras es insertada en el extremo de la sincronía para permitir la construcción de palabras de "cuadro" en el receptor serial, que también debe de eliminar la TRS de la señal paralela recibida.

La interface de señal compuesta en paralelo no soporta transmisión de datos auxiliares, y la transmisión de sincronía y *burst* significa que menos espacio estará disponible para la inserción de datos. Aunque en la conversión de paralelo a serie, información puede ser insertada en los extremos de la sincronía. El espacio de información en NTSC (en el peor de los casos) es suficiente para cuatro canales de audio digital AES/EBU (dos pares estéreo). Información auxiliar como el audio puede ser adherida previa a la serialización, y esto normalmente es desempeñado por el mismo co-procesador que inserta la TRS.

## II. 14 CONVERSIÓN DE FORMATOS

Al convertir señales de componentes en digital y compuesto en digital en cualquier dirección, existen dos pasos: (1) la codificación ó decodificación actual, y (2) la conversión del muestreo de una señal de un estándar a otro.

Las tasas de muestreo digitales para estos dos formatos son: 13.5 MHz para componentes digital y 14.3 MHz para señal compuesta digital NTSC. Este segundo paso es llamado **"tasa de conversión"**. A menudo el término "tasa de conversión" es usado para significar ambos codificación/decodificación y remuestreo de las tasas digitales.

Hablando estrictamente una tasa de conversión es tomar un porcentaje de muestreo y hacer otro fuera de éste. Para nuestros propósitos utilizaremos el término **"formato de conversión"** que significará ambos: el paso codificación/decodificación y remuestreo de tasas digitales. La secuencia del formato de conversión depende de la dirección. De componente a compuesto, la secuencia normal es la tasa de conversión seguida de la codificación. De compuesto a componente, la secuencia es decodificación seguido de la tasa de conversión. Ver figura II. 17.

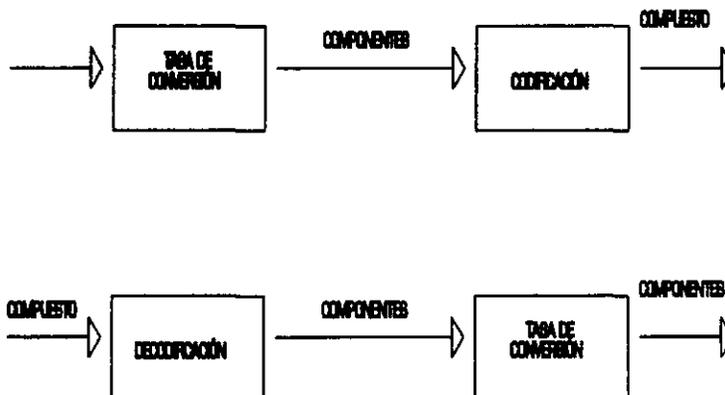


FIG. II. 17 PROCESO DE CONVERSIÓN DE FORMATO.

Después del trabajo de post-producción, componentes digitales pueden necesitar ser convertidos a compuesto digital.

Es mucho más fácil producir con componentes debido a que no es necesario esperar los cuatro campos (2 cuadros) para editar dos partes de video; en su lugar, puede ser cada dos campos. Esto incrementa la oportunidad para editar cuatro veces. Adicionalmente, por componentes es un formato de más alta calidad ya que la luminancia y la crominancia son manejadas por separado.

Otros ejemplos de la necesidad del formato de conversión involucra el convertir de componentes digital a compuesto digital. Fuentes que están en componentes digital pueden ser convertidas para alimentar a un SWITCHER (conmutador) o equipo de efectos que maneje señales en compuesto digital. Las dos mayores contribuciones a la calidad de este proceso son la codificación-decodificación y la conversión de tasa de muestreo. Si alguno de estos dos falla, la calidad del producto final será afectada.

## AUDIO DIGITAL

### II. 15 FORMATOS Y ESTÁNDARES DE AUDIO DIGITAL

El audio digital AES (también conocido como AES/EBU) está conformado de acuerdo a la especificación **AES3** (ANSI 4.40) titulada **"Práctica recomendada para Ingeniería en audio digital"**. Formato de transmisión serial para representar linealmente datos de audio digital de dos canales"; ha sido revisada recientemente y ahora se conoce como **AES3-1992**. El audio digital AES/EBU es el resultado de la cooperación entre la Sociedad de Ingeniería de Audio (Audio Engineering Society) en los Estados Unidos y la Unión Europea de Broadcast (European Broadcast Union).

### RELACIÓN SEÑAL DE AUDIO / RUIDO

Para poder discutir audio digital, una de las consideraciones importantes es el número de bits por muestra. En donde el video opera a 8 ó 10 bits por muestra, el rango de implementación para audio va desde 16 a 24 bits para proveer el rango dinámico deseado así como la relación señal-ruido (SNR). La relación señal-ruido, al convertir audio de analógico a digital interactúa directamente con el número de bits en la frecuencia de muestreo. Como se demuestra en la fórmula siguiente, mientras más grandes sea el número de bits en la señal de audio digital, mejor será la relación señal-ruido y el resultado final más preciso. La fórmula básica para determinar la relación señal-ruido (SNR) para audio digital es  $SRN = (6.02 * n) + 1.76$  donde "n" es el número de bits en la frecuencia de muestreo.

En un sistema de 16 bits, la máxima SNR teórica es  $(6.02 * 16) + 1.76 = 98.08$  dB; para un sistema de 18 bits, la SNR es 110.2 dB; y para un dispositivo de 20 bits, 122.16 dB. Un CAD de 20 bits bien diseñado ofrece un valor entre 100 y 110 dB. Utilizando la fórmula de arriba para una SNR de 110 dB, el sistema tendría un equivalente de 18.3 bits de resolución.

En sus inicios, dispositivos A/D de 20 bits eran demasiado caros y necesitaban de mucha energía, lo cual generaba calor. Por esta razón, varios CAD's utilizaron dispositivos de 18 bits. Con la tecnología de hoy en día, 20 bits es la tasa de bits que proporciona una representación adecuada y económicamente aceptable, aunque con el rápido y constante avance tecnológico, los convertidores de 24 bits con frecuencia de muestreo de 96khz se están probando en laboratorio y pronto, estarán integrados a los equipos profesionales persiguiendo la máxima calidad del audio.

## **II. 16 AUDIO AES/EBU**

Una señal de audio digital AES siempre consiste de dos canales, los cuales pueden ser separados y diferentes o audio estéreo. También puede operar como un solo canal (monofónico) en donde el segundo canal de datos digitales es idéntico al primero, o sus datos son "ceros lógicos".

La estructura y formato de datos de audio AES se muestran en la figura II.18. Cada muestra es llevada por un sub-cuadro conteniendo: 20 bits de información muestreada, 4 bits de datos auxiliares (con los cuales la muestra puede crecer a 24 bits) y otros 4 bits para indicar la identificación del canal para cada muestra. Dos sub-cuadros forman un cuadro el cual contiene una muestra de cada uno de los dos canales.

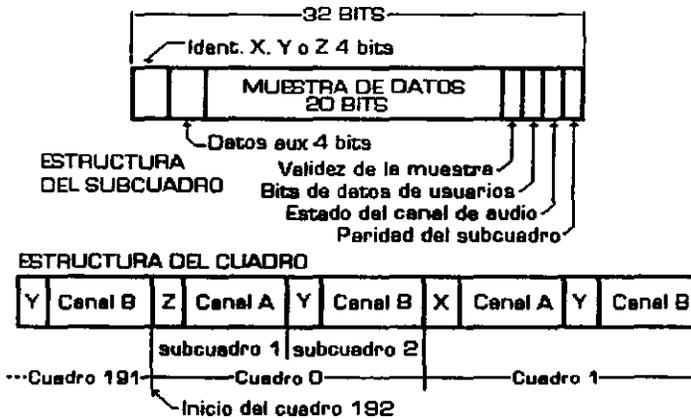


FIG. II.18 FORMATEO DE DATOS DE AUDIO DIGITAL AES

Los cuadros son agrupados en bloques de 192 cuadros los cuales definen los límites de información del usuario y el estado de los bloques de datos del canal. Un preámbulo especial (X ó Y) indica la identidad del canal para cada muestra y el preámbulo Z, el comienzo de un bloque de 192 cuadros. Para minimizar el componente de corriente directa (DC) en la línea de transmisión, facilitar la recuperación del reloj, y hacer la interface polarmente insensible, el canal de información está codificado con una marca bifásica.

Los preámbulos violan específicamente las normas de marcas bifásicas para un reconocimiento fácil y asegurar la sincronización. Cuando audio digital es insertado en el flujo de información de video digital, el comienzo del bloque de 192 cuadros es determinado por el llamado bit "Z" que corresponde a la ocurrencia del preámbulo tipo Z. El bit de validación indica si los bits de la muestra de audio en los sub-cuadros son convenientes para conversión a una señal analógica de audio. Información del usuario es provista para llevar otros datos, como el código de tiempo. La información del estado del canal contiene información asociada con cada canal de audio.

Existen tres niveles de implementación de la información del estado del canal: mínima, estándar y aumentada. La implementación estándar es recomendada para uso en aplicaciones de televisión profesional, por lo tanto la información de estado del canal deberá contener información sobre énfasis de la señal, frecuencia de muestreo, modo del canal (estéreo, mono, etc.), uso de bits auxiliares (información de audio extendida a 24 bits u otro uso), y un CRC (código cíclico de redundancia) para un control de errores del estado total del bloque del canal.

## ***II. 17 AUDIO INSERTADO***

Una de las importantes ventajas del SDI (Serial Digital Interconnect) es la habilidad de insertar (multiplexar) varios canales de audio en el video digital. Esto es particularmente útil en sistemas grandes donde el enrutamiento por separado de audio digital se vuelve una consideración en cuanto a costo y la certeza de que el audio esté asociado apropiadamente con el video es una ventaja. En sistemas pequeños como un estudio de post-producción, generalmente es más económico el mantener audio por separado al eliminar la necesidad de numerosos módulos de multiplexores y demultiplexores.

En el desarrollo del estándar SDI, SMPTE 259M, una de las consideraciones vitales fue la habilidad de insertar por lo menos cuatro canales de audio en la señal compuesta serial digital la cual tiene espacio limitado. Una forma básica de audio insertado para video compuesto está documentada en la SMPTE 259M y existe una cantidad significativa de equipo en el campo utilizando este método para ambas señales por componentes y compuesto. Al utilizar los ingenieros las especificaciones de la SMPTE 259M para sus diseños, se hizo más claro que era necesario un documento más definitivo.

Un estándar está siendo desarrollado para audio insertado que incluye cosas tales como distribución de muestras de audio en el espacio disponible de datos auxiliares en compuesto digital, la capacidad de acarrear 24 bits de audio, métodos para manejar reloj no-síncrono y frecuencias de reloj que no sean 48 KHz, y especificaciones para insertar audio en video por componentes digital.

El audio insertado (donde información de audio digital es multiplexada al flujo de información digital serie) está siendo preparado por la SMPTE como un estándar propuesto: "Formatear el audio AES/EBU e información auxiliar hacia el espacio de información insertada del video digital serie". La EBU sigue de cerca este estándar.

La figura II.19 muestra el intervalo de borrado horizontal en una señal de video, donde los paquetes de audio insertado son colocados. En este caso se muestra una señal NTSC. Señales por componentes también son muy similares, excepto que el intervalo horizontal está disponible por completo para datos, ya que no se necesita información de sincronización o burst.

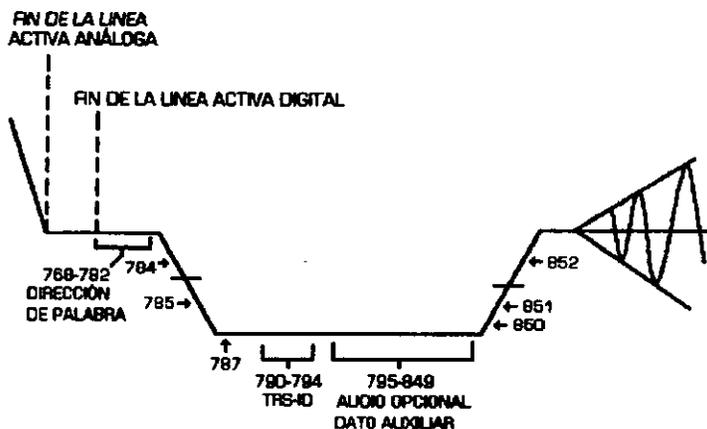


FIG. II.19 ESPACIO DE DATOS AUXILIARES.

El documento de la SMPTE describe el estándar de transmisión de audio digital dentro del espacio de datos auxiliares del video digital. Este método de transmisión soporta transmisiones simultáneas desde cuatro hasta dieciséis canales (2 a 8 flujos AES/EBU) de 20 o 24 bits de audio insertado en el flujo de datos seriales. El número máximo de canales disponibles varia dependiendo del estándar de video utilizado. Por ejemplo, cuatro canales de audio (2 flujos AES/EBU) a 20 ó 24 bits de resolución pueden ser soportados por una señal NTSC compuesta en serie.

Esto asume que el espacio para datos auxiliares no está siendo utilizado por otros tipos de señales. Esto es actualmente improbable, ya que no hay formatos de información auxiliar que estén funcionando, que utilicen más de una fracción del espacio de datos auxiliares. El máximo número disponible de canales para audio en los diferentes formatos es el siguiente:

FORMATO	CANALES	TASA
Compuesto NTSC	2 pares	143 Mb/s
Componente 525/625	4 pares	270 Mb/s
Componente 525/ 625 16:9	6 pares	360 Mb/s

Cualquier tasa de muestreo de audio de 32-48 KHz puede ser transmitida, aunque 48 KHz es el estándar de audio dentro de un estudio. Un bloque de control de audio es transmitido al principio de cada campo como un bloque auxiliar por separado que transmite información variada que describe las señales de audio presentes y su relación con el video. Equipo conforme a este estándar puede implementar varios niveles del sistema. Puede o no soportar la transmisión o recepción de bits auxiliares. Un receptor de "20 bits", recibirá 20 bits de una transmisión de 24 bits.

## II.18 SISTEMATIZACIÓN DE AUDIO AES/EBU

Audio y video digital serie están siendo más comunes en instalaciones de producción y post-producción como también en estaciones de televisión. En cualquier caso el audio y video son una fuente conjunta, y sería deseable el mantenerlos juntos y tratarlos como un flujo sencillo de datos digital serie. En la figura II.20 un multiplexor inserta el audio al video. Este toma audio digital AES/EBU y lo multiplexa con el video en el área propia del flujo de datos seriales.

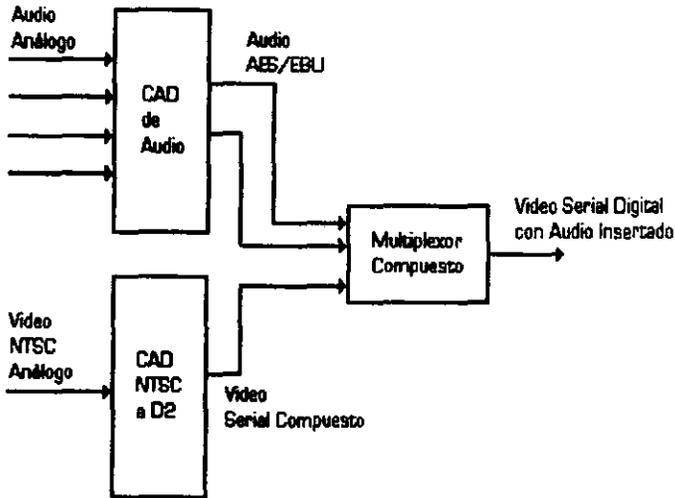


FIG. II.20 SISTEMA MULTIPLEXOR COMÚN.

Debido a una doble diferencia de frecuencia de operación de los canales (14 MHz o 17 MHz para compuesto NTSC vs. 27 MHz para componentes digital) diferentes multiplexores son diseñados para cada formato. En el formato componentes digital, el audio es insertado en el área entre las palabras de EAV y SAV.

En el formato de compuesto digital, se provee un espacio para información auxiliar en el área de sincronía horizontal. Ambos formatos digitales tienen palabras asignadas para insertar audio, para que tanto la señal de video digital como la de audio digital AES/EBU puedan ser multiplexadas conjuntamente. Esto tiene la ventaja, de ser capaz, de poder mantener las señales en el dominio digital y conmutarlas al mismo tiempo con un ROUTING SWITCHER (enrutador) de video digital serie. En los instantes en que se necesite separar alguna de las fuentes de audio, el audio digital puede ser demultiplexado y conmutarlo separadamente vía un SWITCHER de audio digital AES/EBU.

En el punto de recepción, ya que el audio multiplexado ha pasado a través de un SWITCHER digital serie, puede ser necesario el extraer el audio del video para que la edición, depuramiento de audio (mejoramiento electrónico de audio a través de manipulación), u otros procesos, puedan ser completados. Para esto se necesita un demultiplexor que quite el audio AES/EBU del video digital serie (ver figura II.21).

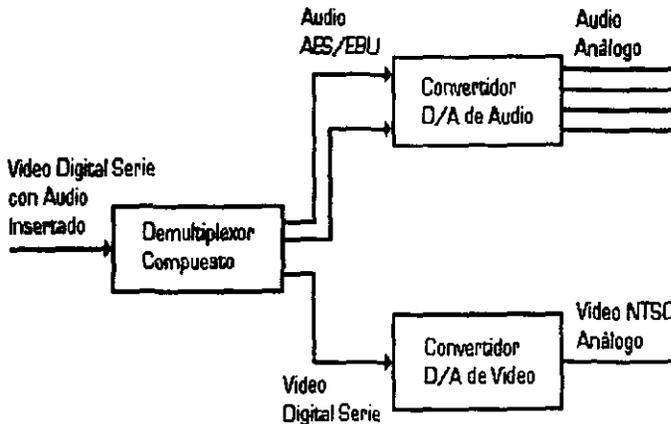


FIG. II.21 SISTEMA DEMULTIPLEXOR COMÚN.

## CAPÍTULO III

# **PRUEBAS Y MEDICIONES**

### III. 1 PRUEBAS Y MEDICIONES DE EQUIPO DIGITAL

Como estado inicial, más equipo comúnmente usado por productores y transmisores de televisión convierte la señal de video en un formato digital PCM convencional. La reducción del flujo de la velocidad de bits generalmente no es usada, esto minimiza el problema de la prueba de equipo digital ya que muchos más parámetros de calidad tienen que ser supervisados.

Pueden presentarse problemas con el uso de algunas señales de prueba con equipo digital PCM. Por ejemplo en la medición de la ganancia y fase diferencial, el uso de la señal convencional de escalón dará resultados erróneos. El máximo nivel de cada paso será cambiado por los circuitos de cuantificación de tal manera que un error es presentado y un insignificante cambio en la amplitud de entrada puede causar un cambio desproporcional en la amplitud de salida. En una situación práctica esto demostrará que como la amplitud de la señal escalonada es variada escasamente, los pasos o escalones de la salida oscilarán de forma insignificante.

El subcomité IEEE 2.1.6 sobre mediciones digitales del grupo BROADCASTING IEEE está perfeccionando estándares en varios aspectos sobre las mediciones de equipo digital. Su trabajo inicial es sobre un método de medición de la ganancia y fase diferencial en un sistema híbrido conteniendo ambos elementos, analógico y digital. Su recomendación preliminar será usar una señal de prueba de rampa modulada en vez de una señal escalón, ya que la rampa producirá una salida la cual puede ser significativamente interpretada.

El trabajo más lejano estará hecho en un futuro cercano por ésta y otros grupos de industrias sobre problemas de pruebas en equipo digital. La evaluación preliminar ha demostrado que las instalaciones *digitales serie de video son confiables y sólidas*. Sin embargo los inconvenientes de la instalación, las fallas de los equipos y daños ocasionados son posibilidades presentes, las cuales exponen la calidad de la señal digital. Las pruebas y mediciones de la señal de televisión digital serie agrega una nueva dimensión a la operación de estudio.

Las pruebas y mediciones de señales digital serie pueden ser representadas en tres diferentes aspectos: uso, métodos y ambiente operacional. Los tipos de uso deben incluir: el trabajo de los diseñadores, la garantía de la calidad de los fabricantes, la evaluación del equipo por el usuario, prueba de la instalación del sistema y aprobación, mantenimiento del sistema y equipo, y quizá la más importante: la operación.

Los requerimientos para un monitoreo operacional básico deben mostrar la señal programa llevada por la señal digital con características y precisión, equivalentes al monitoreo de la señal basebanda análoga de hoy. Un monitoreo operacional también deberá incluir información de la misma señal digital, tal como datos disponibles, errores de bit y errores de formateo de datos.

Un monitoreo de la verdadera forma de onda serial no es requerido. Debido a la *solidez natural de las señales de video digital una reducción en el número de monitores de forma de onda puede ser posible*. Sin embargo, el monitoreo de la forma de onda de la señal programa es requerido en los lugares donde un operador o equipo tiene la capacidad de cambiar los parámetros de la señal.

El resultado, son varias categorías de monitoreo y métodos de medición a ser considerados: análisis de la señal programa, análisis de datos, verificación de

formateo, operación de transmisión/recepción, equipo de transmisión y reportes de fallas. La señal de PROGRAM (programa) es ahora transmitida en una portadora: el alto porcentaje de bits de una señal digital serie se muestra en la figura III.1. La nueva dimensión para pruebas y mediciones es el cuantificar la asociación de parámetros directamente con la portadora. Esto incluye mediciones de tipo análogo de la señal digital serie, además del análisis de datos digitales que ésta representa.

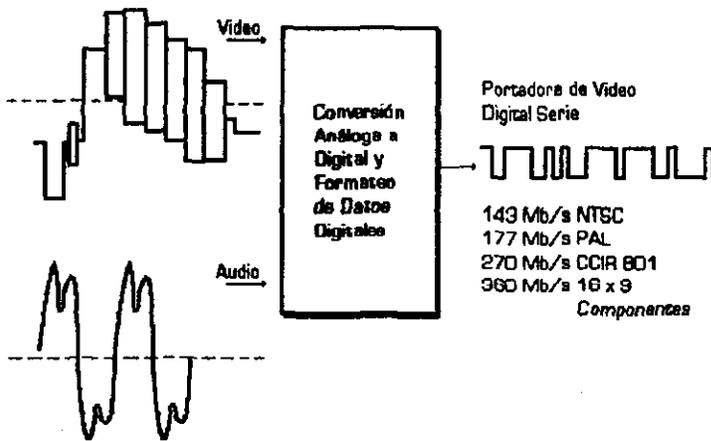


FIGURA III.1 CONVERSIÓN ANÁLOGA A DIGITAL Y FORMATEO DE DATOS DIGITALES

Un vistazo a los tipos de pruebas que son apropiados para digital serie en el estudio son mostrados en la tabla de la fig. III.2. Las funciones operacionales son divididas en tres áreas: sistema de control y monitoreo en operación, instalación sin operación y reparación y evaluación de equipo y aceptación.

Probando en el modo "fuera de servicio" (no operando) es especialmente importante en los sistemas de video digital debido a la naturaleza de su bien

conocida falla de **"punto de ruptura"**. Son usados cuatro métodos significativamente diferentes de medición.

MÉTODO	EN SERVICIO	FUERA DE SERVICIO	
	PROGRAMACIÓN Y MONITOREO DE DATOS	INSTALACIÓN, REPARACIÓN, MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	EVALUACIÓN Y ACEPTACIÓN DEL EQUIPO
SEÑAL PROGRAM	Audio y Video Mediciones Límites de exactitud	Audio y Video Mediciones	Audio y Video Mediciones Límites de exactitud
DATOS DIGITALES	Verificación de formato Detección de errores Actividad de Bits	Verificación de formato Detección de errores Actividad de Bits Tensionamiento de señal	Verificación de formato Ejercicio de bits Tensionamiento de señal
FORMA DE ONDA DE LA SEÑAL DIGITAL	Patrón de ojo Nivel de Ecuación de operación	Patrón de ojo Nivel de Ecuación de operación Sensibilidad del receptor	Salida del patrón de ojo. Sensibilidad del receptor Tensionamiento de señal
COMPONENTES PASIVOS		Continuidad Impedancia Mediciones TDR	Regreso de pérdida

FIG. III.2 MATRIZ DE PRUEBAS DE TELEVISIÓN DIGITAL.

La medición de la señal program se constituye por las mediciones basebanda (señales básicas originales) de audio y video que han sido usadas por años. Un importante aspecto de estas mediciones es que la exactitud de la representación de la señal está limitada por el número de bits por muestra. Una pequeña cantidad de datos digitales han sido presentados en señales de video análogo en la forma de Intervalo Vertical de Código de Tiempo (VTC) pero el flujo serial de datos tiene mucho más capacidad de información además del vídeo; por lo tanto más métodos completos de mediciones son deseables. El análisis de la forma de onda de la señal digital y sus efectos en la operación de transmisión/recepción es un nuevo requerimiento en pruebas y mediciones para

facilidades de televisión. En vez de adquirir equipo especial para interpretar esta forma de onda de alta velocidad, están siendo agregadas capacidades apropiadas al tradicional equipo de pruebas de televisión ayudando en la transición económica a la televisión digital serie.

El probar los componentes pasivos (coaxiales, paneles de parcheo, etc.) es similar a lo usado con sistemas basebanda (sistemas de señales digitales a alta frecuencia) excepto que anchos de banda más amplios deben de ser considerados. Los detalles de los métodos de prueba más apropiados para digital serie, que se muestran en la figura anterior, son discutidos en las siguientes secciones.

### *III.2 ESPECIFICACIONES Y MEDICIONES DE LA FORMA DE ONDA DE LA SEÑAL DIGITAL.*

Mediciones análogas de la forma de onda de señal digital serie empiezan con las especificaciones de la salida del transmisor como se muestra en la figura III.3. Cuando observamos en un osciloscopio o monitor apropiado, varias veces barrido (cubierto por la persistencia del CRT), producirá una forma de onda que puede seguir un número de diferentes trazos a lo largo de la pantalla. Esto es porque los dígitos en el flujo serie variarán basados en la información: alto o bajo, con o sin cambio en el posible tiempo de transición.

La señal digital es un flujo de datos con velocidad de Mb/s, con una impedancia de 75 ohms, no balanceada, una amplitud de salida de 800 mV, un tiempo de subida determinado y un jitter máximo permitido, que se actualiza continuamente, mostrando las transiciones 0-1 y 1-0 al ritmo de su velocidad en Mb/s

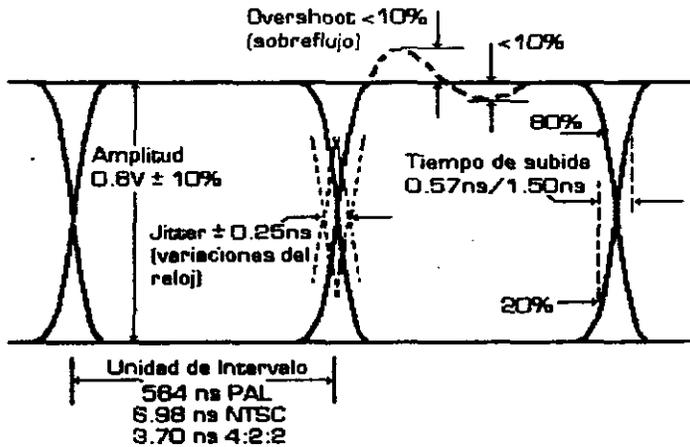


FIG. III.3 FORMA DE ONDA DIGITAL SERIE.

### TRANSICIÓN ALTA O BAJA AL SIGUIENTE ESTADO

La forma de onda resultante es conocida como *patrón de ojo* (EYE PATTERN), con dos "ojos" como se muestra en la figura III.3. Un receptor serial podrá determinar si la señal es "alta" o "baja" en el centro de cada ojo para así detectar la información serial; ya que el ruido y la inestabilidad del reloj se incrementan en la señal a través del canal de transmisión, el mejor punto de decisión es en el centro del ojo. Cualquier efecto que cierre el ojo reducirá la utilidad de la señal recibida. Las variaciones de amplitud causan el cierre vertical del ojo y las variaciones de tiempo el cierre horizontal. Las especificaciones que deben ser medidas son la amplitud, tiempo de subida, inestabilidad del reloj (JITTER) y excedente de amplitud (OVERSHOOT), que son definidas en el estándar serie SMPTE 259M. La frecuencia o el período, deberán ser determinados por el generador de sincronía de la televisión que genera la señal fuente, no el proceso de serialización.

En un sistema de comunicaciones con corrección de errores adecuado, la recuperación precisa de los datos puede ser hecha con el ojo casi cerrado. Con los bajos porcentajes de error requeridos para una transmisión correcta del video digital serie, es requerida una abertura amplia y limpia del ojo después de la *ecualización* del receptor.

La amplitud es importante debido a que afecta la máxima distancia de transmisión; muy larga puede ser un problema así como también muy pequeña. Algunos ecualizadores del receptor dependen de la amplitud para estimar la longitud del cable y el ajuste de estos afectará de manera importante el ruido y la distorsión.

Un intervalo unitario es definido como el tiempo entre dos transiciones de *señales adyacentes*, el cual es el recíproco de la frecuencia del reloj. El intervalo unitario es 7.0 nseg. para NTSC, 5.6 nseg. para PAL y 3.7 nseg. para componentes 525 y 625.

Mediciones precisas de la forma de onda del transmisor serial necesitan un osciloscopio con un ancho de banda de 1 GHz debido al tiempo de subida de 1 ns; de cualquier forma, el control de la calidad de las mediciones (como la amplitud y el tiempo de subida) puede ser hecho con equipo de pruebas de televisión con anchos de banda más bajos (300 a 500 MHz), utilizando un tiempo de muestreo equivalente.

La figura III.4 muestra los resultados de las mediciones de tiempo de subida, amplitud y OVERSHOOT con un osciloscopio de muestras digitales con 1 GHz de ancho de banda.

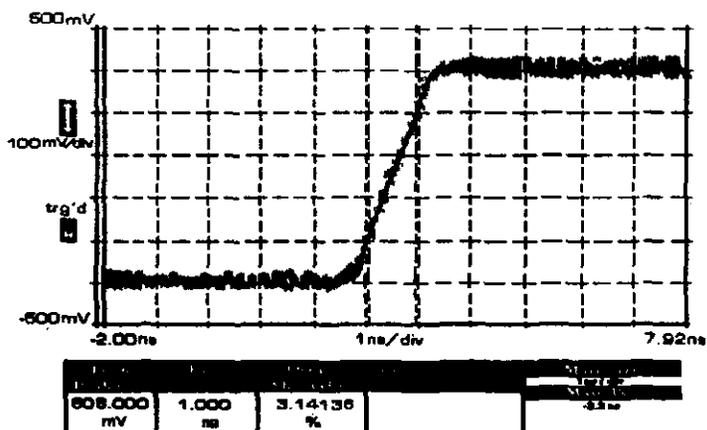


FIG. III.4 OVERTHOOT.

Resultados similares pueden ser obtenidos con monitores de forma de onda para televisión. Como se muestra en la figura III.5, si observamos el patrón también se podrán indicar defectos del sistema. En la figura III.6 se ve el patrón de ojo si un desacoplamiento significativo de impedancias ha ocurrido.

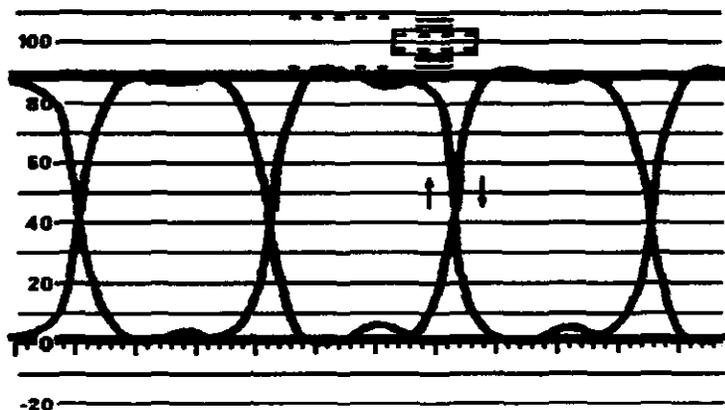


FIG. III.5 PATRÓN DE OJO NORMAL EN EL MONITOR.

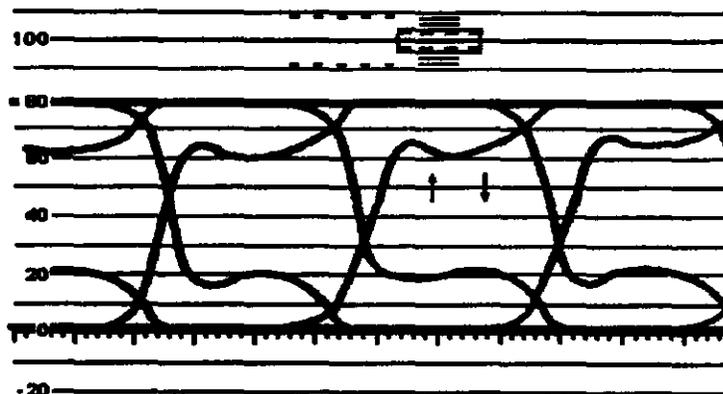


FIG. III.6 EL OJO SE CIERRA DEBIDO A DEFECTOS EN EL SISTEMA.

### III.3 MEDICIONES DE OPERACIÓN EN LA TRANSMISIÓN - RECEPCIÓN

La interconexión estándar esté diseñada para operar cuando la pérdida de señal a la frecuencia de reloj, debido a las características del cable ( $1/\sqrt{f}$ ) no excede aproximadamente 30 dB. Las longitudes propuestas para cable coaxial de baja pérdida utilizadas en televisión (como el Belden 8281) con una atenuación de 30 dB son mostrados a continuación. Receptores típicos pueden trabajar a distancias más largas o cortas dependiendo de las pérdidas del coaxial utilizado actualmente y del diseño del receptor.

Interconexión Estándar	Velocidad	Frecuencia de reloj	Long. de onda del coaxial
Compuesto NTSC	143 Mb/s	71.5 Mhz	399 m
Compuesto PAL	177 Mb/s	88.5 Mhz	358 m
Compte. (CCIR601)	270 Mb/s	135 Mhz	290 m
Compte. (16:9, 18 Khz)	360 Mb/s	180 Mhz	150 m

Debido a las grandes pérdidas y su asociación con la respuesta de frecuencia, una cantidad significativa de ecualización será necesaria en el receptor. Varios factores determinarán la capacidad máxima de longitud de un par transmisor-receptor. Estos incluyen la calidad de la señal transmitida (amplitud, tiempo de subida, jitter, etc.), tipo de coaxial utilizado, pérdidas y desacoplamientos en otros componentes pasivos (paneles de parcheo y conectores), fuentes de ruido externas, rango de ecualización y ruido del receptor e implementación física del receptor (*crosstalk* en la señal e interferencias dentro del receptor). Al evaluar, instalar o reparar equipo digital *serie*, es de extrema importancia el saber qué tan bien está trabajando el sistema de transmisión serial.

Basándose en la aplicación de control de un LOOP-THROUGH pasivo (se conoce como loop-through pasivo al hecho de poder obtener una salida de la misma señal que alimenta a un equipo sin pasar por ningún proceso interno, ni interferir con el proceso principal), nos lleva a la posibilidad de dos técnicas de medición mientras se encuentra en operación, análisis de ecualización del patrón de ojo y medición de niveles de ecualización de operación. Al determinar la cantidad de ecualización que está siendo aplicada, la longitud del cable que ya es conocida puede ser comparada con la longitud aparente. Cualquier discrepancia dentro de estas longitudes o una ecualización pobre del patrón de ojo indicará un problema potencial, aunque la señal de programa aparezca intacta.

### **III.4 DEFINICIÓN Y DETECCIÓN DE ERRORES**

En la aplicación de computadoras y técnicas digitales para automatizar procesos se tiene expectativas de que el hardware y software reporten problemas al operador. Esto es particularmente importante cuando los sistemas

se hacen más grandes, complejos y sofisticados. Es muy razonable el esperar que los sistemas de televisión digital puedan proveer características similares para reportar errores.

Los equipos de televisión han tenido tradicionalmente varios niveles de capacidad de diagnósticos. Con el desarrollo de señales de audio y video digital es ahora posible el sumar una herramienta vital al sistema de reporte de errores, confirmando la integridad de la señal de un sistema de interconexión de estudios.

*Para comprender y utilizar esta herramienta es necesario el involucrarse dentro de la tecnología de detección de errores digitales. La combinación del método de interconexión de video digital serie, la naturaleza de los sistemas de televisión y diseños típicos de equipo digital nos llevan a la utilización de métodos de medición de errores que son económicos y especializados para esta aplicación.*

### **III.5 DEFINICIÓN DE ERROR**

*Al probar enlaces de transmisión dentro del estudio y equipo operacional un error puede ser definido como una palabra de datos cuyo valor digital cambia entre la fuente de la señal y el receptor. Esto es significativamente diferente al caso análogo donde un rango de valores recibidos pueden ser considerados como correctos. La aplicación de esta definición a enlaces de transmisión es sencilla.*

Si cualquier palabra de datos digitales cambia entre el transmisor y el receptor, existe un error. Equipos tales como enrutadores (ROUTING SWITCHERS), distribuidores amplificadores y paneles de parcheo deberían, en general, no cambiar los datos llevados por la señal.

Sin embargo, cuando un enrutador selecciona otra fuente habrá un pequeña alteración. Esta no debería ser considerada como un error, aunque el tamaño de esta alteración es sujeto a medición y evaluación. SMPTE en su recomendación RP 168 especifica la línea 6 en el intervalo vertical donde el *corte* (SWITCHEO) debe de realizarse, para permitir al equipo medidor de errores ignorar este error aceptable.

La detección de error es otro método que se ha considerado para evaluación en operación de una transmisión digital serie. Existen alrededor de 2.4 Mb/campo en NTSC, 3.5 Mb/campo en PAL, 4.5 Mb/campo en por componentes de 525 líneas y 5.4 Mb/campo en por componentes de 625 líneas.

Debido al *DESCRAMBLING* (arreglo) utilizado en digital serie, sencillos errores de bit afectarán a dos muestras. Basados en este hecho, existe un 70% de probabilidad que cualquiera de MSB (bit más significativo) o MSB-1 de una de las palabras estará en error y será observable. Por eso, un error por campo debe de ser considerado como inaceptable. Como se muestra a continuación hay una gráfica de tiempo entre errores para varios BER's (tasa de error de bit) basada en un error por campo.

Tiempo entre errores	Componentes (625) BER	Componentes (525) BER	NTSC BER
1 Campo	$1.8 \times 10^{-7}$	$2.2 \times 10^{-7}$	$4.2 \times 10^{-7}$
1 Segundo	$3.7 \times 10^{-9}$	$3.7 \times 10^{-9}$	$7.0 \times 10^{-9}$
1 Minuto	$6.3 \times 10^{-11}$	$6.3 \times 10^{-11}$	$1.2 \times 10^{-10}$
1 Hora	$1.0 \times 10^{-12}$	$1.0 \times 10^{-12}$	$1.9 \times 10^{-12}$
1 Día	$4.3 \times 10^{-14}$	$4.3 \times 10^{-14}$	$8.1 \times 10^{-14}$

### III.6 CUANTIFICACIÓN DE ERRORES

La mayoría de los ingenieros están familiarizados con el concepto de Frecuencia de Errores de Bit (Bit Error Rate, BER), que es el porcentaje de bits en error a los bits totales. Como un ejemplo, la velocidad de datos de componente digital de 10 bits es de 270 Mb/s. Si ocurriera un error por cuadro el BER sería  $30/(270 \times 10^6) = 1.11 \times 10^{-7}$  para sistemas de 525 líneas o  $25/(270 \times 10^6) = 0.93 \times 10^{-7}$  para sistemas de 625 líneas.

El cuadro III.1 muestra el BER para un error a través de diferentes intervalos de tiempo para varios sistemas de televisión. El BER es una medición muy útil para el desempeño de sistemas donde la SNR en el receptor es tal que ocurren errores aleatorios producidos por ruido.

Tiempo entre errores	NTSC 143 Mb/s	PAL 177 Mb/s	Por componentes 270Mb/s
1 cuadro de televisión	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$
1 segundo	$7 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$
1 minuto	$1 \times 10^{-10}$	$9 \times 10^{-11}$	$6 \times 10^{-11}$
1 hora	$2 \times 10^{-12}$	$2 \times 10^{-12}$	$1 \times 10^{-12}$
1 día	$8 \times 10^{-14}$	$7 \times 10^{-14}$	$4 \times 10^{-14}$
1 semana	$1 \times 10^{-14}$	$9 \times 10^{-15}$	$6 \times 10^{-15}$
1 mes	$3 \times 10^{-15}$	$2 \times 10^{-15}$	$1 \times 10^{-15}$
1 año	$3 \times 10^{-15}$	$2 \times 10^{-15}$	$1 \times 10^{-15}$
1 década	$3 \times 10^{-15}$	$2 \times 10^{-15}$	$1 \times 10^{-15}$
1 siglo	$3 \times 10^{-15}$	$2 \times 10^{-15}$	$1 \times 10^{-15}$

CUADRO III.1 FRECUENCIA DE ERROR Y PORCENTAJE DE ERRORES DE BIT

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

### III.7 NATURALEZA DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE VIDEO DIGITAL EN EL ESTUDIO

Especificaciones para fuentes de señales de video digital son definidas por la SMPTE 259M. Aunque las especificaciones no incluyan una SNR, valores típicos serían 40 dB o más en el transmisor. Ocurrirán errores si la SNR en alguna locación del sistema alcanzara un valor lo suficientemente bajo, generalmente en los alrededores de 20 dB. La figura III.7 es un diagrama de bloques del sistema serial de transmisor y receptor básico. Un método intuitivo de probar el sistema serial es el de agregar cable --- un método directo de reducir la SNR.

Ya que el coaxial por sí mismo no es una fuente significativa de ruido, es el ruido del receptor el que determinará la SNR operativa. Asumiendo un ecualizador automático en el receptor, eventualmente, mientras más cable se agregue, el nivel de señal debido a la atenuación del coaxial causará que la SNR en el receptor sea tal que incurra en errores.

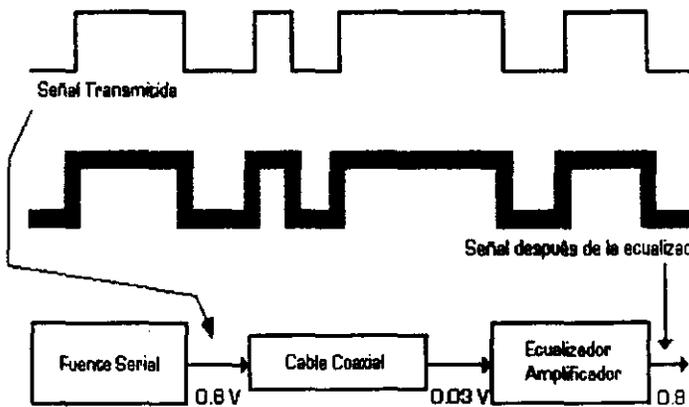


FIG. III.7 SISTEMA DE TRANSMISIÓN SERIAL

Basarse en el código de canal arreglado NRZI utilizado y asumiendo la distribución de ruido gaussiano (ruido aleatorio que tiene un aspecto impredecible y muy similarmente irregular que se suma a la señal, y tiene un comportamiento estadístico conocido con una variancia específica), el cálculo usando la función de error nos da los valores teóricos mostrados en el cuadro III.2.

El punto de calibración para estos cálculos está basado en las capacidades de la interface digital serie. En el estándar digital serie propuesto se espera que la distancia operacional sea a través de una longitud de coaxial que atenúe la frecuencia de la 1/2 de la tasa del reloj hasta 30 dB. Es decir, pueden ser diseñados receptores con cierta capacidad, pero el valor de 30 dB es considerado operable. Los datos del cuadro III.2 para la transmisión de la señal digital serie NTSC, muestran que un incremento de 4.7 dB en la SNR cambia el resultado de un error por cuadro a un error por siglo. Para NTSC el punto de calibración para los cálculos es de 400 metros de cable coaxial B2B1.

Tiempo entre errores	BER	SNR (db)	SNR % Volts
1 microsegundo	$7 \times 10^{-3}$	10.8	12
1 milisegundo	$7 \times 10^{-6}$	15.8	38
1 cuadro de televisión	$2 \times 10^{-7}$	17.1	51
1 segundo	$7 \times 10^{-8}$	18.1	64
1 minuto	$1 \times 10^{-10}$	19.0	80
1 día	$8 \times 10^{-14}$	20.4	109
1 mes	$3 \times 10^{-16}$	20.9	122
1 siglo	$2 \times 10^{-18}$	21.8	150

CUADRO III.2 PORCENTAJE DE ERROR COMO UNA FUNCIÓN DE SNR PARA DIGITAL SERIE NTSC

Esta misma información teórica puede ser expresada de una manera diferente para mostrar porcentajes de error como una función de longitud de cable como se muestra en el cuadro III.3 y gráficamente en la figura III.8. La gráfica hace muy aparente que hay una "rodilla" (curva marcada o aguda) en la

longitud del cable vs. la tasa de errores. Dieciocho metros adicionales de cable (5% del total) lleva a la operación de la rodilla a totalmente inaceptable, mientras 50 metros menos de cable (12% del total) mueve la operación a un razonable y seguro, 1 error/mes.

Tiempo entre	BER	Long. Cable (metros)	Atenuación errores (dB) 1/2 Frec. Reloj
1 microsegundo	$7 \times 10^{-3}$	484	36.3
1 milisegundo	$7 \times 10^{-6}$	418	31.3
1 cuadro de televisión	$2 \times 10^{-7}$	400	30.0
1 segundo	$7 \times 10^{-9}$	387	29.0
1 minuto	$1 \times 10^{-10}$	374	28.1
1 día	$8 \times 10^{-14}$	356	26.7
1 mes	$3 \times 10^{-16}$	350	26.2
1 siglo	$2 \times 10^{-19}$	$\leq 338$	25.3

CUADRO III.3 PORCENTAJE DE ERROR COMO FUNCIÓN DE LA LONGITUD DEL CABLE UTILIZANDO COAXIAL 8281 PARA DIGITAL SERIE NTSC

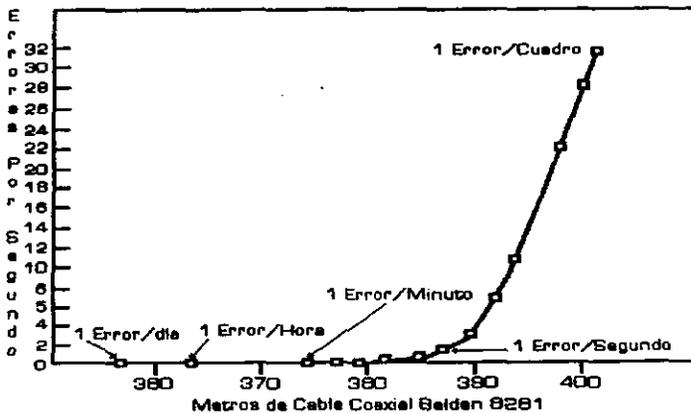


FIG. III.8 CÁLCULOS DEL BER PARA NTSC

Serán obtenidos resultados similares para otros estándares donde el punto de calibración para los cálculos es de 360 metros para PAL y 290 metros

para video por componentes. Los cambios en la longitud del cable requeridos para mantener el headroom, se incrementan proporcionalmente como se muestra en la figura III.9

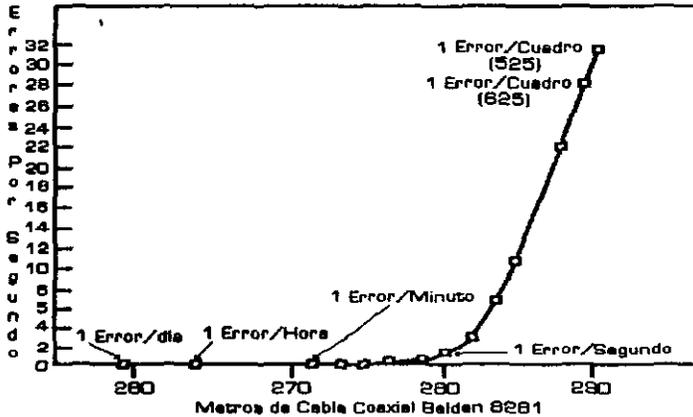


FIG. III.9 CÁLCULOS DEL BER PARA POR COMPONENTES DE 525/625 LÍNEAS

Una buena práctica de ingeniería deberá sugerir un margen de 6 dB y/o 80 metros de cable, de aquí a una longitud máxima de operación de alrededor de 320 metros en un sistema NTSC donde la rodilla de la curva está a 400 metros. A este nivel de operación nunca deberá de haber ningún error. Sistemas prácticos deberán de incluir equipo que no necesariamente reconstituya la señal en términos de la SNR. Esto es, mandando la señal a través de un distribuidor o un SWITCHER que resultaría en una señal útil, pero no estándar como para mandarla a un dispositivo receptor. La no estandarización puede ser ambos distorsión y ruido, pero las características de la rodilla del sistema permanecerán, teniendo lugar una cantidad diferente de atenuación de la señal. El uso apropiado de distribución ecualizada, resincronización y equipo de enrutamiento dentro de intervalos con headroom adecuado proveerán distancias de transmisión virtualmente ilimitadas. Para poder medir estos errores se requiere de equipo que tenga la capacidad de identificar errores de bit. Esto sólo puede ser hecho utilizando señales de prueba que tengan un formato preciso que

ya sea conocido y comparando la señal recibida con una señal perfecta. Una manera más fácil y conveniente es el utilizar la "Detección y Manejo de Errores" o la técnica EDH.

### III.8 DETECCIÓN Y MANEJO DE ERRORES -EDH-

Esta técnica ha probado ser un camino sensible y preciso para determinar si el sistema se encuentra operando correctamente. La detección y manejo de errores es ahora la recomendación *SMPTE RP165*. El concepto EDH está basado en hacer cálculos CRC (Código de Redundancia Cíclico) para cada campo de video dentro del serializador como se puede ver en la figura III.10. CRC's por separado para el total de los campos e imagen activa, junto con banderas de estado, son enviados con los otros datos seriales a través del sistema de transmisión (en el espacio de datos auxiliares). Los CRC's son recalculados en el deserializador y si no son idénticos a los valores transmitidos, se indica un error.

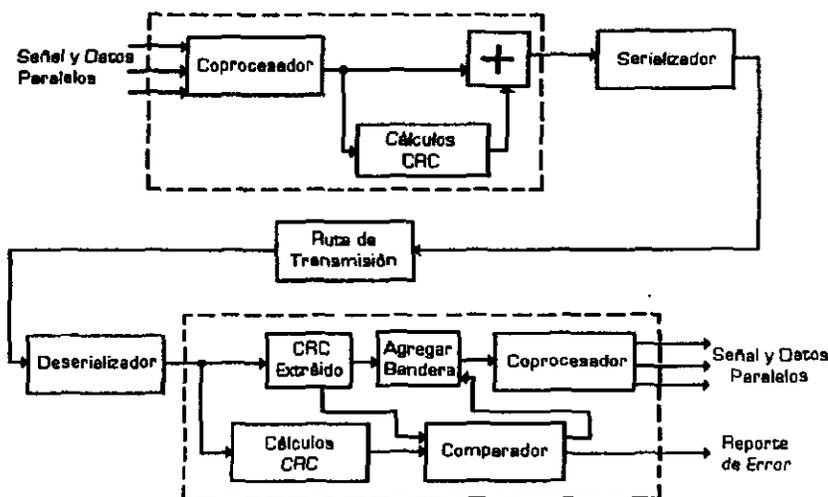


FIG. III.10 CONCEPTO EDH.

Aunque la técnica EDH trabaja con datos digitales, su función primaria es probar la transmisión en la ruta de operación. Como un sistema de medición en operación incorporado a todos los equipos digital serie, EDH puede ser uno de los elementos clave en la detección automática de falla del equipo dentro de grandes instalaciones digitales. La técnica EDH puede ser utilizada conjuntamente con *sistemas generadores de tensionamiento de la señal del sistema dentro del modo fuera de operación*, para así poder evaluar el desempeño del equipo y sistema. Equipo de medición y monitoreo para sistemas digitales serie deben proporcionar la capacidad de un loop-through pasivo.

Además de ser un factor conveniente cuando está disponible en sistemas análogos actuales, hay una consideración importante en el sistema. Múltiples fuentes con salidas digital serie como generadores, amplificadores de distribución, VTR's y equipo para procesamiento de señal generalmente utilizan *controladores activos separados para cada línea*. Esto significa que al monitorear una línea, no necesariamente nos indicará lo que pasa en las otras. Es importante señalar que las características de control del receptor pueden ser diferentes a las del receptor final, así que pueden ser obtenidos resultados diferentes en sistemas limitados o en receptores defectuosos.

Es la naturaleza del sistema de transmisión digital serie que la señal de programa sea esencialmente perfecta hasta alcanzar el punto de ruptura. Esto se puede demostrar tensionando el sistema de operación, por ejemplo aumentando cable a la ruta de transmisión, y observando los resultados (ver figura III. 11). Resultados de experimentos típicos pueden ser:

Condiciones de Operación	Long. Cable NTSC	Long. Cable 270 Mb/s
Sin errores, señales program perfectas	300 m	250 m
Errores ocasionales	310 m	260 m
Gran número de errores "punto de ruptura"	320 m	270 m

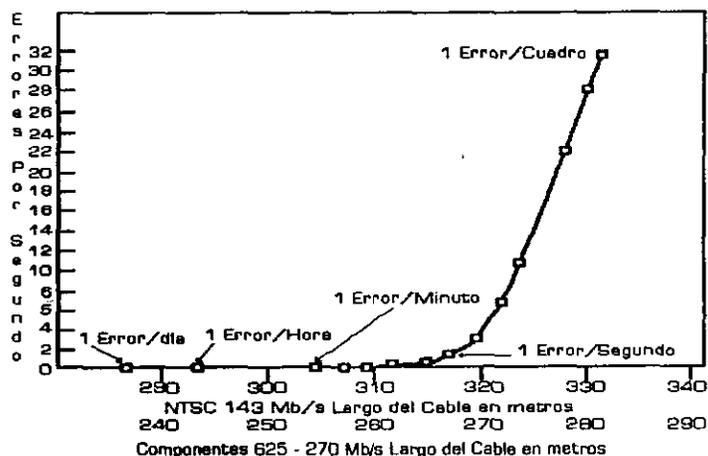


FIG. III.11 ERRORES POR SEGUNDO.

Este análisis de tasa de errores, combinado con resultados experimentales, nos lleva a la conclusión que la detección de errores provee de medios "en servicio", automáticos y electrónicos para determinar cuando un sistema de transmisión digital serie está fallando, pero no necesariamente nos da un aviso potencial de que pueda fallar el sistema.

### III.9 PRUEBAS FUERA DE SERVICIO

En sistemas basebanda análogos, algunas pruebas "en servicio" pueden ser hechas usando señales del intervalo vertical de prueba. Con digital serie es necesario hacer pruebas fuera de servicio que tensionarán el sistema y determinar el espacio que existe entre el nivel de operación y el punto de ruptura. La detección de errores será útil aquí, ya que nos dará una medida objetiva de la falla del sistema y podrá identificar cualquier desempeño que no cumpla con el resultado esperado "perfecto hasta la ruptura" del sistema digital serie.

Un método directo para medir el *HEADROOM* (distancia máxima antes de la ruptura), es el de adherir cable a la ruta de transmisión hasta que sea alcanzado el punto de ruptura. Esto puede ser hecho con cable real o, mejor, con un simulador de cable. Sabiendo la longitud del cable, la sensibilidad del receptor y la adición de cable, se podrá determinar si existe suficiente headroom y si es la cantidad esperada. Este método es particularmente usado en instalaciones donde la longitud de los cables es conocida y, donde la medición de espacio libre sea de +25 metros, entonces será razonable. Si un receptor diseñado para 300 metros de cable es utilizado con solo 50 metros, y un simulador de cable indica que sólo hay 30 metros adicionales de espacio (en donde debe de haber 250 metros), entonces algo está mal.

### III. 10 SEÑALES DE PRUEBA

En sistemas operacionales, las pruebas de tensionamiento fuera de servicio son desempeñadas convencionalmente utilizando señales de prueba. Estas caen dentro de dos categorías: relacionadas con la señal de program y con la señal de la forma de onda serial. Debido al algoritmo de codificación serial (SCRAMBLING), existen ciertas señales program que ocasionalmente causarán cadenas de "O's" algo largas (veinte, por ejemplo) en la información serial. Estas señales son perfectamente legales en video por componentes y son el resultado de la interrelación de la luminancia y la diferencia de color para ciertos campos de color planos. Una señal similar puede ser construida para compuesto pero no sería legal en el dominio analógico. La razón por la cual estas señales son importantes, es que tensionan la capacidad de recuperación del reloj en el receptor y pueden ser usadas solas o junto con otras funciones de tensionamiento. Estas señales también son conocidas como "señales de prueba patológicas".

### III. 1 1 EFECTOS DEL JITTER

Los sistemas de transmisión digital pueden operar con una cantidad considerable de JITTER (fluctuaciones del reloj); en realidad, más jitter que se toleraría en la señal de programa representado por los dígitos.

Las especificaciones del jitter en el estándar para las señales de video digital serie es "la evaluación del tiempo de los flancos de subida de los datos de la señal serán dentro de  $\pm 0.25$  nseg. del cronometraje promedio de los flancos de subida, cuando es determinado sobre un período de una línea".

Desde la primera publicación de la norma en febrero de 1992 hay una nota para la especificación la cual afirma: "Esta especificación es tentativa con nuevos trabajos en progreso para determinar el método de medición." En realidad ambos, la especificación y su método de medición, son el sujeto del Comité de Trabajo de Ingeniería de la SMPTE.

En transmisiones por componentes en paralelo, especificaciones de jitter para la señal de reloj de 27 MHz son enunciadas como "el jitter pico a pico entre los bordes de subida estarán entre 3 nseg. del tiempo promedio de los bordes de subida computados sobre el menos un campo".

Para señal compuesta NTSC la especificación es 5 nseg.

Para audio AES la especificación de jitter es "las transiciones de los datos ocurrirán dentro de  $\pm 20$  nseg. de un reloj ideal libre de jitter". Jitter, ruido, cambios de amplitud y otras distorsiones de la señal digital serie pueden ocurrir cuando es procesada por amplificadores, distribuidores, enrutadores y otros equipos que operan exclusivamente la señal en su forma serial.



FIG. III.12 DATOS RECUPERADOS CON UN RELOJ LIBRE DE RUIDO

La figura III.12 muestra como la señal recuperada puede ser tan perfecta como la original si la información es detectada con un reloj libre de jitter. Mientras que el ruido y el jitter no excedan el umbral de los circuitos de detección (esto es, que el ojo esté suficientemente abierto) la información será perfectamente reconstruida. En un sistema práctico el reloj es extraído del flujo de bits serie y contendrá algo de jitter presente en la señal. El jitter en el reloj puede ser una característica deseable hasta el punto que ayude a situar los flancos del reloj en la mitad del patrón de ojo.



FIG. III.13 DATOS RECUPERADOS CON RELOJ EXTRAÍDO

Ya que los datos generalmente serán recuperados usando un reloj con jitter, la información digital resultante puede tener jitter sobre sus bordes de transición como se muestra en la figura III.13. Esta información es íntegramente válida, ya que el procesamiento de la señal digital considerará el valor alto/bajo en la mitad del período del reloj. Sin embargo, si el mismo reloj con jitter es usado para convertir la información digital a analoga pueden ocurrir errores, el uso de un reloj con jitter producirá una forma de onda analoga incorrecta.

### III.12 MIDIENDO EL JITTER

Hay dos métodos para medir el jitter en una señal digital utilizando el osciloscopio. Medir el tiempo del jitter requiere un reloj de referencia libre de jitter como se muestra en la parte alta de la figura III.14. El alineamiento relativo del jitter es medido usando un reloj extraído de la señal serie llegando a ser evaluado como se muestra en la parte baja de la figura. La medición del tiempo incluye esencialmente todas las componentes de frecuencia del jitter.

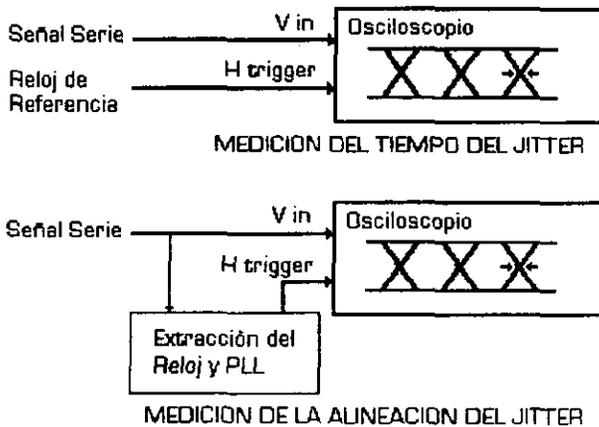


FIG. III.14 MEDICIONES USANDO UN RELOJ DE REFERENCIA

La medición de estas componentes de frecuencia usando el método de alineación del jitter, dependerá del ancho de banda del circuito de extracción del reloj. Las componentes de baja frecuencia no serán incluidas porque el reloj extraído sigue la señal serie del jitter, éstas componentes no son significativas para la recuperación de los datos. Todas las frecuencias del jitter por encima de cierto valor, y dentro del rango del ancho de banda del circuito de extracción del reloj usado por el sistema, serán medidas.

### *III. 13 PROBANDO EL SISTEMA*

Al igual que los sistemas análogos tienden a degradarse, los sistemas digitales tienden a trabajar sin fallas hasta que ellos "caen" en el punto de ruptura. Sin embargo otras funciones de tensión producirán el mismo resultado. Las pruebas de tensión consisten en cambios de uno o más parámetros de la señal digital hasta que la falla ocurre. La cantidad de cambios requeridos para producir una falla es una medida del HEADROOM. Las especificaciones de la norma SMPTE 259M (video digital serie), nos dicen que la manera más intuitiva para tensionar el sistema es sumar cable hasta que comienza el error. Otras pruebas deberían ser cambios de amplitud o tiempo de subida, o sumar ruido y/o jitter a la señal. Cada una de estas pruebas está evaluando el desempeño del receptor, específicamente el rango de ecualización y precisión y características de ruido en el receptor.

Los resultados experimentales indican que la prueba de longitud de cable, es la prueba de tensión más significativa porque esto representa una operación real. Las prueba de los receptores en cuanto a la capacidad para manejar cambios de amplitud y cantidad de jitter son útiles en evaluación y aceptación de equipo, pero no tan significativos en operación de sistemas.

## *CONCLUSIÓN DE PRUEBAS Y MEDICIONES*

La interconexión digital serie de las señales de televisión dentro del estudio requiere de nuevos procedimientos para pruebas y mediciones, así como de equipo. Características análogas en una señal serie con una tasa alta de bits deben ser medida con precisión de nanosegundos. El formateo de datos digitales y su extensivo contenido de información debe de ser revisado. El contenido de la señal programa aún necesita de monitoreo en puntos del sistema donde sean hechos ajustes finos o donde conversiones analógico a digital estén siendo realizadas.

Debido al agudo punto de ruptura característico de los sistemas digitales, deberá de hacerse énfasis en las pruebas "fuera de servicio" para que así se pueda medir el headroom entre el nivel de operación y la falla de la transmisión.

El uso de un esquema de detección de errores propuesto dentro del equipo del estudio nos llevará a la automatización para encontrar fallas dentro del sistema de interconexión digital serie. Equipos de pruebas y mediciones para sistemas de televisión están siendo desarrollados para poder proveer un análisis económico y conveniente de la señal digital serie. Dentro de los comités de ingeniería de la SMPTE se continúa trabajando para así solidificar estándares propuestos y definir métodos de diagnóstico, para así poder proveer un acercamiento unificado para mejorar y hacer acrecentar las capacidades de equipo para televisión digital serie.

El video digital serie opera básicamente dentro de un ambiente libre de ruido, por lo que no son muy útiles los métodos tradicionales de medición de porcentajes de error al azar. Un examen de las características generales del sistema nos lleva a la conclusión de que un sistema especializado de medición de

ráfaga de errores podrá proveer al ingeniero de televisión de una herramienta muy efectiva para monitorear y evaluar la ejecución de errores dentro de los sistemas de video digital serie. La detección automática y reportes de fallas del sistema llevarán a maneras o medios de componer fácil y rápidamente sistemas complejos, para evitar que errores digitales menores se conviertan en considerables daños a la imagen.

Un problema importante encarado por los productores y transmisores de programas de televisión en el uso de equipo de video digital, es cómo evaluar los efectos de éste en la calidad de la señal.

La valoración de la calidad de la imagen puede ser ampliamente dividida en dos categorías: subjetiva y objetiva. La evaluación subjetiva de la calidad de la imagen es hecha a través de dispositivos bajo investigación y observando visualmente las características de las imágenes mostradas en el monitor. La evaluación objetiva es realizada usando señales de prueba preestablecidas y evaluando el deterioro de estas señales en el monitor forma de onda y/o en el monitor de imagen. Los resultados de las pruebas son expresados y son generalmente independientes del observador.

## CAPÍTULO IV

# **CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN**

## IV.1 SISTEMAS DE VIDEO DIGITAL

### INTRODUCCIÓN

En el diseño de un sistema de televisión digital existen parámetros que hay que tomar en cuenta tales como, el formato y estándar de transmisión, el trabajo por realizar, el presupuesto disponible, la distribución, el formato de almacenamiento, la recepción, el cableado, el monitoreo, las distancias que recorrerán las señales y los servicios que se desee tener. La elección del formato de transmisión es la **principal decisión**, que sin duda, está basada en los requerimientos de la empresa y en la que los fabricantes de equipo alientan a los consumidores a elegir, el formato que mejor se ajuste a sus necesidades, manteniendo y cuestionando en mente los siguientes conceptos:

- a) Servicios por realizar: grabaciones, post-producciones o transmisiones.
- b) Distancias que recorrerán las señales y
- c) Tráfico y flujo de señales.

### PRINCIPAL ELECCIÓN DE FORMATO, SERIE VS. PARALELO IV.2 CONSECUENCIAS DEL FORMATO DIGITAL PARALELO

Las primeras generaciones de productos digitales tuvieron un significativo inconveniente: todos ellos utilizan un estándar de interconexión de video digital paralelo. Esta técnica usa una ancha transmisión de bytes de video digital a través de un cable multi-conductor de 25 conductores. Un par de conductores es requerido para llevar la información de un solo bit. El reloj es también llevado sobre un par de conductores.

El cable para digital paralelo tiene un conector tipo D de 25 pines en cada extremo con seguros de tornillo. La experiencia de trabajar con cableado digital paralelo ha demostrado que es dificultoso y caro. Los cables son voluminosos y frecuentemente ocasionan fallas debido a las múltiples conexiones. Una comparación entre costos de cable para video digital paralelo y su equivalente cable coaxial para digital serie es: 1mt. de cable digital paralelo= \$55.00, 1mt. de cable coaxial= \$8.20. La diferencia de costos es substancialmente notable y favorable para el cable coaxial aún comparándolo con el cable para señal análoga.

*La interconexión digital paralelo no permite loops a otra fuente de video, esto significa que es necesario utilizar distribuidores amplificadores para obtener salidas por separado hacia otros equipos. El espacio requerido para un conector DB-25 es aproximadamente el equivalente a tres conectores BNC, lo que significa que el panel trasero de los equipos sea grande para permitir el espacio de los conectores. La máxima distancia teórica de un cable de video digital paralelo sin ecualizar es alrededor de 50 metros, con una ecualización apropiada, ésta puede extenderse hasta 100 metros. En la práctica actual, la máxima distancia que se puede alcanzar es altamente dependiente de la calidad del cable usado. Uno de los mayores problemas es la variación de los datos y el reloj. Esto es debido a las diferentes longitudes de los conductores dentro del cable. Otra limitación significativa es que el flujo de datos paralelos no puede ser transmitido por medio de un canal de fibra óptica o de satélite. Debido a las limitaciones de longitud, el costo del cable y de instalación, el **formato digital paralelo** está limitado a **pequeñas instalaciones** como centros de post-producción, de gráficos o de edición, generalmente ha sido descartado para instalaciones de gran escala y estaciones de televisión. La interconexión de equipo digital paralelo fue una fase de la televisión digital la cual pasará a la historia.*

### IV.3 FORMATO DIGITAL SERIE

La principal ventaja del formato digital serie es el dirigirse al regreso de las interconexiones simplificadas. El **cable coaxial** y la fibra óptica pueden ser usados para la distribución y transmisión serie. El equipo llevará un pequeño costo adicional para formatear el video en y desde datos seriales, ya que en la actualidad el procesamiento del video es hecho en paralelo. Sin embargo este costo adicional será menor que el costo de una interconexión en paralelo.

Algunos de los principales beneficios del formato digital serie se conseguirán en la instalación y mantenimiento del sistema. La ecualización automática del flujo de datos, sin importar las diferentes distancias del coaxial, será dada sin necesidad de ajustes. El hecho de que la distribución sea digital significa que ganancia, fase y respuesta de frecuencia será 100% estable. En distribución y enrutamiento, donde no hay proceso, la señal no se degradará más allá del bajo nivel de ruido digital. A diferencia de la señal análoga no hay defectos por los retardos de propagación de diferentes frecuencias, distorsiones en tiempo de línea o campo, problemas de fase y ganancia diferencial.

Otra ventaja del formato digital serie es que el cable coaxial es familiar y fácil de trabajar con él. Los conectores BNC requieren menos espacio en la parte posterior del equipo. El cable especificado es de 75 ohms y teóricamente es capaz de soportar transmisiones de hasta 300 metros de longitud. La distancia máxima operacional es determinada por la atenuación del cable. Una instalación de interconexión digital serie es la opción más económica y la manera más práctica para transmitir una señal de video digital desde un equipo a otro. **por lo tanto, llegar a la conclusión de que la transmisión digital serie es más adecuada que la transmisión digital paralelo es una realidad.**

Basándose en la conclusión anterior de que la transmisión de video digital serie en cualquiera de sus formatos compuesto o por componentes es la mejor opción, el resto del capítulo y de este trabajo se enfocará a la presentación práctica de sistemas de transmisión digital serie, mostrando un sistema digital paralelo para su comparación y un sistema híbrido análogo/digital donde se analiza el potencial de todos los formatos.

#### IV.4 SELECCIÓN DE CABLE

¿Qué coaxial puede utilizarse para video digital serie? Virtualmente cualquier cable coaxial funciona. La distancia máxima operacional es determinada por la atenuación del cable. Los mejores grados de precisión en cables análogos para video exhiben pocas pérdidas a muy bajas frecuencias, que están alrededor de 10 MHz. Es en las frecuencias altas asociadas con transmisiones de 143, 177, 270 o 360 Mb/s donde las pérdidas son considerables. Afortunadamente, la robustez de la señal digital serie, hace posible el ecualizar las pérdidas con bastante facilidad. Pero, al convertir de análogo a digital, la utilización del cableado ya existente no debe presentar ningún problema.

La característica más importante del cable coaxial a ser utilizado para digital serie es su pérdida a la  $\frac{1}{2}$  de la frecuencia del reloj de la señal a ser transmitida. La especificación SMPTE recomienda hasta 30dB de pérdida. Ese valor determinará la máxima longitud del cable que puede ser ecualizado por un receptor. Es también importante que las pérdidas de respuesta en frecuencia en dB sean aproximadamente proporcional a  $1/f$  abajo de frecuencias por debajo de 5 MHz. Una desviación significativa en la región de frecuencias bajas puede confundir la operación de los ecualizadores automáticos. Algunos de los cables comunes en uso son los siguientes:

Inglaterra	PSF 1/2, 1/3
Estados Unidos	Belden 82B1
Alemania	PIK (antes F&G) 1.0/6.6
Japón	Canare L-3C2VS, L-5C2VS

El funcionamiento fiable requiere "headroom" o espacio libre relativo a la distancia máxima antes del punto de ruptura. El "headroom" de la longitud de cable se mide fácilmente utilizando detección de errores, como ya se analizó en el capítulo anterior.

Todos estos cables tienen un excelente desempeño para la señal digital serie. Los fabricantes de cable están aprovechando la oportunidad de introducir cables de baja pérdida con dieléctrico de espuma diseñados específicamente para digital serie.

Ejemplos de cables alternativos para video son Belden 1505A; que es más delgado, flexible y barato que el 8281 y que presenta mejor desempeño con las frecuencias críticas para señales digital serie, el Belden 1694A que tiene 25% menos pérdidas, soportando distancias de hasta 405 metros en transmisión de video digital en componentes. Otro cable a considerar es el Belden 9292 o similar. Este cable tiene la ventaja de aún menor pérdida, pero es significativamente más grueso, menos flexible y de mayor cuidado en su uso. La figura IV.1 muestra curvas de atenuación de los cables coaxiales mencionados.

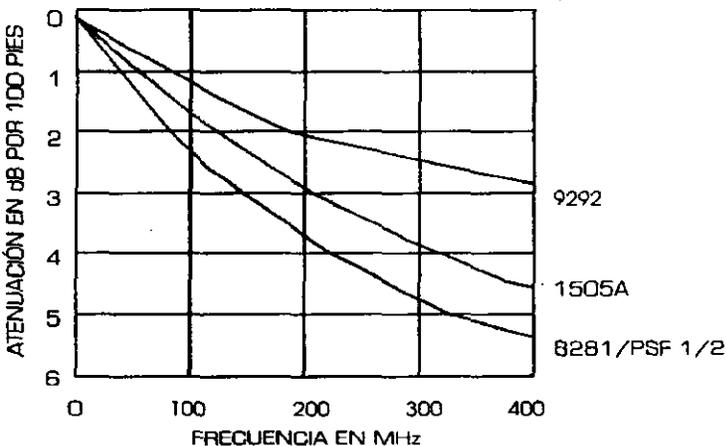


FIG. IV.1 ATENUACIÓN DE CABLES ESTÁNDAR.

En el cuadro IV.1 se muestra la atenuación característica de algunos cables coaxiales que cumplen las especificaciones para transmisión digital serie.

TIPO DE CABLE	MARCA	ATENUACIÓN a F = 400
VP618PE0	GEPCO	17.0 dB en 100 m.
RG-6	CONDUMEX	14.6 dB en 100 m.
9221	BELDEN	80.4 dB en 100 m.
8281	BELDEN	17.4 dB en 100 m.
9240	BELDEN	21.6 dB en 100 m.
8279	BELDEN	27.9 dB en 100 m.
9248	BELDEN	17.4 dB en 100 m.
9292	BELDEN	9.5 dB en 100 m.
8238	BELDEN	13.8 dB en 100 m.
LV-61S	CANARE	27.2 dB en 100 m.
LV-77S	CANARE	20.2 dB en 100 m.
L7-CFB	CANARE	9.3 dB en 100 m.
L5-CFB	CANARE	13.9 dB en 100 m.

CUADRO IV.1 ATENUACIÓN DE CABLES ESTÁNDAR.

Pruebas realizadas para distancias mayores de 300 metros y utilizando formato de video D1 (video por componentes) muestran los siguientes resultados en el cuadro IV.2

TIPO DE CABLE	DISTANCIA MÁXIMA
CONDUMEX RG-6	300 M.
BELDEN 8281	350 M.
BELDEN 8279	150 M.
BELDEN 9240	320 M.
CANARE LV-61S	200 M.
CANARE LV-77S	320 M.
CANARE L5CFB	400 M.

CUADRO IV.2 PRUEBA DE DISTANCIAS

Los fabricantes de cables aparte de cuidar la característica de atenuación, ofrecen a los consumidores otras ventajas como: Presentación en diferentes colores, lo que permitirá tener un código para saber fácilmente que señal viaja por cada cable; flexibilidad y algunos con doble malla, necesaria para largas distancias, corridas a la intemperie o en conductos subterráneos y presentación de "snake", que es de tres a cinco cables en un mismo forro.

### IV.5 CONECTORES DE VIDEO

Hasta recientemente, todos los conectores *BNC* utilizados en televisión tenían una impedancia característica de  $50 \Omega$ , los cuales no causan problemas en una instalación, en general son demasiado cortos para deformar la señal significativamente y la circuitería del chasis hará que el conector parezca ser de  $75\Omega$ . Habían disponibles conectores BNC de  $75 \Omega$ , pero no eran físicamente compatibles con los conectores de  $50 \Omega$ . El desacoplamiento de impedancias para el cable coaxial es de pocas consecuencias para frecuencias de video *análogas*, porque la longitud de onda de la señal es varias veces más larga que la longitud del conector. Pero con el porcentaje alto de datos de información digital *serie*, la impedancia del conector es mucho más importante. Por esta razón y como "práctica de ingeniería sensata", conectores BNC de  $75 \Omega$  son usados en todos los equipos con entradas y salidas de señal digital serie, para asegurar la mejor transferencia de datos. Los paneles de conexión deben ser de  $75$  ohms debido a las longitudes más largas que son necesarias en los conectores y paneles.

### IV.6 PANELES DE PARCHEO

A manera de evitar reflexiones causadas por discontinuidad de impedancias, los paneles de parcheo deben de tener un impedancia característica de  $75 \Omega$ , existen paneles de  $50 \Omega$  los cuales probablemente serán adecuados para instalaciones *varias*, pero las nuevas deben utilizar paneles de parcheo de  $75 \Omega$ . Las terminaciones, también deben ser de  $75 \Omega$  sin tener considerables componentes reactivos a  $300$  MHz. Por otro lado, es probable que pocas terminaciones sean usadas debido a que la mayoría de los equipos digital serie tienen terminaciones propias.

#### IV.7 ECUALIZACIÓN DE CABLE Y REGENERACIÓN DE RELOJ

Aunque una señal de video sea digital, el mundo real a través del cual pasa es analógico. Consecuentemente, es importante el considerar las distorsiones analógicas que afectan a la señal digital, como pérdida en la respuesta de frecuencia (*FREQUENCY RESPONSE ROLLOFF*) causada por atenuación en el cable), ruido, distorsión de fase (*PHASE DISTORTION*), fluctuaciones del reloj (*CLOCK JITTER*) y distorsiones en baja frecuencia debido a cambios en el nivel de DC de la señal (*BASELINE SHIFT*).

Mientras una señal digital retiene la habilidad de comunicar su información aun con cierto grado de distorsión, existe un punto en donde la información no será recuperable. Largos trayectos de cable son la causa principal de distorsión de la señal. En alguna forma, la mayoría del equipo digital provee ecualización y regeneración a todas las entradas a manera de compensar la variante longitud de las trayectorias del cable. La regeneración de la señal digital generalmente significa recuperar la información de una señal que está entrando y retransmitirla en una forma de onda limpia, utilizando una fuente de reloj estable, además permitirá ser transmitida más lejos y sobrevivir a más degradaciones analógicas que una señal que ya ha acumulado algunas distorsiones análogas. En video digital serie, existen dos formas de regeneración: serial y paralelo.

La regeneración serial es más simple. Consiste de ecualización del cable (necesaria para cableado de un metro o menos), recuperación de reloj, de información y retransmisión de la misma utilizando el reloj recuperado. Un ciclo de fase cerrado (PLL) con un oscilador LC (inductor/capacitor) o RC (resistor/capacitor) regenerará la frecuencia serial del reloj; a este proceso se le conoce como "regeneración de reloj" (*RELOCKING*).

La regeneración en paralelo es más compleja. Involucra tres pasos: (1) deserialización; (2) regeneración de reloj paralela, generalmente utilizando un oscilador controlado por cristal; y (3) serialización.

Cada forma de regeneración puede reducir la distorsión de reloj afuera del ancho de banda de su PLL, pero la distorsión de reloj dentro del ancho de banda del ciclo, será reproducida y acumulada significativamente con cada regeneración (ver figura IV.2). Un regenerador serial tiene un ciclo con ancho de banda de aproximadamente cientos de KHz a algunos MHz.

Un regenerador paralelo tiene un ancho de banda más estrecho de sólo unos cuantos Hertz. Por eso un regenerador paralelo puede reducir la distorsión de reloj más extensamente que uno serial, aunque éste sea más complejo (debido a su oscilador controlado por cristal).

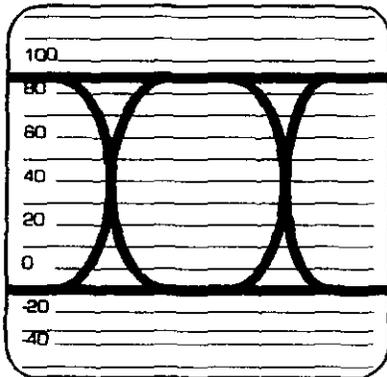
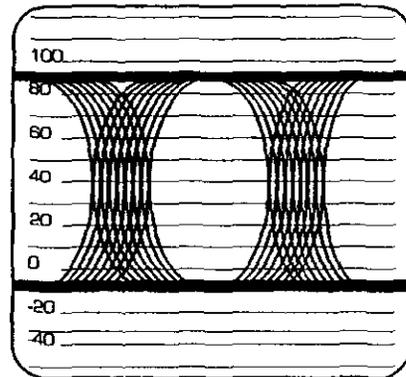


FIG. IV.2 SEÑAL DIGITAL SIN JITTER



SEÑAL DIGITAL CON JITTER

La distorsión de reloj de frecuencia baja PLL se acumula durante regeneraciones repetidas. Por lo tanto, la regeneración serial puede ser utilizada docenas de veces antes que una regeneración paralela sea necesaria.

## IV.8 SINCRONIZACIÓN (TIEMPO) DEL SISTEMA

La manera como se piensa acerca de la sincronización del video necesita cambiar. Los requerimientos de tiempo en sistemas análogos son bien conocidos. La necesidad de entender, planear y medir el tiempo de una señal no ha sido eliminada en video digital. En algunos casos en un ambiente digital los requerimientos precisos de tiempo serán relajados y medidos en microsegundos, líneas y cuadros más que en nanosegundos.

Así mismo la distribución y sincronización es más simple con procesamiento digital debido a que los equipos que tienen entradas y salidas digitales proporcionan compensación de tiempo en la entrada (*AUTO-TIMING*).

El tiempo relativo de múltiples señales con respecto a una referencia es requerido en muchos sistemas. En un extremo, las entradas a un mezclador (*SWITCHER*) análogo compuesto serán sincronizadas dentro de un rango de nanosegundos para que no existan errores de fase del subcarrier. En el otro extremo, la mayoría de los mezcladores digitales permiten a las entradas caer dentro del rango de una línea horizontal.

Los ajustes de sincronización automática son un componente clave para sistemas digitales; pero normalmente no pueden ser aplicados al flujo serial debido a la alta frecuencia de datos involucrados. Hay una necesidad de una variedad de equipos de ajuste de retardo para satisfacer los nuevos requerimientos de tiempo. Estos incluyen dispositivos con múltiples líneas de retardo y con un cuadro de retardo. Un dispositivo con un cuadro de retardo, creará un retardo de video el cual ocasionará molestos problemas tocante al tiempo del audio y al paso del código de tiempo a través del sistema, por lo tanto, también es necesario hacer un retraso al audio.

### IV.9 MEZCLADORES DIGITALES CON AUTO-TIMING

La compensación automática de tiempo (*AUTO-TIMING*) simplifica grandemente la instalación. Las ventajas de operación también resultan de la facilidad del auto-timing. Por ejemplo, las VTR's pueden ser ruteadas al mezclador con cualquier tiempo que esté dentro de la ventana del auto-timing. Esto reduce grandemente el tiempo de ajuste y minimiza los errores. La figura IV.3 muestra la flexibilidad de tiempo de un switcher digital. El periodo del reloj es 70 nseg. para NTSC compuesto digital y 74 nseg. para componentes digital.

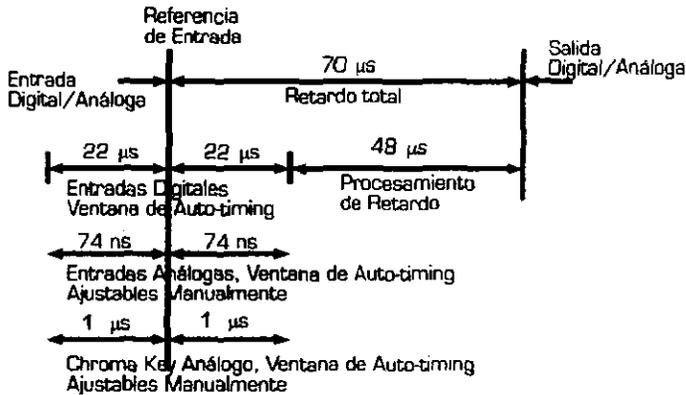


FIG. IV.3 FLEXIBILIDAD DE TIEMPO DE UN SWITCHER DIGITAL

### *AUTO-TIMING, SISTEMAS ANÁLOGO Y DIGITAL MEZCLADOS*

Una de las ventajas de los switchers de producción digital es la flexibilidad que da el auto-timing. Cuando un sistema de distribución digital es instalado en una planta donde switchers análogos son usados, el auto-timing aún proporciona ventajas, tales como eliminación del tiempo de ajuste, el uso inmediato de cintas y eliminación de errores de tiempo. En un sistema NTSC compuesto y por

componentes, convertidores de digital a analógico con auto-timing pueden ser usados. Una típica aplicación es mostrada en la figura IV.4

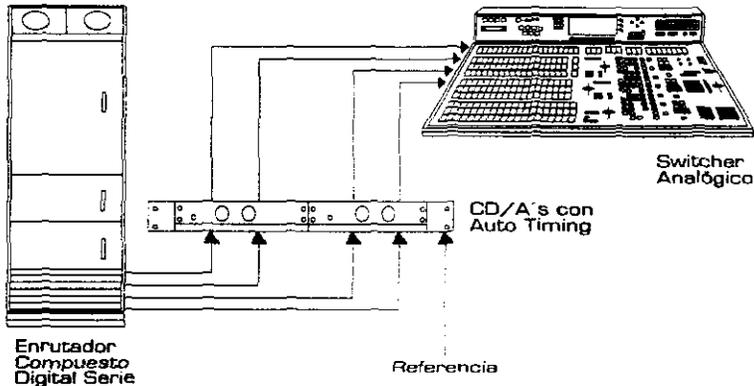


FIG. IV.4 CANALES RECIBIENDO AUTO-TIMING ALIMENTANDO A UN SWITCHER ANALÓGICO

#### IV.10 DECISIONES DE RUTEO, MATRICES FÍSICAS Y VIRTUALES

Un enrutador (ROUTING SWITCHER) se basó en un dispositivo que consistía de un número fijo de conectores de entrada y salida. Este sistema constituye una **matriz** la cual representa un nivel de control. El software de control permite al sistema realizar diferentes tareas. Las matrices físicas, virtuales y los niveles de control pueden ser utilizados para obtener un uso máximo de un sistema de ruteo durante la minimización de costos. Un entendimiento de cada elemento es esencial para el diseño de un sistema el cual retribuya la máxima ganancia de inversión. Un sistema de ruteo está estructurado por dos tipos de componentes: chasis y módulos. Las dimensiones físicas y estéticas varían por fabricante, pero los conceptos básicos son completamente los mismos. Las señales de video están presentes en el módulo de entrada, que condiciona y prepara cada fuente para subsecuentes usos dentro del chasis.

## IV. 1.1 TIPOS DE CABLES Y CONECTORES DE AUDIO

### MULTICONDUCTOR VS. COAXIAL

El audio AES/EBU ha suscitado algunas preguntas interesantes del porqué de sus características. En aplicaciones profesionales, tradicionalmente el audio balanceado ha sido considerado como necesario para evitar inducciones y otras degradaciones por lo que el cable para audio multiconductor, trenzado y protegido es el más utilizado. El conector XLR fue seleccionado como mejor opción y utilizado universalmente en la mayoría de las aplicaciones profesionales. Al evolucionar el audio digital AES/EBU, era natural el pensar que los cables y conectores tradicionales seguirían siendo usados. El ambiente de la AES3-1992 cubre transmisión de audio digital de hasta 100 metros, que puede ser manejada debidamente con un par de conexiones trenzadas, protegidas y *balanceadas*.

Debido a que el audio AES/EBU tiene un ancho de banda mucho más amplio que el audio analógico, el cable debe ser escogido con cuidado. Su impedancia, para cumplir con la especificación AES3-1992, requiere impedancias de origen y carga de 110  $\Omega$ . Cables mal terminados pueden causar reflexiones de señal y subsecuentes errores de datos.

Las frecuencias relativamente altas de las señales AES/EBU no pueden fluir a través del par de cables trenzados tan fácilmente como el audio analógico. La capacitancia y las pérdidas a alta frecuencia causan distorsión en la amplitud durante la transmisión de componentes de alta frecuencia (*high-frequency rolloff*). Eventualmente los bordes de la señal llegan a ser redondeados y bajos tal que, los receptores no pueden distinguir entre un "1" y un "0". Esto hace a la señal indetectable. Típicamente, la longitud de los cables está limitada a algunos cientos de metros. Los conectores XLR también lo especifican.

Ya que el audio digital AES/EBU tiene frecuencias de hasta 6 MHz, hay una fuerte tendencia hacia el uso del cable coaxial desbalanceado con conectores BNC para un mejor desempeño en instalaciones existentes de video y transmisiones más allá de 100 metros.

Existen varios comités investigando el uso de conectores BNC para el audio digital AES/EBU. El documento IEC958 describe una línea desbalanceada, con un esquema de transmisión de dos hilos de cable coaxial de  $75\Omega$ , la Sociedad de Ingenieros de Audio tiene el documento AES3-ID bajo estudio, y SMPTE tiene un grupo trabajando sobre Interfaces de Audio Digital para Televisión.

La preferencia es de reducir la señal balanceada de  $110\Omega$  a una señal desbalanceada de  $75\Omega$  y también reducir la señal de 3 a 10 volts, a 1 volt. **La señal resultante tiene ahora las mismas características que el video análogo, y los amplificadores de distribución de video, switchers enrutadores y paneles de parcheo pueden ser utilizados.**

El costo del cable coaxial con conectores BNC es también menor que el del multiconductor con conectores XLR. Por estas razones, fabricantes de equipo ahora incorporan conectores BNC o XLR para audio digital AES/EBU con un nivel de salida de 1 volt. También se usan cables alternativos.

#### ***IV.12 DECISIÓN DE AUDIO; INSERTADO O ENRUTADO POR SEPARADO***

La sección titulada Audio Digital del capítulo II, describió las técnicas para insertar o multiplexar audio dentro de una señal digital serie de video. Esta sección menciona varios puntos y cubre las ventajas y desventajas de distribuir y enrutar audio insertado.

El audio enrutado por separado (donde el audio y video son discretamente enrutados o conmutados en niveles separados) se compara con el audio insertado (donde datos de audio digital son multiplexados dentro de un flujo de información digital serie).

#### ***IV.13 AUDIO INSERTADO***

##### ***VENTAJAS***

- Se necesita una matriz digital.
- Fácil acoplamiento a VTR's digitales y equipo que incorpore audio insertado.
- Sistema de cableado y parcheo simplificado, es necesario un parche sencillo para todas las señales.
- El audio y video están vinculados, con lo cual se elimina el olvidar conmutar el audio con respecto al video.

##### ***DESVENTAJAS***

- Pueden necesitarse multiplexores y demultiplexores.
- El audio insertado sólo es aplicable a señales de audio digital.
- El audio analógico requiere de una conversión a audio AES antes de ser insertado al video digital.
- El video analógico debe ser digitalizado antes de que el audio sea insertado.

#### IV. 14 AUDIO ENRUTADO POR SEPARADO

##### VENTAJAS

- No se necesitarán multiplexores ni demultiplexores.
- Es posible la separación.

##### DESVENTAJAS

- Cada nivel de audio (o par AES) necesita de una matriz adicional.
- El riesgo de olvidar conmutar el audio respecto al video es posible.
- El cableado del sistema se complica con cada nivel de audio adicional.
- Se requiere de más parcheo.

La experiencia de los usuarios es que el audio insertado es operacionalmente y financieramente preferible en grandes inter-áreas de ruteo. Para pequeñas áreas el audio insertado también es atractivo, aunque la cuestión operacional y de costos debe ser evaluada cuidadosamente. La mejor solución depende de una compleja mezcla de interacciones que incluye el costo de la instalación, del equipo de distribución y ruteo, características de las VTR's, número de canales de audio, necesidades de audios separados, espacio para parcheo y formas de operación.

En términos breves, en una instalación con un alto porcentaje de fuentes de video/audio análogas el más bajo costo inicial se obtiene con audio enrutado por separado, no así para instalaciones largas. Tan pronto como una porción significativa de fuentes llega a ser digital, el inconveniente del costo de un sistema con audio insertado es reducido volviéndose eventualmente de *inconveniente a ventaja para sistemas largos*. Para ilustrar el cambio de costos, los siguientes diagramas muestran algunas estrategias de audio cuando es usado audio insertado.

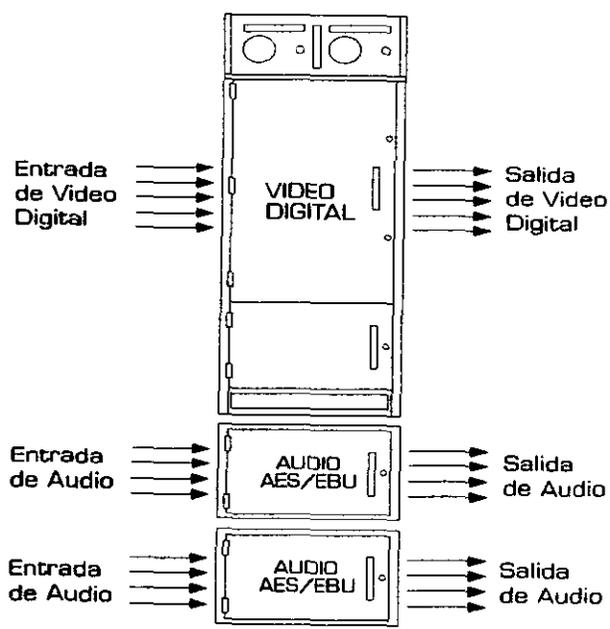


FIG. IV.5 RUTED DE AUDIO AES/EBU PARA DISTRIBUIR 4 CANALES DE AUDIO IZQUIERDO Y DERECHO SIN INSERTARLO EN EL VIDEO

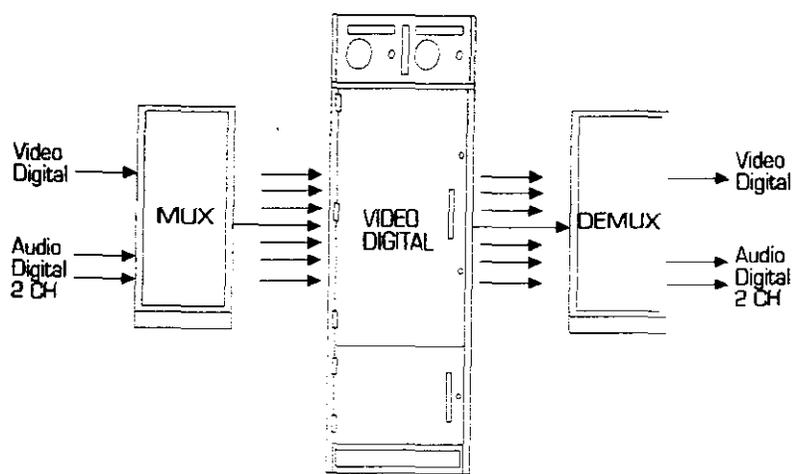


FIG. IV.6 AUDIO DIGITAL INSERTADO SOBRE VIDEO DIGITAL

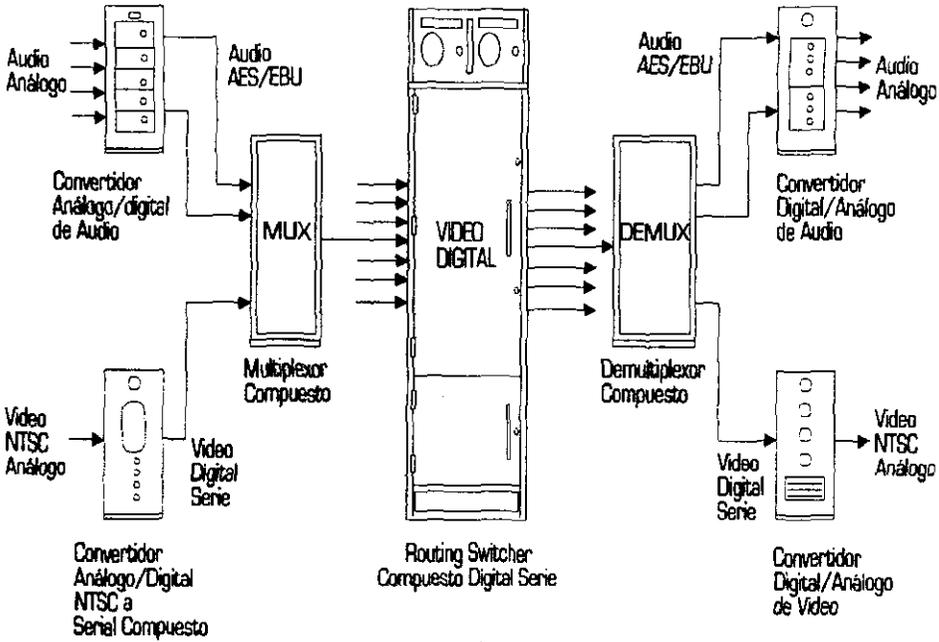


FIG.IV.7 RUTED DE AUDIO INSERTADO USANDO FUENTES ANALÓGAS DE VIDEO Y AUDIO (CASO EXTREMO EN TÉRMINOS DE CANTIDAD DE EQUIPOS DE CONVERSIÓN)

#### IV. 15 MANEJO DE LÍNEAS DE ENLACE (TIE LINE)

El manejo de líneas de enlace es un concepto que ha sido ignorado por algunos diseñadores de sistemas. Este concepto puede proveer un costo-efectivo en el ruteo de señales digitales durante la minimización de conflictos de servicios compartidos por más de un área. Históricamente una línea de enlace fue un tramo de cable conectando dos paneles o tiras de parcheo separadas. Cualquier fuente en el extremo de la línea de enlace puede ser parchada a ésta, y hacerse disponible en el otro extremo de dicha línea.

En un sistema de señales, una línea de enlace es un puente de la salida de una matriz a la entrada de otra. Cualquier fuente en la primera matriz puede ser seleccionada a una salida de esa matriz y conectada vía la línea de enlace a la segunda matriz, justo como si fuera una entrada directa a ésta. El propósito de una línea de enlace es permitir a los usuarios de una matriz secundaria acceder fuentes de una matriz primaria. Esto significa que la fuente es seleccionada en dos destinos diferentes. Este tipo de líneas de enlace es unidireccional, pero puede hacerse bidireccional si la salida de la segunda matriz se conecta vía una segunda línea de enlace a la entrada de la primera matriz.

En un eficiente sistema de líneas de enlace, entonces, el sistema de control debe soportar a ambas matrices sirviendo a una u otra y quizás a las dos al mismo tiempo. Algunas ventajas y cuidados en el uso de líneas de enlace son: minimización del tamaño del sistema, oportunidad para conversión entre formatos, fuentes compartidas, es requerido un control inteligente para el asignamiento de líneas cuando el número de líneas del primer ruteador, excede el número de líneas que alimenta al segundo ruteador, el software del arreglo debe soportar el número de líneas físicas de enlace, la decisión de un arreglo de líneas de enlace es tan bueno como las reglas del sistema.

La figura IV.8 muestra líneas de enlace conectando salidas de una matriz primaria a entradas de una matriz secundaria.

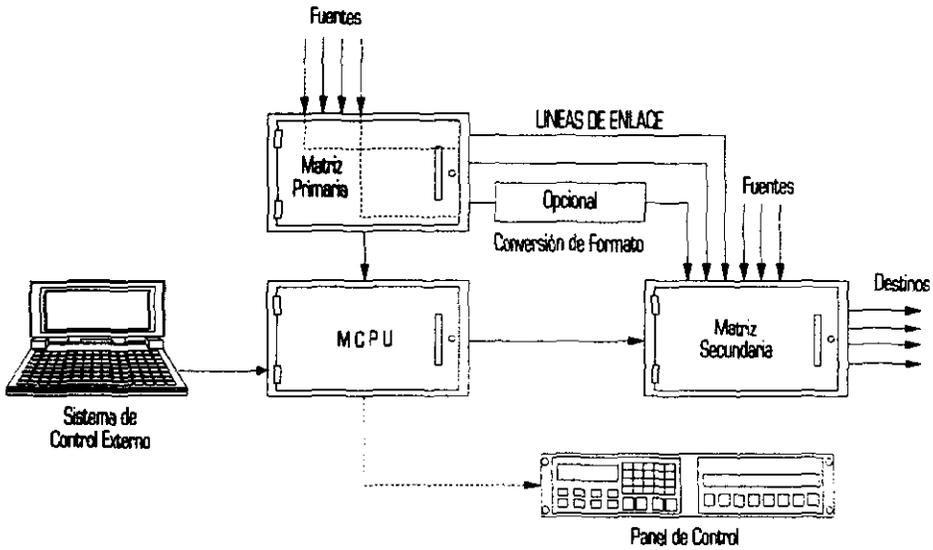


FIG. IV.8 ARREGLO DE LINEAS DE ENLACE (TIE LINE)

## CASOS DE ESTUDIOS

## IV.16 INSTALANDO UN ROUTING SWITCHER PARA FUTURAS EXPANSIONES

La necesidad de expansión sin interrumpir el sistema es una cuestión en instalaciones donde es normal una operación durante 24 horas continuas. El siguiente es un ejemplo real de una necesidad de un sistema donde la instalación inicial requiere de un routing switcher de 128 x 192, con una expansión al final de 256 x 256 sin interrupción. Para routings por arriba de 128 x 128 los diseños utilizan distribuidores amplificadores e interruptores secundarios para facilitar la expansión hasta 1024 x 1024. Para realizar futuras expansiones sin interrupción, son posibles un número potencial de opciones. Hay, sin embargo, un acuerdo entre la facilidad de expansión y el costo inicial.

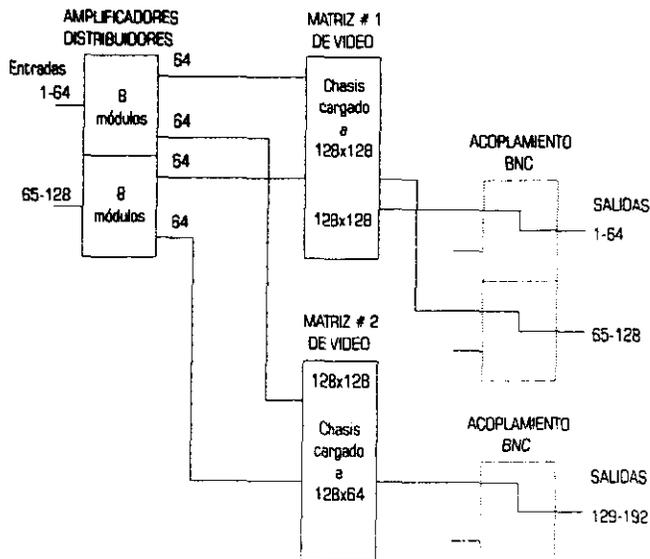


FIG. IV.9 PARA UNA EXPANSION MINIMAMENTE ININTERRUMPIDA

La figura IV.9 representa la opción de más bajo costo para expansión ininterrumpida. Requiere que sean sumados módulos adicionales a la matriz número 2 y las conexiones de salida sean abiertas. La interrupción durante la actualización puede ser reducida substancialmente pre-alambrando el cableado para la expansión, de este modo los acopladores BNC son removidos mientras cada señal es enviada a través de la unidad de expansión.

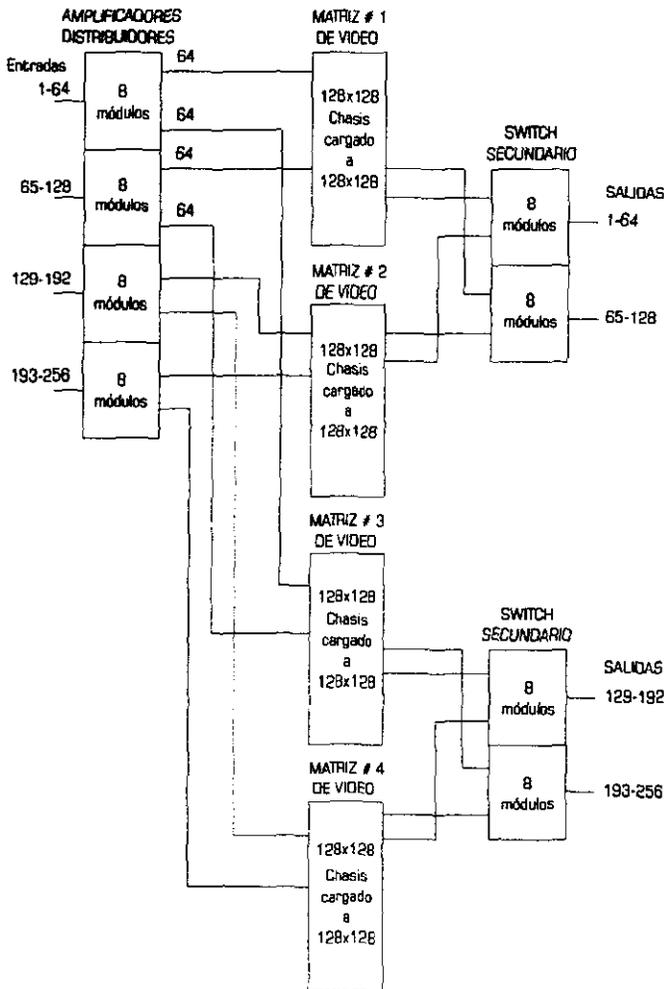


FIG. IV.10 SISTEMA EXPANDIDO TOTALMENTE A 256 X 256

La figura IV.10 representa el sistema totalmente expandido a 256 x 256 después de adicionar módulos y chasis.

#### IV.17 INSTALACIONES EN DIGITAL PARALELO Y SERIE

Los diagramas de las figuras IV.11 y IV.12 comparan la **instalación paralelo y serie de una sala de edición digital por componentes**. La versión serie tiene la ventaja de usar un **routing switcher serial** para permitir un ruteo flexible de las señales. Una ventaja adicional de la instalación serie es que el routing puede ser expandido para incluir más fuentes y destinos de la sala de edición. Las nuevas expansiones pueden incluir múltiples salas de edición y estudios para compartir recursos. Los equipos de sincronización de tiempo y tecnologías de control descritos en temas anteriores, tales como, matrices y arreglos de líneas de enlace, son herramientas poderosas para habilitar instalaciones de producción flexibles y eficientes.

Puntos a notar en los diagramas.

- La versión paralela fue implementada sin un routing switcher.
- La combinación de convertidores de serie a paralelo, paralelo a serie y de componentes análogos a digital, ofrece una flexibilidad de conexión de diferentes equipos y formatos.
- El monitoreo de las señales es a través de componentes RGB y el monitoreo de las señales **programa y previo** es por medio de monitores digitales.
- El uso de serializadores y distribuidores **amplificadores digitales** es y será requerido para la alimentación de los diferentes equipos.
- La sección implementada como previo es en base a un dispositivo llamado **AUXILIAR** y puede ser utilizado como un **pre-selector previo** y como switcher previo, para alimentar una máquina grabadora con TBC, no importando que formato (digital o análogo) o que clase de TBC contenga el equipo fuente.

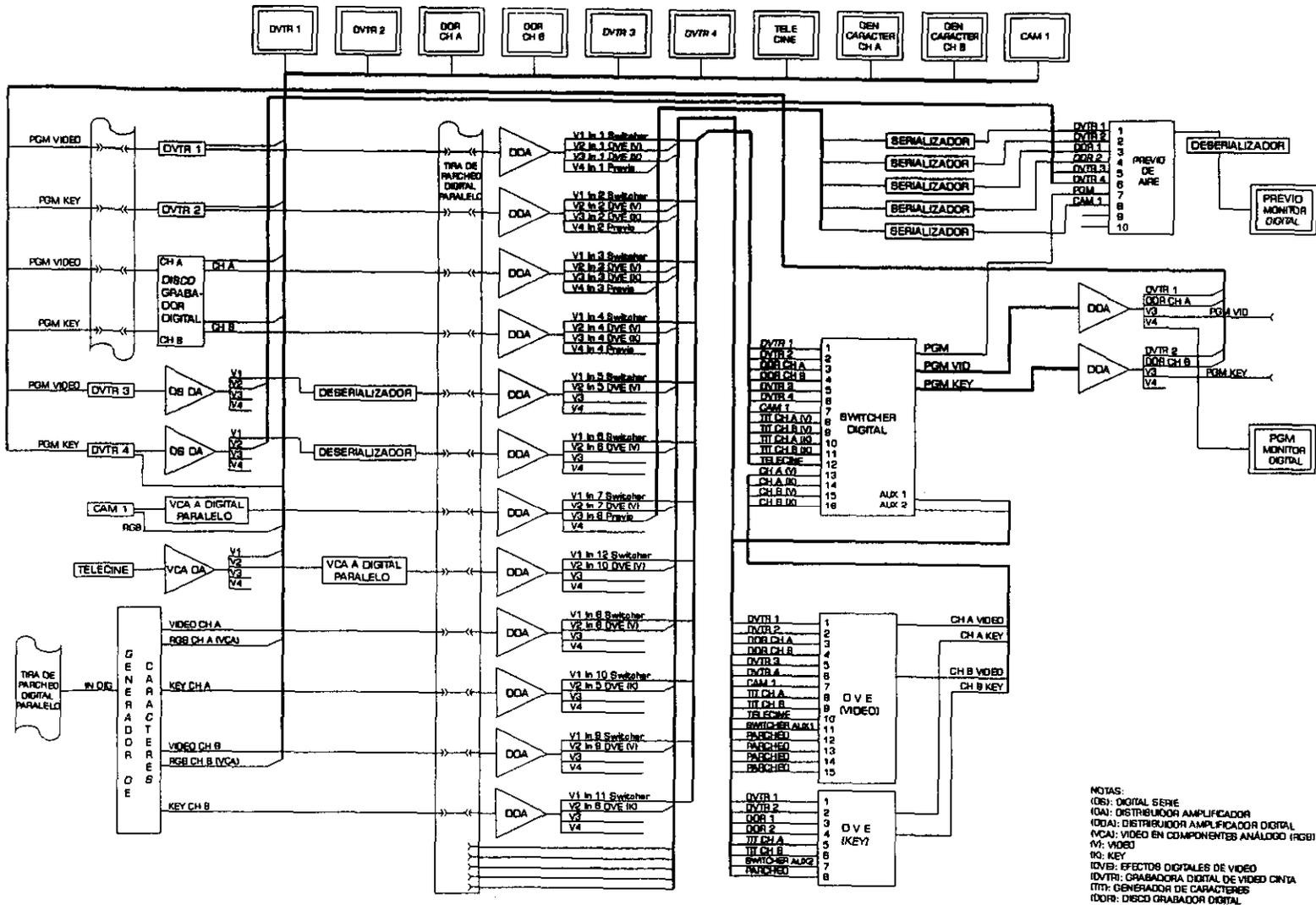


FIG. N.º 11 CONFIGURACIÓN EN PARALELO

NOTAS:  
 (DS): DIGITAL SERIE  
 (DA): DISTRIBUIDOR AMPLIFICADOR  
 (DDA): DISTRIBUIDOR AMPLIFICADOR DIGITAL  
 (NCA): VIDEO EN COMPONENTES ANALÓGICO (RGB)  
 (V): VIDEO  
 (K): KEY  
 (DVE): EFECTOS DIGITALES DE VIDEO  
 (DVTR): GRABADORA DIGITAL DE VIDEO DINTA  
 (TTT): GENERADOR DE CARACTERES  
 (DOR): DISCO GRABADOR DIGITAL

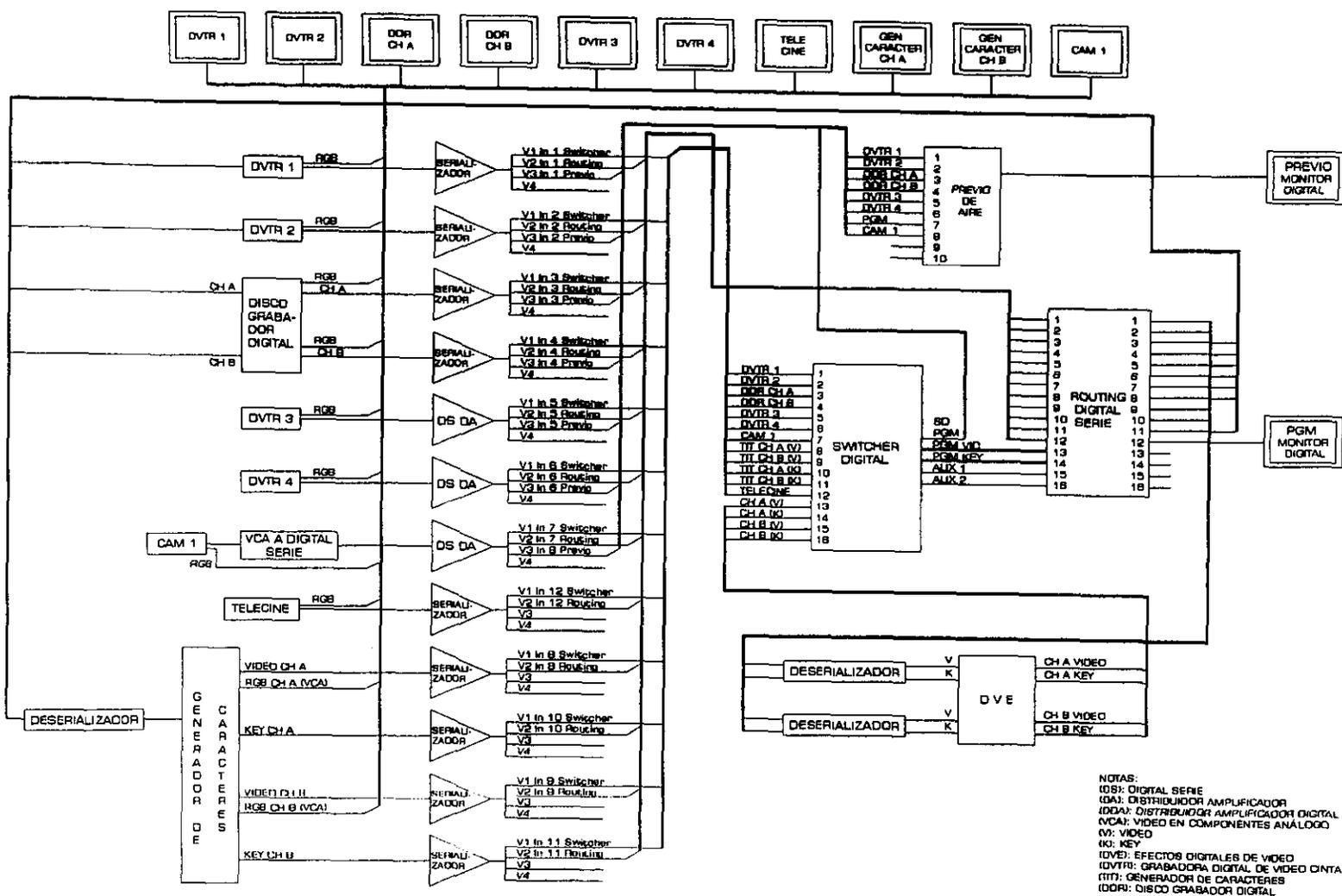


FIG. IV.12 CONFIGURACIÓN EN SERIE

#### IV.18 EJEMPLO DE UN SISTEMA DE RUTEO

El diagrama de la figura IV.13 es un ejemplo del reemplazo de un viejo sistema análogo de ruteo a un sistema de video digital serie con **audio embebido** o insertado. El diagrama muestra un núcleo central de ruteo conectando diferentes estudios de producción y diferentes routing switcher periféricos, los cuales permanecerán análogos un tiempo después de instalado el routing digital. Una **mezcla** de VTRs análogas y digitales son usadas. Las VTR's análogas usan un módulo para convertir las señales a un formato común de **video compuesto digital serie incluyendo cuatro canales de audio embebido**. El ejemplo muestra el sistema durante la etapa inicial, hasta una total solución digital. Si bien algunas conversiones análogas y digital son requeridas inicialmente, a medida que el sistema evoluciona dentro de un ambiente digital, los dispositivos de conversión pueden ser movidos a otras partes del sistema que están más lejos de la transición análoga a digital.

Este sistema es un buen ejemplo de arreglos de líneas de enlace, conectando dos routing switcher digitales, uno por componentes y otro compuesto, dos analógicos y los cuatro enlazados por medio de convertidores de formato, además de estar controlados por el sistema de control. Dos ruteadores de datos están integrados al sistema. En este ejemplo la conexión de estos y algunas líneas de enlace no son seleccionadas por los paneles de control, sino por un programa externo que es una extensión del sistema de control, (aunque los paneles también pueden hacerlo).

Este sistema ilustra dos de las soluciones mencionadas en la sección "Sincronización del sistema". Aunque los routings están sincronizados en "cero" en las implementaciones análogo y digital, existen tolerancias e irregularidades en los sistemas de video análogo y VTRs las cuales son eliminadas por el

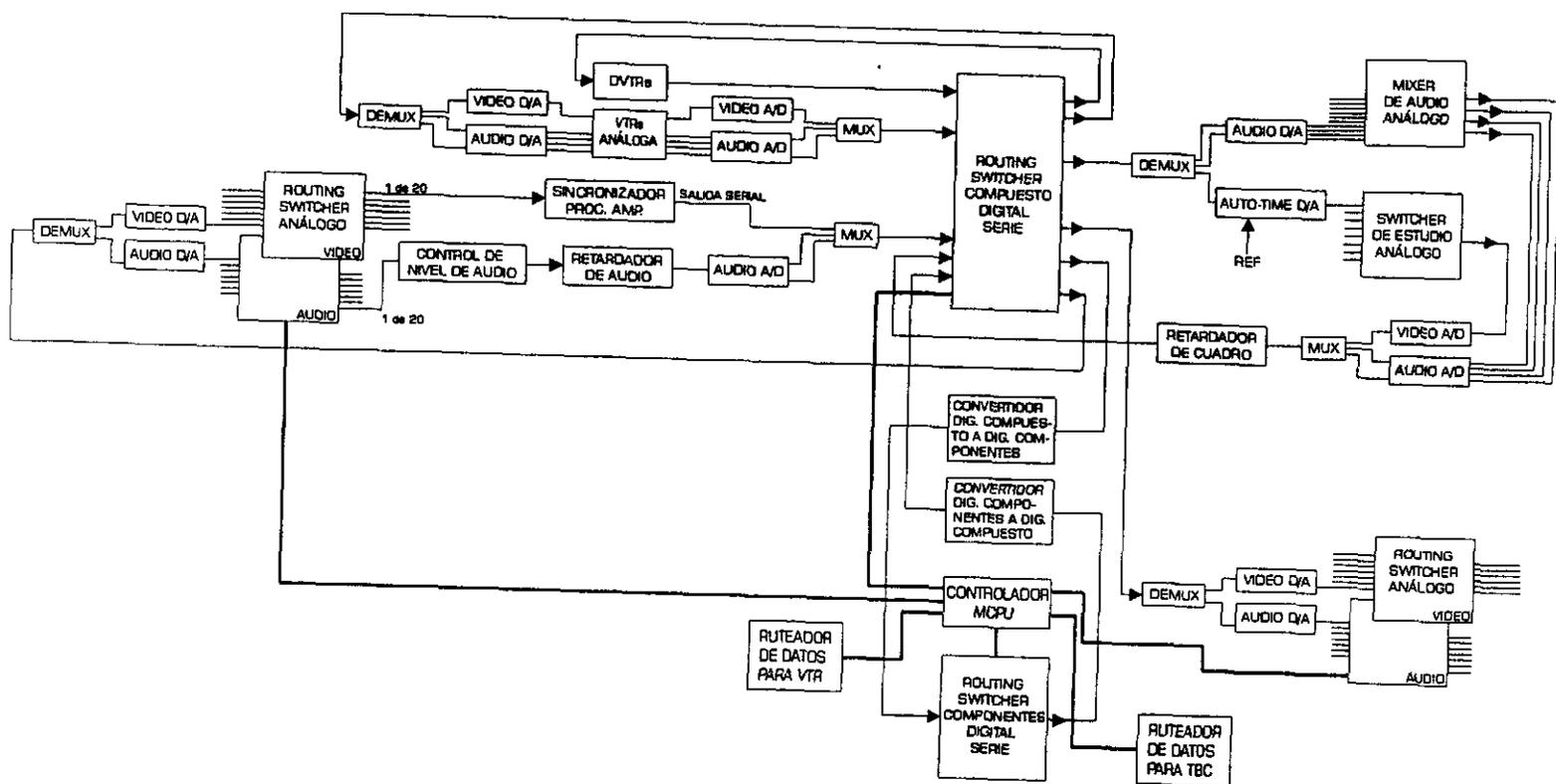


FIG. IV.13 RED DE UN SISTEMA DIGITAL DE RUTEO DE VIDEO CON AUDIO INSERTADO

convertidor D/A auto-timing. Las entradas hacia los switchers análogos de estudio son automáticamente sincronizadas a la referencia del estudio.

Esto también trae consigo ventajas importantes en la disponibilidad del sistema y minimiza ajustes de operación. Las fuentes pueden instantáneamente ser asignadas a los destinos sin ajuste. El ejemplo muestra un sistema compuesto NTSC. La salida de cada estudio está retardada de tal manera que el retardo total a través del routing sea exactamente un cuadro de color. Los problemas de retrasos entre el audio y video son minimizados insertando el audio antes del retardo del video, por lo tanto, ambos son retardados en la misma proporción.

En este ejemplo son usadas las consolas analógicas de audio. El audio digital AES es transmitido a cada cabina de audio por cables coaxiales y convertido a análogo inmediatamente para ser usado por las consolas análogas, esto conserva lo más posible a la señal, en un ambiente digital. Eventualmente las consolas de audio analógicas serán sustituidas por digitales y la conversión será llevada a otra área.

#### IV. 19 SISTEMA DE VIDEO ANÁLOGO Y DIGITAL

La figura IV.14 muestra una instalación **híbrida** de un estudio donde equipos, instalación y formatos tanto digitales y analógicos, se conjugan para obtener la máxima flexibilidad y eficiencia de un sistema proyectado para grabaciones, post-producciones y transmisiones en vivo, con calidad y normas Broadcast y creciendo hacia un **ambiente todo digital**.

La instalación cuenta con un **switcher** de producción digital auto-timing como destino de las señales de video, que de acuerdo a su configuración, por medio de módulos o tarjetas, tiene la capacidad de aceptar diferentes formatos de video (compuesto, digital paralelo, digital serie, por componentes, RGB), así como también entregar sus señales programa, previo y auxiliares en diferentes formatos. Y junto con el **ruteador** digital serie y manejando audio y video por separado, manipulan el flujo de las señales desde y hacia los diferentes equipos.

Un generador maestro de pulsos de sincronía, mantiene a todo el equipo "en tiempo" usando un pulso de **referencia** llamado COLOR BLACK, e indicado en la mayoría de los equipos como "REF", también entrega una serie de pulsos de diferente tipo que pueden ser **sync, blanking, subcarrier**, etc., y que algunos equipos necesitan para su funcionamiento.

Cuenta con **monitoreo** digital, analógico RGB o compuesto de todas las señales y para las diferentes áreas, llámese monitoreo general, control de calidad, ingeniería, grabación, etc., donde la selección y desempeño del monitor será de acuerdo a su uso. Los equipos que alimentan al switcher y que a la vez son alimentados por éste, van desde **Cámaras** con salidas de video compuesto analógico **CVBS** (COLOR VIDEO BLANKING SUBCARRIER), video RGB

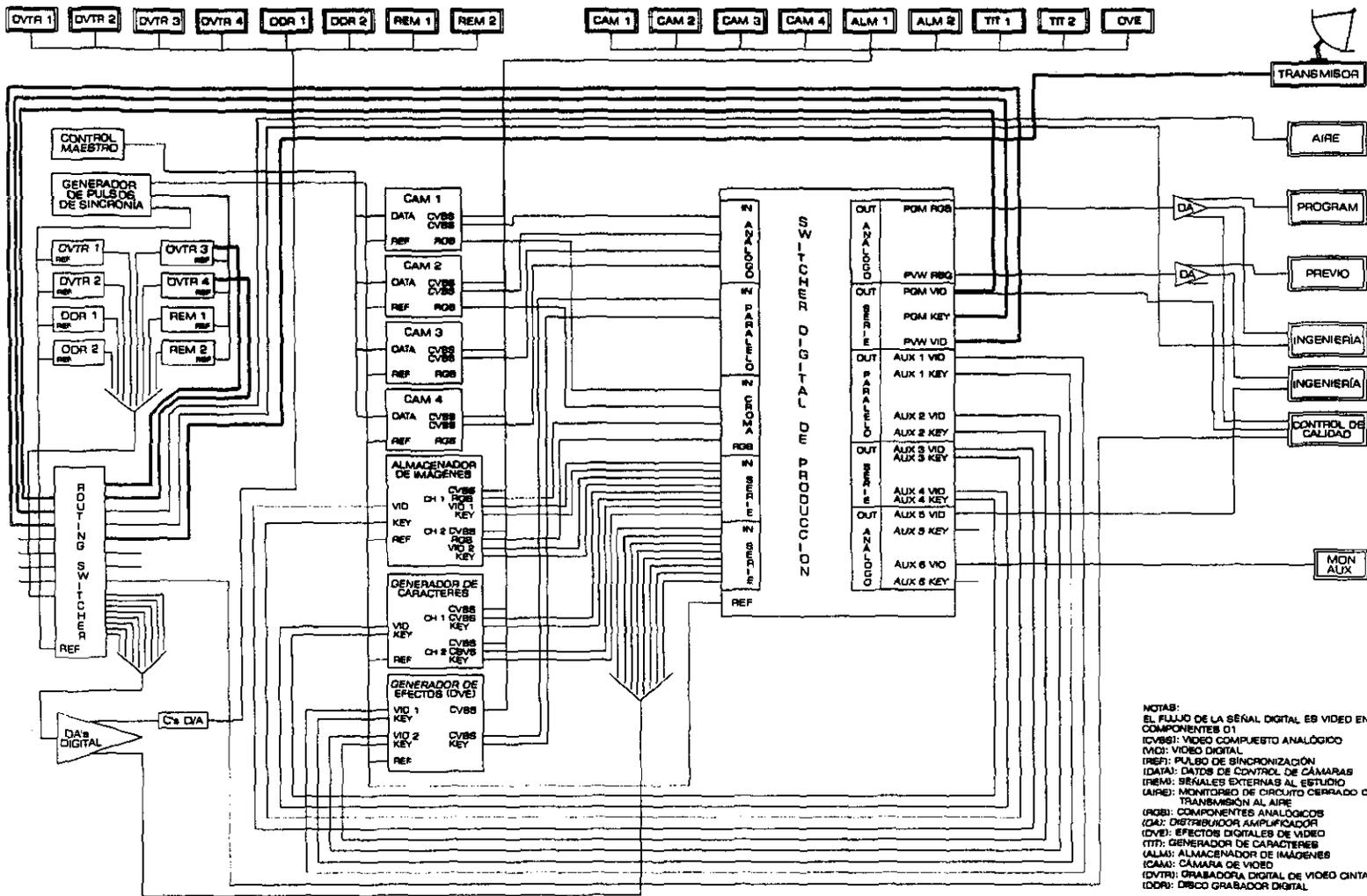


FIG. N.14 CONFIGURACIÓN TÍPICA ANALÓGICA Y DIGITAL DE UN ESTUDIO DE PRODUCCIÓN PARA GRABACIÓN Y TRANSMISIÓN EN VIVO BROADCAST

(componentes análogos), video digital D1, entradas de control y regresos de señales PGM, PVW (previo), EXT (externa) y TP (teleprinter).

*Almacenadores de imágenes con salidas CVBS, RGB, video D1 o D2 y KEY (señal de incrustación) y entradas de video D1 o D2, RGB y KEY. Manipuladores de imagen conocidos como **DVE** (Digital Video Effects), generalmente con entradas y salidas de señales en **formato digital paralelo**. Máquinas grabadoras de cintas de video (DVTR) con todos los formatos de entrada y salida y actualmente discos digitales grabadores (DDR), que tienden a sustituir a las DVTRs. Convertidores A/D, D/A, serializadores, deserializadores y distribuidores amplificadores.*

#### *IV.20 SISTEMA DE AUDIO ANÁLOGO Y DIGITAL*

La sección correspondiente al audio es similar a la del video, compartiendo el routing switcher (ver figura IV.15), **operando de manera separada el audio y alimentando una consola digital**. Esta consola tiene capacidad de aceptar formatos de audio **AES/EBU y análogo** provenientes de los diferentes equipos tales como, Reproductores de Disco Compacto, Reproductores de Minidisco, DVTRs, DDRs, Reproductores de cintas, Procesadores, Periféricos, Convertidores A/D y Distribuidores Amplificadores, *alimentándose mutuamente por medio de líneas de enlace*, las señales PGM, PVW y envíos auxiliares, todos, manejando audio balanceado y conectores BNC y XLR, cumpliendo las normas y calidad Broadcast.

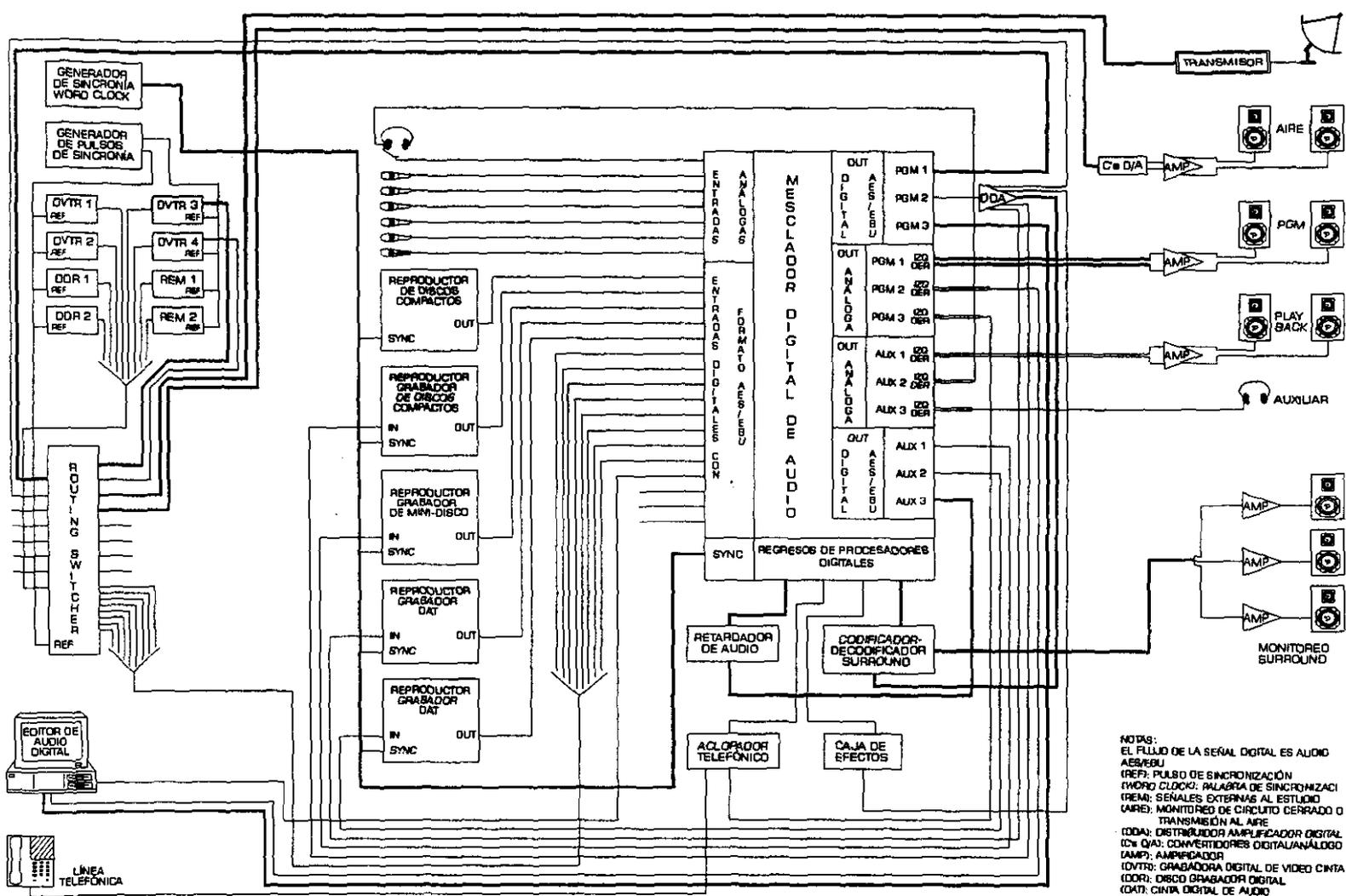


FIG. N. 15 CONFIGURACION TYPICA ANALOGA Y DIGITAL DE UN ESTUDIO DE PRODUCCION PARA GRABACION Y TRANSMISION EN VIVO BROADCAST

## CAPÍTULO V

### **CONCLUSIONES**

## V.1 CONCLUSIONES

Indiscutiblemente el último evento revolucionario en la tecnología broadcast fue la llegada del video digital. La tecnología digital cambio la forma de como se trabaja con el video. Ahora muchos de los trabajos de creación, edición, post-producción y transmisión son hechas con máquinas que son esencialmente computadoras de alto desempeño. Pero al igual que muchas revoluciones tecnológicas, las aplicaciones practicas que resultan de la revolución del video digital, fueron obteniéndose gradualmente en un periodo de años.

En realidad la revolución esta todavía comenzando. Cada producto nuevo desarrollado crea una nueva demanda tecnológica. El asunto del día parece ser la red de trabajo en ambientes de video digital. Ahora después de muchos años de trabajo las maneras de como hacer video digital están escritas. Los problemas que existen son fáciles de definir, y las metas por alcanzar son soluciones para aplicaciones de video digital en redes de trabajo, con extremadamente alta cantidad de información procesada, capacidad masiva de almacenamiento, accesos compartidos y precios razonables

## V.2 RESPUESTAS A PREGUNTAS COMUNES

### PORQUE SE DEBE CONSIDERAR TODO DIGITAL ?

El video análogo es sujeto a errores de fase diferencial, ruido y otros artefactos que sumados a este llegan a ser parte de la señal análoga. El video digital es menos susceptible a muchos de los errores y degradaciones y produce resultados superiores. Múltiples generaciones en cinta de video pueden ser realizadas sin tener variaciones con respecto a la cinta original.

PORQUE SE DEBE CONSIDERAR AL FORMATO DIGITAL SERIE SOBRE EL DIGITAL PARALELO, SI NORMALMENTE SE USA?

Digital paralelo usa voluminosos y caros cables de 25 conductores. digital serie usa cable coaxial, resultando en considerable ahorro en los costos. También digital serie usa cables de hasta 300 metros de longitud en vez de los cerca de 50 metros para cables paralelo.

NO ES MÁS CARO DIGITAL QUE ANÁLOGO?

Como más y más instalaciones cambian a digital, switchers digitales, DVTRs, y otros dispositivos digitales (incluyendo circuitos integrados) llegarán eventualmente a bajar de precio. En suma, digital es más estable que análogo y ajustes y mantenimiento serán menos frecuentes.

ES NECESARIO EL RECLOCKING?

Cuando se usan distribuidores amplificadores digitales y grandes sistemas de ruteo digital, es altamente deseable minimizar los errores de jitter y es recomendable para señales que recorren grandes distancias.

PORQUE ES NECESARIO UN DESERIALIZADOR?

Muchos de los equipos digitales de televisión que se usan actualmente tienen una interface paralela. Esto limita el cable a 50 metros o menos. Convirtiendo a digital serie permitirá longitudes de hasta 300 metros, y la equalización automática del cable es generalmente suministrada.

SE TENDRA MÁS PROBLEMAS DE "TIEMPO" CON EQUIPO DIGITAL SERIE QUE LOS QUE SE TIENE CON EQUIPO ANÁLOGO?

No. Los equipos de video análogo tuvieron retardos de propagación medidos en nanosegundos. Algunos equipos digitales tuvieron grandes retardos medidos en microsegundos, líneas e incluso cuadros. Esto es debido a que el procesamiento es hecho en incrementos de ciclos de reloj, lo cual toma tiempo, resultando en retardos. Una vez que la señal esta en formato digital, las correcciones de "tiempo" y la sincronización automática es fácilmente realizada.

ES EL RETARDO DEL AUDIO DIGITAL IGUAL AL RETARDO DEL VIDEO DIGITAL?

Los equipos de transmisión de audio y video digital típicamente tienen similares y muy cortos retardos. Sin embargo los equipos de procesamiento de video tendrán retardos más grandes que los equipos de audio. Los retardos de audio y video deben ser los mismos a través del sistema. Aun si un error de un cuadro puede ser percibido. Retardos de audio digital pueden ser necesarios para compensar los retardos del equipo de video.

COMO SE PUEDE EXTRAER EL AUDIO DIGITAL DEL FLUJO DEL VIDEO DIGITAL SERIE?

Un demultiplexor extrae el audio digital del flujo de datos seriales del video digital. Datos auxiliares, los cuales incluyen audio digital AES/EBU, tienen lugar durante cada línea horizontal.

PORQUE SON NECESARIOS BNCs DE 75 OHM

Por muchos años las Compañías han usado BNCs de 50 ohm con cable coaxial de 75 ohm. Esto ha trabajado bien por dos razones: la construcción física de un BNC de 50 ohm puede ser robusta y la desigualdad de impedancias con

respecto a las frecuencias basebanda de video es insignificante. Para señales de video de 5 a 10 MHz esto fue adecuado. Sin embargo, ahora se esta transmitiendo hasta 270 Mb/s y posteriormente a 360 Mb/s en sistemas ATV. A estas velocidades la desigualdad de impedancias es mas importante. Para optimas transferencias de características de señales digital serie es recomendable que BNCs y paneles de parcheo sean de 75 ohm.

### *V.3 UN VISTAZO AL FUTURO*

#### *NUEVOS FORMATOS DE SEÑAL*

##### *EXTENDED STUDIO PAL*

Es un estándar de 625 líneas que permite el procesamiento de señales digitales por componentes a través de equipo compuesto PAL. La señal puede ser distribuida y grabada en formato compuesto digital utilizando VTRs D2 o D3. La señal de luminancia resultante tiene un ancho de banda potencial de aproximadamente 6 MHz y no tiene interferencia de artefactos de crominancia/luminancia. La alta calidad de las señales de producidas en Extended Studio PAL son adecuadas para aplicaciones D2-MAC y PAL plus.

##### *FORMATOS COMPRIMIDOS*

Ninguna discusión sobre formatos de señales futuros sería completa sin hacer referencia a la compresión. La compresión juega un rol muy importante dentro de la industria del video. El video es un medio que se presta por si mismo para la compresión debido a la gran cantidad de información repetitiva.

##### *COMPRESIÓN SIN PÉRDIDAS DE SEÑALES ATV/HDTV*

La distribución dentro de una instalación de televisión de señales no comprimidas de 525 y 625 líneas a 270 o 360 Mb/s pueden ser logrados sin grandes retos técnicos. Con la llegada de la televisión avanzada o ATV/HDTV, la velocidad de datos excede 1 Gb/s. Ahora se considera el utilizar un formato comprimido en la instalación. El factor motivante es el enrutamiento serial y, quizás, el almacenamiento de 1 Gb/s, la cual puede ser guardada haciendo una compresión inicial a 260 o 360 Mb/s.

Este factor de compresión reduce la calidad del video en una cantidad imperceptible en casi todas las imágenes, aún cuando varias generaciones de compresión seguidas por una descompresión puedan ser logradas. Sin embargo los resultados se mantiene al margen para post-producciones multicapas. Se esta observando a esta tecnología introducirse en VTRs de 525 y 625 líneas.

Los aspectos financieros de esta estrategia de compresión "sin pérdida", son que el costo del equipo puede ser menor que los grandes ahorros de eliminar la necesidad de un sistema enrutador de 1 Gb/s. El enrutamiento todavía tiene que ser probado; sin embargo, puede ser en muy poco tiempo el medio preferido para grabar señales digitales ATV/HDTV

La buenas noticias son que si un formato comprimido ATV/HDTV es aceptado para aplicaciones de estudio de alta calidad, los enrutadores digitales y otros componentes del sistema manejarán la señal de 270 o 360 Mb/s. Pero, la inversión en el sistema de enrutamiento y distribución digital puede ser hecha no solo para el futuro de 525/625 líneas, sino también a los sistemas de 767.5, 1050, 1125 y 1250 líneas, que pueden formar parte de la televisión del futuro.

Otro formato que puede encontrarse dentro de las estaciones de TV es la manera de distribución de señales comprimidas. Estas pueden ser las señales ATV/HDTV comprimidas a un formato intermedio de quizás 34 o 45 Mb/s. Esta es una transmisión mas rápida que la común de alrededor de 20 a 30 Mb/s y que permite producción limitada, tales como inserción de logotipos, en estaciones broadcast regionales. También será mucho mas económico el guardar y conmutar video a esta velocidad.

## *MPEG*

MPEG y particularmente MPEG II jugarán un gran rol en la definición de estándares para video comprimido. MPEG II permite lograr una calidad de video razonable para fuentes de 525/625 líneas a velocidades por debajo de 10 Mb/s y una calidad potencial en el estudio a velocidades aproximadas de 20 Mb/s.

## *ATM*

ATM (Asynchronous Transfer Mode) es una nueva tecnología que tendrá un impacto mayor en la transmisión de video comprimido. Las aplicaciones incluirán distribución de TV avanzada y formatos de 525/625 líneas. ATM es una tecnología que se está desarrollando rápidamente permitiendo una flexible transmisión de datos. Utiliza paquetes de 53 bytes de longitud, de los cuales hasta 48 bytes están disponibles para datos de usuario. ATM contrasta con TDM (Time Domain Multiplex) utilizado en otros esquemas de transmisión como DS3 a 45 Mb/s y E3 a 34 Mb/s.

Ultimamente la tecnología ATM puede suplantar a la tecnología LAN para aplicaciones de video en una red de área local. ATM será utilizado a velocidades SONET (Synchronous Optical Network) tales como 155 Mb/s para aplicaciones tipo LAN. Equipos y estándares están siendo rápidamente definidos para resultar en costos mas bajos y LANs y Video LANs pueden ser fácilmente adaptados a redes de telecomunicación. La atracción de esta flexibilidad es que una LAN puede tener nodos en una misma oficina o en diferentes países. Esto puede ser logrado utilizando guías Ethernet pero con un ancho de banda menor y técnicas de control de tráfico menos sofisticadas.

#### V.4 EL FUTURO DE LA TELEVISIÓN

Después de años de investigación y desarrollo la pasión de los fabricantes es crear tecnologías frescas, tecnologías que cambien al mundo, la meta es ambiciosa, crear ambientes más simples y maneras de producir video con una calidad broadcast D1 perfecta.

Poderosos switchers, DVEs en 3D y tiempo real, eficientes routings de gran capacidad de señales, cables ideales sin pérdidas e instalaciones inteligentes soportando grandes velocidades de flujo de datos, etc., pero quizás la más importante, es capacitar a una nueva generación de diseñadores de sistemas de televisión de video digital serie, abarcando inclusive interconexiones de video vía Internet webcast, multimedia CD, Intranet, DVD y los ya conocidos DDRs y DVTRs. Ya que nuevos diseñadores junto con las nuevas tecnologías y los nuevos formatos de señal, tuvieron la idea de poner la poderosa imagen de televisión en manos de gente con computadoras, y estas, empiezan a reemplazar a un caro y complejo equipo de estudio broadcast por una computadora personal con todo el poderío, eficiencia y calidad de un estudio de televisión.

Finalmente, la motivación para desarrollar televisión digital desde luego que existe - y esto no justamente significa el obtener una imagen clara y definida en la pantalla de un televisor casero. El más grande factor de motivación es el poder manejar en su totalidad, el proceso digital de la señal de televisión (video y audio) en los estudios de *TELEVISIÓN BROADCAST*.

## **ESTÁNDARES**

---

## ESTÁNDARES

**AES 3 (ANSI S4.40)**, "Práctica Recomendada AES para Ingeniería de Audio Digital, Formato de Transmisión Serial para Datos de Audio Digital Representados Linealmente"

**AES 11 (Draft ANSI S4.44)**, "Práctica Recomendada AES para Ingeniería de Audio Digital, Sincronización de Equipo de Audio Digital en Operaciones de Estudio"

**RECOMENDACIÓN ITU-R BT.601**, "Codificación de Parámetros para Televisión Digital de Estudios"

**RECOMENDACIÓN ITU-R BT.656**, "Interfaces para Señales de Video Digital por Componentes para Sistemas de Televisión de 525 y 625 líneas Operando al formato 4:2:2 de la recomendación 601"

**RECOMENDACIÓN ITU-R BT.711**, "Señales de referencia de Sincronización para Estudios por Componentes Digitales"

**REPORTE ITU-R BT.624**, "Características de Sistemas de Televisión"

**REPORTE ITU-R BT.1212**, "Mediciones y Señales de Prueba para Señales de Televisión en Color Codificadas Digitalmente"

**EBU Tech 3246**, "Interface Paralela EBU para Señales de Video Digital de 625 líneas"

**EBU N-10**, "Interface Paralela para Video en Componentes para Señales no Compuestas ENG"

**SMPTE 125M**, "Interface Digital Paralelo, Señales de Video por Componentes 4:2:2"

**SMPTE 170M**, "Señal de Video Compuesta Análoga, para Aplicaciones de Estudio NTSC"

**SMPTE 244M**, "Representación Digital de Señales de Video Codificadas en NTSC"

**SMPTE 259M**, "Interface Digital Serie de 10 bit 4:2:2 por Componentes y 4fsc de Señales NTSC Compuestas Digitales"

**SMPTE 267M**, "Interface Digital Paralelo, Señales de Video por Componentes 4:2:2. Relación de Aspecto 16X9"

**SMPTE 269M**, "Reporte de Fallas en Sistemas de Televisión"

**SMPTE RP 154**, "Señales de Referencia para la Sincronización de Equipos de Video de 525 líneas"

**SMPTE RP 165**, "Palabras de Control de Detección de Errores y Banderas de Estado para Uso en Interfaces de Video Digital Serie"

**SMPTE RP 166**, "Definición del Punto de Switchero del Intervalo Vertical para Switchero Sincrónico de Video"

**SMPTE RP 176**, "Control de Campo de la Interface Digital Serie de 10 bit 4:2:2 de Señales Digitales por Componentes y 4fsc Compuesta"

**NOTA:** Las recomendaciones y reportes CCIR anteriores ahora son documentos ITU-R. La International Telecommunication Union, Radio Communication Sector ha reemplazado la CCIR.

*DIRECTORIO*

**AES**

*THE AUDIO ENGINEERING SOCIETY*

60 East 42<sup>nd</sup> Street, New York, NY 10165 USA

Tel: +1 212 661 2355

**EIA**

*ELECTRONIC INDUSTRIES ASSOCIATION*

*Engineering Department*

2001, Eye Street NW, Washington D.C. 20006 USA

Tel: +1 202 457 4971

**EBU**

*EUROPEAN BROADCASTING UNION*

Ancienne Route, 17a, Case Postale 67

CH-1218 Grand-Saconnex, Genève Switzerland

Tel: +41 22 717 21 11

**FCC**

*FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION*

*Office of Science & Technology*

1919 M Street, NW, Washington D.C. 20554 USA

Tel: +1 202 653 8247

**IEC**

*INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION*

3, rue de Varembé

PO Box 131, 1211 Genève 20 Switzerland

Tel: +41 22 919 02 11

**ITC**

*INDEPENDENT TELEVISION COMMISSION*

33 Foley Street

London W1P 7LB England

Tel: +44 171 255 3000

**ITU**

*INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION*

Place des Nations

1211 Genève 20 Switzerland

Tel: +41 22 730 55 11

**SMPTE**

*SOCIETY OF MOTION PICTURE AND TELEVISION ENGINEERS*

*595 West Hartsdale Avenue, White Plains*

NY 10607-1824 USA

Tel: +1 914 761 1100

## **GLOSARIO**

**AES** - (Audio Engineering Society) Sociedad de Ingeniería en Audio.

**AES/EBU** - Nombre informal para un estándar de audio digital establecido conjuntamente por la AES y EBU.

**ALIASING** - Defectos en la imagen causados por insuficiente muestreo o por un pobre filtrado del video digital.

**ANCHO DE BANDA** - 1) La diferencia entre los límites superior e inferior de una frecuencia, medida en MHz. 2) Rango completo de frecuencias sobre la cual un sistema electrónico puede funcionar con una pérdida de señal de menos de 3 Db. 3) La capacidad de acarrear información de un particular canal de televisión.

**BASEBANDA** - Se refiere a la señal de video compuesto tal como existe antes de modular la imagen portadora.

**BASILINE SHIFT** - Una forma de distorsión de baja frecuencia resultando en un cambio en el nivel de DC de la señal.

**BIT** - Representación binaria de un 1 o 0.

**BNC** - Abreviación de bayonet Neill-Concelman. Un conector de cable utilizado extensamente en televisión y nombrado por su inventor.

**BURST** - Pequeño paquete de referencia de la onda subportadora, típicamente 8 ó 9 ciclos, el cual es enviado en cada línea de video. Ya que la portadora es suprimida, esta referencia de fase y frecuencia es requerida para la demodulación sincrónica de la información a color en el receptor.

**CCIR** - (International Radio Consultative Committee) Comité Consultivo Internacional de Radio, un comité internacional de estándares.

**CCIR 601** - Un estándar internacional para televisión digital por componentes de la cual se derivaron los estándares SMPTE 125M y EBU 3246. La CCIR define sistemas de muestreo, y características de filtros para ambos componentes Y, B-Y, R-Y y RGB de televisión digital.

**CCIR 656** - Esquema de interconexión física para la CCIR 601. Define el conector paralelo así como también el borrado, sincronía y esquemas de multiplexión utilizada en ambas interfaces serial y paralela.

**GENERADOR DE CARACTERES** - Una computadora usada para generar texto y algunos gráficos para subtítulos de video.

**CODIFICACION DE CANAL** - Describe la manera de como los 1s y 0s del flujo de datos son representados en la transmisión.

**CLOCK RECOVERY** - La reconstrucción de la información de sincronización de datos digitales.

**CLOCK JITTER** - Incertidumbre en la sincronización de los flancos de los datos en una señal digital.

**COAXIAL** - Una línea de transmisión con un par de conductores concéntricos portadores de una señal. Contiene un conductor interno y uno externo con un revestimiento metálico, el cual ayuda a prevenir que interferencias externas afecten la señal que lleva el conductor interno y minimice radiación de la señal de la línea de transmisión.

**CODIFICACIÓN** - Representación de cada nivel de una señal por un número, generalmente binario.

**COMPONENTE ANALÓGICO** - La decodificación de la salida de una cámara, una máquina grabadora de video, etc., consiste de tres señales de color: rojo, verde y azul (RGB) que juntas llevan toda la información de la imagen. En algunos formatos de video por componentes, estas tres señales han sido traducidas en una señal de luminancia y dos señales diferencia de color.

**COMPONENTE DIGITAL** - Es la representación digital de las señales de componentes analógicos.

**COMIENZO DE VIDEO ACTIVO -** (SAV (Start of Active Video)). Es el comienzo de video activo en sistemas por componentes digitales.

**COMPUESTO ANALÓGICO -** Es una señal de video codificada, tal como NTSC, que incluye información de sincronización horizontal y vertical.

**COMPUESTO DIGITAL -** Es una señal de video codificada digitalmente, tal como NTSC, que incluye información de sincronización horizontal y vertical.

**CONTOURING -** Defectos en la imagen de video debido a niveles demasiado grandes en la cuantificación. El defecto es imágenes escalonadas y zonas con abrillantamiento.

**CORRECTOR DE BASE DE TIEMPO (TBC) -** Dispositivo utilizado para corregir errores de base de tiempo y estabilizar la sincronización de la salida de video de una máquina grabadora de cinta.

**CROMINANCIA -** Es referente a la información de color en una imagen de televisión. La crominancia, se separa en dos señales: saturación y tinte.

**D1 -** Formato de grabación de video digital por componentes que utiliza datos conforme al estándar CCIR-601. La grabación se realiza en cinta magnética de 19mm. (Termino utilizado incorrectamente para indicar video digital por componentes).

**D2 -** Formato de grabación de video digital compuesto que utiliza datos conforme al estándar SMPTE 244M. La grabación se realiza en cinta magnética de 19mm. (Termino utilizado incorrectamente para indicar video digital compuesto).

**D3 -** Formato de grabación de video digital compuesto que utiliza datos conforme a la recomendación SMPTE 244M. La grabación se realiza en cinta magnética de 1/2 pl.

**DELAY -** Es el tiempo requerido por una señal para pasar a través de un dispositivo o conductor.

**DESERIALIZADOR -** Es un dispositivo que convierte la información digital serie en paralelo.

**DISTORSIÓN DE FASE -** Es un defecto en la imagen debido a retardos desiguales de diferentes componentes de frecuencia de la señal. El defecto en la imagen son franjas oscuras o brillantes en los bordes donde el contraste cambia abruptamente.

**DITHER -** Típicamente es una señal de bajo nivel la cual puede sumarse a una señal análoga antes del muestreo para lograr más niveles de cuantización. Frecuentemente consiste de ruido blanco.

**DVTR -** Abreviación de digital video-tape recorder (grabación digital en video-cinta).

**EAV -** (End Active Video). Fin del video activo en sistemas digitales por componentes.

**EBU -** (European Broadcast Union). Unión Europea de Broadcast. Organización europea que, entre otras actividades, hace normas técnicas y recomendaciones para el sistema de televisión de 625/50 líneas.

**EBU TECH 3267 -** La recomendación de EBU para la interface paralela de una señal digital de video de 625 líneas. Es una revisión de la norma EBU 3246-E que a su vez se derivó de la CCIR 601 y contribuyo al estándar CCIR 656.

**EQUALIZACION (EQ) -** Es el proceso de alterar la respuesta de frecuencia de un amplificador de video para compensar las perdidas de altas frecuencias en un cable coaxial.

**EFEKTOS MULTI-CAPA -** Es un término genérico para un sistema de mezcla y efectos (switcher) que permite a múltiples imágenes ser combinadas dentro de una imagen compuesta.

**EMBEDDED AUDIO** - Audio digital multiplexado en el flujo de datos digital serie.

**ERROR DE FASE** - Un defecto en la imagen debido al incorrecto tiempo relativo de una señal en relación a otra señal.

**FASE DIFERENCIAL** - Es un cambio en la fase de la crominancia de una señal de video, debido a un cambio en el nivel de luminancia de la señal.

**FREQUENCY RESPONSE ROLLOFF** - Es una distorsión en un sistema de transmisión donde los componentes de más alta frecuencia no son llevados a su amplitud total original, pudiendo ocasionar pérdidas en la saturación del color.

**GANANCIA DIFERENCIAL** - Es un cambio en la ganancia de la crominancia de una señal de video, debido a un cambio en el nivel de luminancia de la señal.

**GROUP DELAY** - Es un defecto en la señal causado por los diferentes tiempos de retardos de propagación de las diferentes frecuencias de la señal.

**INTERPOLACIÓN** - En video digital, es la creación de un nuevo pixel en la imagen por algún método matemático manipulando valores de pixeles cercanos.

**INTERVALO HORIZONTAL** - (Intervalo de borrado). Es el período de tiempo entre línea de video activo.

**INTERVALO VERTICAL** - Es la información de sincronización que aparece entre campos e indica al haz de electrones de regresar a la parte superior de la pantalla para iniciar otra lectura vertical.

**IO** - Abreviación de INPUT/OUTPUT. Típicamente se refiere al envío de información o señales de datos de y para dispositivos.

**ITU-R** - (The International Telecommunication Union, Radio Communication Sector). Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Radio Comunicaciones.

**JITTER** - Es una variación aleatoria indeseable de la señal con respecto al tiempo.

**LUMINANCIA** - Es la señal que representa la cantidad de luz en una imagen. Es la única señal requerida para imágenes en blanco y negro. Basada en la sensibilidad del ojo a los componentes R, G, B (rojo, verde y azul), se obtiene dicha señal y se define como  $Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$ .

**MODULACIÓN** - Proceso mediante el cual se permite a la información de la señal, ser movida a otras frecuencias de manera que facilite la transmisión.

**MUESTREO ORTOGONAL** - Es un proceso mediante el cual el muestreo repetitivo de una línea de la señal de video, se realiza de tal manera que cada muestra en cada línea se encuentre en la misma posición horizontal.

**NRZ** - (No Regreso a Cero). Un esquema de codificación que es polarmente sensible, 0 = bajo lógico; 1 = alto lógico.

**NRZI** - (No Regreso a Cero Invertido). Un esquema de arreglo de datos de video que es polarmente insensible, 0 = no cambio en la lógica; 1 = una transición de un nivel lógico a otro.

**NTSC** - (National Television Systems Comitee) Comité Nacional de Sistemas de Televisión. Organización que formula estándares para el sistema de televisión NTSC. Ahora describe el sistema americano para transmisión de color que es utilizado principalmente en Norte América, México, Japón y algunos lugares de América del Sur.

**PAL** - (Phase Alternate Line). Línea de Fase Alterna. Es el nombre del sistema de televisión a color en la que el componente V del burst es invertido en fase de una línea a la siguiente, para minimizar errores de fase de color que pueden ocurrir en la transmisión.

**PALABRA DE SINCRONIZACIÓN** -

Un patrón de sincronización de bits, diferente de los patrones de bits de datos normales, utilizado para identificar puntos de referencia en la señal de televisión; también utilizado para facilitar las palabras de cuadro en un receptor serial.

**PANEL DE PARCHEO** - Un método manual de ruteo de señales usando un panel como receptáculo para fuentes y destinos y puentes de alambre para interconectarlos.

**RECKLOCKING** - Es el proceso de sincronizar los datos con una señal de reloj regenerada.

**RGB** - (Red, Green and Blue). Rojo, verde y azul, los tres colores primarios utilizados dentro del sistema de colores aditivos para televisión a color. Son tres señales a color generadas por la cámara y usadas por el monitor de imagen para producir la misma.

**RESOLUCIÓN** - El número de bits (cuatro, ocho, diez, etc.) determina la resolución de la señal digital. 4-bits= Resolución de 1 a 16, 8-bits= Resolución de 1 a 256, 10-bits= Resolución de 1 a 1024. Ocho bits es lo mínimo aceptable para televisión broadcast.

**RUIDO DE CUANTIFICACIÓN** - El ruido (desviación de una señal de su valor original o correcto) que resulta del proceso de la cuantificación. En digital serie, un tipo granular de ruido solamente presente en la presencia de una señal.

**SATURACIÓN** - Es la propiedad del color que describe la cantidad de luz blanca en el color. Colores altamente saturados son vivos, mientras que colores menos saturados aparecen pálidos. Por ejemplo, el rojo es un color muy saturado, mientras que el rosa tiene el mismo tinte pero mucho menos saturado.

**SCRAMBLING** - Transponer o invertir datos digitales de acuerdo a un esquema pre-arreglado, para disolver los patrones de baja frecuencia asociados con señales digitales serie y tener una mejor distribución espectral.

**SECAM** - (Séquentielle Couleur a Mémoire). Secuencia de Colores en Memoria.

**SERIALIZADOR** - Es un dispositivo que convierte la información digital paralelo a digital serie.

**SMPTE** - (Society of Motion Picture Television Engineers) Sociedad de Ingenieros en Televisión y Cine. Una organización profesional que recomienda estándares a la industria televisiva y filmica.

**SMPTE 125M** - Define los parámetros necesarios para generar y distribuir video por componentes en una interface paralela digital.

**SMPTE 244M** - Define los parámetros necesarios para generar y distribuir video compuesto en una interface paralela digital.

**SMPTE 259M** - Es la practica recomendada por la SMPTE para interfaces digitales serie por componente y compuesto de 525 líneas.

**STILL STORE** - Dispositivo para almacenaje de cuadros de video.

**SUBPORTADORA** - Señal de alta frecuencia que superpuesta en una señal de televisión blanco y negro, lleva información de color.

**TELECINE** - Dispositivo para capturar películas de cine como una señal de video.

**TELEVISIÓN AVANZADA (ATV)** - Un estándar propuesto para televisión futura de broadcast con resolución más alta y mejor color.

**TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN**

**(HDTV)** - Un nuevo estándar que tiene 1125 líneas, relación de aspecto de 16 : 9, y una calidad de imagen grandemente mejorada.

**TRF** - (Timing Reference Signal). Señal de sincronización de referencia en sistemas compuestos digitales (su tamaño es de 4 palabras de longitud).

**TRF-ID** - (Timing Reference Signal Identification). Señal de referencia utilizada para mantener la sincronización de en sistemas compuestos digitales (su tamaño es de 4 palabras de longitud).

**TRUNCACIÓN** - Eliminación del bit significativo más bajo en un sistema digital. Resultando usualmente en ruido digital.

**VTR** - (Video Tape Recorder). Un dispositivo el cual permite a las señales de audio y video ser grabadas en cinta magnética.

**Y, C<sub>R</sub>, C<sub>B</sub>** - La luminancia y señales de diferenciación de color digitales dentro de la codificación de la CCIR 601. La señal de luminancia Y es muestreada a 13.5 MHz y las dos señales de diferenciación de color son muestreadas a 6.75 MHz. C<sub>R</sub> es la versión digitalizada del componente analógico (R-Y), de la misma forma C<sub>B</sub> es la versión digitalizada de (B-Y).

**YIQ** - Abreviatura común pero incorrectamente usada para describir la luminancia análoga y las señales de diferenciación de color en sistemas de video por componentes. "Y" es correcto para luminancia pero "I" y "Q" son los dos índices de modulación de la subportadora ("I" En fase y "Q" Cuadratura) utilizados en el sistema de codificación a color de NTSC. Versiones filtradas y a escala de las señales de diferenciación de color R-Y y B-Y son usadas para modular la subportadora de NTSC dentro de los índices I y Q respectivamente.

**Y, (R-Y), (B-Y)** - Estas son la luminancia análoga Y, y las señales de diferenciación de color (R-Y) y (B-Y) de video por componentes. "Y" es información de luminancia pura, mientras las dos señales de diferenciación de color juntas proveen la información de color. Las dos últimas son la diferencia entre color y luminancia: rojo - luminancia y azul - luminancia. Estas señales son derivadas de la fuente original RGB

**4fsc** - Frecuencia de muestreo de cuatro veces la frecuencia del subcarrier, utilizada en sistemas digitales compuestos. Para NTSC es 14.3 MHz. Para PAL es 17.7 MHz.

**4:2:2** - Un término comúnmente usado para un formato de video digital por componentes. El detalle del formato esta especificado en el documento del estándar CCIR-601. Los números 4:2:2 denotan las relaciones de las frecuencias de muestreo del simple canal de luminancia y los dos canales diferencia de color. Por cada cuatro muestras de luminancia, hay dos muestras de cada canal de diferencia de color.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**GRASS VALLEY GROUP INC.**, NTSC Studio Timing Principles and Applications, Manual ISSUE 3 1988.

**GRASS VALLEY GROUP INC.**, Designing Digital Systems, Manual ISSUE A 1993.

**TEKTRONIX**, Digital Television Systems and Measurements, Manual ISSUE 1994.

**LEITCH HEDCO COMPANY**, An Introduction to Digital Television Systems, Manual ISSUE 1994.

**SONY CORPORATION**, Digital 101, Seminario sobre Tecnología Digital, EDICION 1991.

**SONY CORPORATION**, Digital Audio Basics, Manual ISSUE 1991

**TEKTRONIX**, Seminario sobre Tecnología Digital en el Estudio, EDICION 1995

**SMPTE Journal**, Digital Video, Selections for Frank Davidoff, John Rossi and Charles Rubinstein.

**QUANTEL COMPANY**, Digital Fact Book, EDITION 7 1994

**INSTITUTO OFICIAL DE RADIO Y TELEVISIÓN DE ESPAÑA**, Televisión Digital por RTVE, Ing. Willy De Boeck.

**MISCHA SCHWARTZ**, Transmisión de Información, Modulación y Ruido, Mc Graw Hill, Tercera Edición.