

163
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMA DE TELEVISION DIRECTA POR SATELITE

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA ELECTRONICA
MODULO COMUNICACIONES
P R E S E N T A N :
JAIME VAZQUEZ ROSAS
JOSE LUIS VILLEDAS MORALES

DIRECTOR: M.C. SALVADOR LANDEROS AYALA



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos:

A mi querida Sra. Madre y a la memoria de mi Sr. Padre a quienes debo todo el amor, ejemplo y consejos que hicieron de mí un hombre de bien y útil a la sociedad.

Jaime Varques Rosas.

Agradecimientos y Dedicatorias.

A mis padres:

El Sr. Teófilo Villalobos Carrasco y a mi Sra. Madre Juana Morales Barrera
Por haber estado conmigo en todas mis trianfas y fracasos; a su guía y consejos debo mi formación
como persona y como profesionista mil gracias por todo esto y más.

A mis Hermanos y Familia:

Holanda, Aurora, Refugio, María T. María José, Justino, Juan C. C.
Alberto, Guby, E. Abel y demás familiares, gracias por el apoyo que me dieron y compartir
conmigo los buenos y malos momentos.

A todos mis compañeros, amigos y persona que me ayudaron con una palabra de aliento a lo
largo de mi vida.

A quien con comprensión y paciencia toleró mi estado de ánimo cuando la presión me agobiaba.

José Luis Villalobos Morales.

Agradecimiento Especial:

Al Ing. Mario A. Ibarra Porozza, por su paciencia, consejos y facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

Al M. C. Salvador Landeros Ayala por su interés en la realización de la presente tesis.

A todos mis profesores que debemos parte de nuestra formación personal y profesional.

A la facultad de Ingeniería por todo el conocimiento adquirido en sus aulas.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por habernos permitido ser parte de ella.

Al Ing. Gerardo Gudiño Flores por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo.

*Juana Vazquez Rosas.
José Luis Villodas Morales.*

INDICE:

	Página
I. - Introducción	1
1. - Normas y Estándares para la Televisión	2
2. - Tecnología Analógica	7
3. - Tecnología Digital	13
4. - Televisión de Alta Definición	26
5. - Clasificación de los Servicios por Satélite	31
6. - Segmento Espacial	34
7. - Segmento Terrestre	43
8. - Cálculos de Enlace	52
9. - Televisión Directa en el Mundo	59
10.- Costos	65
11.- Aplicaciones	67
12.- Conclusiones	68
13.- Bibliografía.	70
14.- Anexo	i

INTRODUCCION

Una aplicación común en las comunicaciones vía satélite es la radiodifusión, este servicio al igual que todo desarrollo tecnológico ha evolucionado, iniciando en la banda S, donde dada las características y costos de los equipos terminales, únicamente inyectaba señal a estaciones reemisoras de televisión, lo que estrictamente no es radiodifusión, posteriormente el servicio emigra a la banda C y algunas emisiones están disponibles al público que cuente con estaciones TVRO pero bajo la modalidad de FSS. Actualmente la banda Ku también presta el servicio de radiodifusión, con la variante de estar reconocido como un servicio propio, llamado BSS, pero esta clasificación tiene el inconveniente de englobar tanto al servicio de radiodifusión comunitaria como radiodifusión individual y ambos presentan diferentes características como se menciona en el capítulo V. comúnmente al servicio BSS individual se le conoce como Direct Broadcast by Satellite (DBS) con el fin de no confundirlo con el BSS comunal. El servicio DBS presenta la particularidad de necesitar transponder con potencias mayores a 100 Watts, pero lo anterior no implica que el transponder no pueda proporcionar otro tipo de servicio, por lo que la aplicación final dependerá solo del usuario.

Ventajas del Sistema "DBS"

- Aumento del número de programas de televisión nacional, ya que el satélite aumentará con mucho los canales de televisión en diferentes zonas que tenga cobertura.
- Mejoramiento del servicio de radiodifusión, ya que el número de canales ofrecidos será mucho mayor que los que existen en la banda VHF y UHF, la competencia entre ellos obligará a mejorar la calidad y diversidad de la programación.
- Evolución a otros sistemas de televisión, con esta nueva tecnología, quedará abierta la posibilidad de ofrecer nuevos servicios de televisión, como la televisión de alta definición o en un futuro la televisión interactiva, para aquellos usuarios que tengan el equipo adecuado para recibirlos, lo que es imposible en los sistemas tradicionales de radiodifusión debido a la incompatibilidad entre los nuevos servicios y la tecnología existente.
- Los gastos de explotación del servicio por satélite son muy reducidos, ya que se limitan solo a la estación terrena principal y la estación de control.
- Garantía de funcionamiento estable en la zona de cobertura.

Desventajas del sistema "DBS"

- La televisión directa por satélite exige una gran inversión inicial, contrariamente a lo que ocurre con la radiodifusión clásica, cuyas instalaciones pueden realizarse en fases de acuerdo a los recursos disponibles.
- Las redes terrestres están expuestas a numerosas averías de diverso origen cuyas consecuencias se limitarán a la zona donde ocurra el desperfecto, cuando el satélite sale de servicio por cualquier causa, todo el sistema también se pierde, esta eventualidad es muy poco probable que ocurra, pero existe el riesgo.
- Desde el punto de vista de reparación, las redes terrestres pueden ser reparadas mediante equipos de reserva o directamente sobre el equipo dañado, con interrupciones de breve duración. Por lo contrario, una avería en el satélite afectaría todo el sistema y no puede ser reparada, aunque es conveniente decir que la probabilidad de que esto ocurra es mínima, gracias a que los satélites cuentan con respaldo en los sistemas más críticos.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar las características de los sistemas de televisión directa por satélite conocido en inglés como Direct Broadcast by Satellite (DBS), así como el estado que guardan a nivel mundial. El servicio DBS no es nuevo, como pretenden presentar actualmente las compañías que lo comercializan en México, y su origen se remonta a los 80's, y actualmente Japón junto con varios países de Europa prestan el servicio al público. La importancia de que algún país preste este servicio, como entidad gubernativa, privada (nacional o internacional) o una combinación de las anteriores dependerá de sus prioridades de comunicación, ya que el servicio puede incentivar a la industria nacional si se cuenta con el desarrollo tecnológico adecuado o mínimamente como nivelador de los equipos, aunque también le puede ser indiferente debido al gran costo de la infraestructura, el estado de arte del sistema y quizá el hecho más importante, sea la aparición de algún otro sistema que relegue este servicio (en los 80's fue la aparición de la VCR y actualmente existe la posibilidad de que sea RDSI o el sistema de distribución multicanal multipunto SDMM).

CAPITULO I

NORMAS Y ESTANDARES

PARA LA TRANSMISION DE

TELEVISION

NORMAS Y ESTÁNDARES PARA LA TRANSMISIÓN DE TV

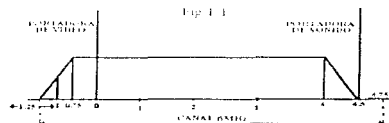
En términos generales diremos que la señal de televisión es una señal compuesta de tres señales: señal de video, señal de audio y señal de sincronía. La primera contiene el equivalente eléctrico de la imagen que ha sido enfocada en la cámara de televisión, y que después de ser transmitida se reproduce en la pantalla de la televisión. La segunda contiene la información de sonido relacionada con la señal de video y la última señal, es una señal que se superpone a la señal de video para mantener sincronizada la señal que se está reproduciendo en el receptor de televisión, con la señal que está siendo tomada por la cámara de televisión. Actualmente hay cinco sistemas diferentes de televisión en el mundo, de los cuales los principales son los sistemas americanos (FCC) en receptores monocrómaticos y NTSC para color y los sistemas Europeos (CCIR para los receptores monocrómaticos y PAL en los de color), cabe mencionar que Francia junto con parte de Bélgica, usan su propio sistema, conocido como SECAM para las transmisiones de color. Rusia, emplea un sistema CCIR para las transmisiones monocrómicas y SECAM para las de color. En la televisión a color fue necesario definir los colores a partir de algún parámetro característico y cuantificable, los parámetros seleccionados son: el tinte, la saturación y la brillantez. El tinte está definido por la longitud de onda o la frecuencia de la radiación monocrómica que da origen a un determinado color. Los distintos tintes son el resultado de la acción de las diferentes longitudes de onda que llegan al ojo humano. La saturación indica la cantidad de luz blanca que ha sido agregada a un color puro, cuando la saturación es 100% indica que ninguna cantidad de luz blanca está presente. La brillantez o intensidad representa la cantidad de luz que es recibida por el ojo.

En la radiodifusión de televisión a color hay diferentes técnicas en el mundo como se mencionó anteriormente, todas ellas separan la información de luminosidad de la información cromática, transmitiendo el color mediante dos parámetros: el tinte y la saturación, que modulan una subportadora que se encuentra localizada en el límite superior de la banda de video. La diferencia entre ellas consiste en la forma en la cual cada una procesa el tinte y la saturación.

NTSC

El sistema NTSC de televisión en color fue desarrollado en 1953 por el National Television System Committee (NTSC) en América, con la finalidad de introducir un sistema de televisión a color y que la señal de TV siguiera siendo compatible con el sistema monocromo existente, en la tabla se dan los principales parámetros y en la figura 1.1 se proporciona su espectro.

Líneas	525
Ancho de banda de video	4 MHz
Ancho total del canal	6 MHz
Portadora de sonido	4.5 MHz
Frecuencia de líneas	15.75 MHz
Frecuencia de campos	60 Hz
Modulación de portadora de video	Negativa
Modulación de portadora de sonido	FM



En este sistema la amplitud del plano del primer IQ es utilizado para mandar información de saturación y la fase para mandar la información de tinte y la subportadora es suprimida, esto obliga a tener un medio para sincronizar el demodulador de color, este medio es el envío de una ráfaga de color en el umbral posterior de cada señal de sincronía horizontal, consistente en 8 ciclos de la frecuencia subportadora de color.

Calidades y defectos del sistema NTSC:

1. El NTSC es el más simple de todos los sistemas clásicos de TV color, lo que le otorga un atractivo especial tanto en el ámbito de la fabricación de equipos de producción como en la industria del receptor.
2. Presenta la ventaja de que en la producción de programas, los procesos de cortar, mezclar, fundidos de imágenes, etc., son sencillos y no requieren tratamientos especiales.
3. La compatibilidad directa entre la señal de color NTSC sobre un receptor monocromo y viceversa es aceptable.
4. En NTSC el color se representa por la diferencia de fase entre las oscilaciones de la sinusoide o burst y el vector de luminancia, si durante la transmisión el desfase producido por las salvas no es idéntico al producido por el vector de crominancia (error de fase diferencial) se origina un cambio o viraje de color, lo cual es una gran desventaja.

PAL

El sistema PAL se implementó en Alemania e intenta corregir la principal desventaja del sistema NTSC dada por los errores de fase ocurridos entre la subportadora generada localmente en el receptor y la formada en la transmisión lo que cambia el tono de la imagen. Las razones para que ello ocurra son de dos tipos:

- Incorrecta sincronización del oscilador de subportadora en el receptor que establece una falsa fase para la subportadora de referencia, respecto al vector de crominancia transmitido
- Errores de fase diferencial durante la transmisión al vector de crominancia

La idea básica del PAL consiste en invertir una de las componentes del vector de crominancia línea a línea para corregir estos errores de ahí su nombre Phase Alternation Line (PAL). Para comenzar el estudio de PAL son necesarias las siguientes cuestiones:

- El vector de crominancia en la habitual modulación de cuadratura posee dos componentes según dos ejes a 90° , y que en el caso del PAL, están en la dirección (B-Y) y (R-Y) sin el empleo del recurso de 33° de cambio de ejes empleados en el NTSC. Los diferentes anchos de banda de los canales I y Q se normalizan en el PAL ambos a 1 MHz, aparte de que la propia filosofía intrínseca del PAL de autocorrección de errores de fase en la transmisión no requiere mayores consideraciones respecto a la agudeza visual del ojo humano a las variaciones de tono.
- Que la componente de crominancia según la dirección del eje R-Y es la elegida para su cambio de signo línea a línea. Según esto la señal de vídeo total PAL de transmisión es:

$$1 + 0.877(E_R - E_Y) \cos \alpha + 1 + 0.49(E_R - E_Y) \sin \alpha + 1$$
- Estadísticamente se admite que el valor de la crominancia en módulo y argumento varía muy ligeramente de una línea a la siguiente.

Un error de fase diferencial (desfase experimentalmente por las salvas no idéntico al experimentado por el vector de crominancia por responder la transmisión con desfase diferente en función del nivel de luminancia) significaría que el vector de crominancia recibido está girado, por ejemplo, un ángulo β respecto al vector de crominancia transmitido OE_n en el sistema NTSC este error se traduciría en un viraje del tono en la recepción.

En EI como muestra la figura 1.2 la línea $n+1$, el vector de crominancia OE_{n+1} transmitido le corresponde el vector de crominancia recibido OC_{n+1} el cual ha sufrido el mismo error β que el OC_n correspondiente a la línea anterior. Según la hipótesis del teorizador, si en la recepción se cambia el signo de la componente R-Y del vector OC_{n+1} , se obtiene el OC'_{n+1} que forma con OE_n un ángulo $-\beta$, si ahora sumamos $OC_n + OC'_{n+1}$, se observa que el resultado tiene la misma dirección que OE_n y por consiguiente se ha cancelado el error de la transmisión. Es así como la fase diferencial β es eliminada gracias a la conmutación a línea alterna de la componente (R-Y) y a la conmutación en sentido inverso de (R-Y) realizada en el receptor.

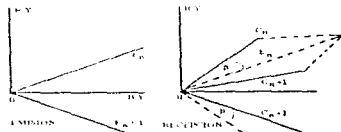


FIGURA 1.2

Comúnmente se omite $\cos \alpha$ y $\sin \alpha$ que idéntica a la subportadora, así como a los coeficientes ponderados. La señal $E_R - E_Y$ y $\pm(E_R - E_Y)$ identifica a las componentes de crominancia (ya moduladas), por lo que las 3 señales de transmisión en PAL son:

$$\begin{aligned} E_Y &= 0.493(E_R - E_Y) \\ V &= 0.877(E_R - E_Y) \end{aligned}$$

El uso de las letras U y V se debe a la UER (Unión Europea de Radiodifusión) en su normativa del PAL en 1966. Observamos que si β fuera 0, o sea, que no hubiera ningún desfase en la transmisión, entonces, el vector resultante sería $2C_n$, pero cuando existe error, el factor resultante vale $2C_n \cos \beta$ que es menor que $2C_n$.

Por consiguiente ha disminuido el módulo del mismo, pagándose el precio de una desaturación. Afortunadamente la agudeza del ojo a los cambios de saturación es mucho menor a los cambios de tono. Por ejemplo, un error de 10° representa una desaturación 1.5%, ciertamente imperceptible, pero no así el cambio de tono que supone dicha cifra.

En el sistema PAL, la misión de las salvas es la misma que en el NTSC, esto es, la puesta en fase del oscilador local. Sin embargo, tenemos que distinguir las líneas pares de las impares, y ello se puede encomendar a las salvas, puesto que cada línea lleva tales ciclos en su pático trasero. Por esta razón en PAL, el burst se modula alternativamente a $+45^\circ$ y -45° línea tras línea. Una de sus componentes define permanentemente la dirección del eje $-(B-Y)$ y la otra componente alterna línea a línea en la dirección $\pm (R-Y)$.

Cualidades y defectos del sistema PAL:

A título de guía se dan los siguientes puntos a considerar para el sistema PAL, comparado con el NTSC y SECAM.

- 1.- El PAL, resuelve el principal defecto del NTSC, o sea, el viraje de tonalidades por errores de fase en la transmisión cancelando como consecuencia en el receptor el mando BLUE (nulo) que en el NTSC establece una decisión subjetiva del mismo por parte del telespectador.
- 2.- La compatibilidad directa e inversa en el PAL es excelente, ya que los componentes E_R , E_Y son puros para los colores poco saturados que normalmente se dan en la naturaleza. Además la modulación es con portadora suprimida, lo que supone un mínimo patrón interferente especialmente en imágenes poco coloreadas. Sin embargo, el patrón interferente de PAL es más molesto que el NTSC.
- 3.- El PAL-D, normalmente utilizado a nivel doméstico, hace uso de una línea de retardo y de circuitos sumadores y restadores que encarecen el receptor en aproximadamente el 5%, respecto a su homólogo NTSC.
- 4.- La manipulación de señales codificadas PAL en servicios de mezcla, cortes, fundidos, etc., es al igual que en el NTSC muy simple y no requiere adaptar decodificadores ni otros recursos especiales.
- 5.- En el ámbito de la producción, los equipos PAL, resultan más complejos que sus homólogos NTSC, especialmente en los relativos a los magnetoscopios y periféricos (TBC, correctores de drops, etc.).
- 6.- La repetición de la estructura de la señal PAL, teniendo en cuenta la correcta fase subportadora-sincronismo de línea (S_1-H) es de 8 campos. Esto presenta inconvenientes en la edición que no tienen los sistemas NTSC y SECAM.

SECAM

La diferencia fundamental entre el sistema SECAM y el NTSC o PAL, es que mientras los últimos transmiten simultáneamente las dos componentes de crominancia, el SECAM es un sistema secuencial a memoria esto es, que las dos señales de crominancia se envían secuencialmente, lo que hace indispensable la presencia de una línea de retardo en el receptor que actúa como memoria. Esto implica que la resolución vertical del sistema de crominancia es mucho menor que la del sistema de luminancia, y que el color de una línea depende de la señal de crominancia correspondiente a esa línea más la señal de crominancia que corresponde a la línea precedente del mismo campo, esto es, teniendo en cuenta el entrelazado de dos líneas más atrás de la imagen.

Para la mayor parte de las escenas naturales, este recurso origina la degradación en la resolución cromática vertical que no es mayor que la originada por la restricción de la banda de transmisión de la crominancia en el sentido horizontal sin embargo, cuando la imagen se compone de numerosas franjas horizontales de diverso color, se observan fenómenos de batido entre líneas avanzadas que resultan desagradables (recuérdense que en el PAL, este fenómeno es menor porque ambas señales componentes de la crominancia se transmiten inintermitentemente).

SECAM III (transmisión general):

La señal de luminancia se transmite de una forma normal, y una subportadora se utiliza para transmitir las señales de diferencia de color E_R-E_Y y E_B-E_Y , en líneas alternantes. En virtud de que solamente una señal de crominancia se transmite cada vez, no es preciso utilizar los métodos de modulación en cuadratura del NTSC o PAL. Esto conduce por una parte a una simplificación apreciable de los circuitos y evita todos los "problemas de crosstalk" entre canales de crominancia.

Los conocidos recursos de preénfasis y deénfasis utilizados en toda modulación de FM se utilizan aquí para mejorar la relación señal/ruido. En el decodificador, la subportadora pasa a través de un circuito de deénfasis y se usa una línea de retardo de forma que nunca faltan dos señales diferentes de color a la entrada de los demoduladores que operan sobre el cinescopio.

A causa de que las dos señales de crominancia se manejan por el mismo circuito desde que se conmuta en el conmutador del codificador, hasta el conmutador del decodificador, a la entrada de los discriminadores, los anchos de banda serán necesariamente iguales para ambos canales. Esto por otra parte significa que no tiene cabida en el SECAM la filosofía de los eje I y Q del NTSC o U y V del PAL.

SECAM III A:

Las modificaciones introducidas en el SECAM III A se refieren exclusivamente a los valores de los parámetros manejados por el sistema, de acuerdo con las experiencias realizadas en el SECAM III.

Estas variaciones alcanzan a:

- 1.- La curva deénfasis y preénfasis, ha sido fuertemente modificada en el SECAM III A.
- 2.- El video preénfasis y por consiguiente su homólogo el deénfasis fueron igualmente disminuidos. El valor de la constante de tiempo de 0.4ms fue aumentado a 0.62ms.
- 3.- La amplitud de la subportadora de crominancia es de $\pm 160mV$ computado con 0.7 V de la luminancia.
- 4.- La normativa final para la crominancia es:

Para el rojo:

$$D'_{Rc} = +1.9 (E'_{Rc} - E'_{Rc})$$

Frecuencia de subportadora en reposo para:

$$D'_{Rc} = 0, F_{Rc} = 4.40625MHz$$

Desvío normal de frecuencia para: $D'_{Rc} = \pm 1$

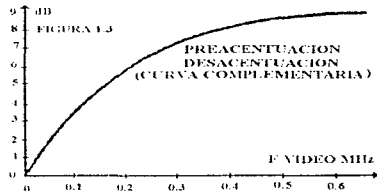
$$\Delta F_{Rc} = \pm 280KHz$$

Para el azul:

$$D'_{Bc} = +1.5 (E'_{Bc} - E'_{Bc})$$

$$F_{Bc} (\text{reposo}) = 4.25MHz$$

$$\Delta F_{Bc} (\text{desvío normal } D'_{Bc} = \pm 1) = \pm 230KHz$$



MAC-PAQUETES

Sus miembros son el C-MAC/PAQUETES, apropiado para la radiodifusión directa por satélite con ocho sonidos digitales, el D-MAC/PAQUETES, adecuado para la distribución por cable, con canales de por lo menos 10.5MHz de ancho de banda con capacidad para portar toda la información contenida en el C-MAC/PAQUETES y por último el D2-MAC/PAQUETES recomendado por la industria europea y alternativamente por la UER que presenta el mismo ancho de banda de video que el C-MAC, pero solo 4 canales de sonido digital, sistema candidato tanto a la radiodifusión directa por satélite como a la distribución por cable en canales de 7 u 8MHz de ancho de banda, este sistema postula como estándar para transmisiones terrestres de televisión e incluso como norma para los nuevos tipos de videograbadoras domésticas.

La nomenclatura utilizada por la UER para designar los diferentes sistemas es:

Sistema A:

Multiplexaje de frecuencia en banda base. La portadora principal se modula por la señal de imagen, mientras que la información de sonido, analógica o digital modula una subportadora (fig. 1.4). El sistema A-MAC tiene aplicaciones

terrenas en AM, pero no es apropiado para los satélites que usan FM, en la que la distribución del ruido es triangular y los niveles de recepción son muy débiles.

Sistema B:

Multiplexaje de tiempo en banda base de las señales de imagen y de sonido. La señal de sonido se transmite durante los intervalos de borrado de línea y de campo. Esta señal combinada modula a una portadora principal (fig. 1.5), el sistema es apropiado en los sistemas por satélite.

Sistema C:

Multiplexaje de tiempo en radio frecuencia (TDM/RF). La portadora se modula en frecuencia por los componentes analógicos de imagen durante una parte del tiempo de línea y digitalmente durante la otra parte con un multiplexaje de sonidos y datos (fig. 1.6).

Este sistema no es apropiado para las redes terrenas, aunque es el que mejor utiliza el espectro de RF, presenta la desventaja de necesitar moduladores y demoduladores diferentes para la imagen y el sonido.

Sistema D:

Es del tipo B, con la variante de codificar los datos y canales digitales de audio en "dualbinario", tiene un ancho de banda de 10.5 MHz, y es muy apropiado para satélites, pero puede tener problemas al distribuirlo por redes terrenas o por cable de banda más estrecha.

Sistema D2:

Es un sistema "D" pero con la mitad de canales de audio y datos. El D2-MAC puede transmitirse por un cable de 8MHz, lo que le confiere el extraordinario atractivo de una multiplicidad de usos. Incluso si se limita a su ancho de banda a 5MHz, la calidad de imagen y sonidos es muy superior a la de los sistemas actuales de televisión.

El D2-MAC es idéntico al D-MAC excepto en la velocidad binaria de su ráfaga o burst digital de sonidos y datos es de la mitad, lo cual divide en dos también su capacidad (cuatro canales en lugar de ocho). En los tres sistemas básicos C, D y D2, la imagen se codifica en MAC. En principio, la calidad debe ser la misma, y existe el propósito de que lo sea en futuras expansiones. No obstante el filtro necesario en la modulación AM con la banda vestigial (AM/SSB) requerido para ubicar la señal en el ancho de banda de un canal de 8MHz conduce a una pérdida significativa de definición horizontal.

Una cuestión interesante de todos los sistemas MAC, es que no presentan inconvenientes a los filtrados de señal de imagen, ya que las altas frecuencias no contienen información entrelazada alguna como ocurre en la crominancia de los sistemas actuales. Por tanto un filtrado solamente supone limitar la resolución sin eliminar componentes visuales.

La mejora en la calidad del sonido se consigue por la codificación digital, con frecuencias de muestreo de 32 KHz o 16 KHz para señales de sonido como comentarios para las que resulta aceptable un reducido ancho de banda. La resolución es la que corresponde a 14 bits por muestra en codificación lineal aunque se usa una reducción de 14 a 10 bits por muestra (sistema comúnmente denominado NICAM). En cuanto a la protección de errores se utilizan dos métodos o bien un bit de paridad por muestra o un código de Hamming que cubre los bits más significativos de las muestras. Para finalizar diremos que un nuevo estímulo para el desarrollo del MAC radica en las expectativas que plantea la implantación en fases de la HDTV.



FIGURA 1.4

SISTEMA B

MULTIPLICA DEL TIEMPO DE BORRADO DE LINEA Y DE CAMPO

ADAPTACION

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

VIDEO

AUDIO

+

MODULADOR

PORTADORA PRINCIPAL

SALIDA

CAPITULO II

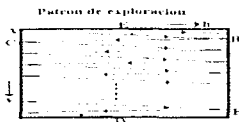
TELEVISION ANALOGICA

TELEVISIÓN ANALÓGICA

La televisión analógica se refiere al hecho de manejar la señal de televisión tal como la genera el transductor (cámara de televisión) y no realizar ningún proceso de digitalización, es decir, que la información de imagen, sincronía y audio se encuentra en la forma de onda asociada a cada señal.

La señal de video se obtiene a partir de una imagen óptica formada en el fotocátodo del tubo de una cámara, si consideramos esta imagen como un patrón de intensidad monocromática con movimiento libre $I(h, v)$, donde h y v son las coordenadas horizontal y vertical, la conversión de $I(h, v)$ a una señal $x(t)$ y viceversa, requiere de un proceso discontinuo de mapeo, como la trama de exploración que se realiza mediante un haz de electrones, y que resulta en una variación de voltaje, proporcional al brillo instantáneo del elemento de imagen o "pixel". La imagen es barrida por el haz de electrones, con un movimiento que inicia en la esquina superior izquierda (punto A) moviéndose hacia la derecha y ligeramente hacia abajo, con velocidades horizontal y vertical constantes y diferentes, siguiendo la trayectoria AB. Así, si sh y sv son las velocidades de exploración horizontal y vertical, la salida del explorador es la señal de video, $x(t) = I(sh t, sv t)$ puesto que $h = sh t$ y $v = sv t$.

Cuando se alcanza el extremo derecho, el haz regresa rápidamente a una posición inferior a la inicial y de nuevo se repite el movimiento hacia la derecha y ligeramente hacia abajo. Este proceso se repite hasta alcanzar la parte inferior de la imagen (punto D). En este punto el haz regresa a la parte superior de la imagen (que puede ser el mismo punto A u otra diferente, por ejemplo el punto E), reiniciándose el barrido, como muestra la figura derecha.



En el aparato receptor, la imagen se reconstruye en el cinoscopio por medio de un haz de electrones que se mueve de manera sincronizada con el haz en el tubo de la cámara. La pantalla brilla con una intensidad que depende de la intensidad del haz de electrones, manteniéndose este brillo un tiempo determinado. Este efecto, combinado con la persistencia de visión del ojo humano, ocasiona al observador la impresión de ver en la pantalla una imagen completa. Si además una sucesión de imágenes se muestra rápidamente, alterada cada una de ellas ligeramente respecto ala anterior, aparece la ilusión de movimiento.

Receptor en Blanco y Negro:

Ignoran la información de crominancia relativa al color (señal C) y aprovechan tan solo la señal de brillo o luminancia (señal Y) que es la única que se necesita para su funcionamiento.

Receptor en Color:

Utilizan las dos informaciones procediendo a deshacer la codificación (descodificación) para recuperar las señales originales RGB que son las únicas que el receptor de color puede interpretar.

Obtención de la Señal Y:

La Televisión a color parte originalmente de las señales RGB que son las que entrega la cámara, luego es necesario transformar estas señales para que a partir de ellas se puedan obtener las señales de luminancia y crominancia. El tratamiento para obtener dichas informaciones es independiente y cada uno de estos dos tratamientos sigue un camino distinto. En realidad para obtener Y se limita a sumar las tres señales RGB con el fin de obtener una señal idéntica a la que se obtiene con una cámara de B/N.

$$Y = R + G + B$$

No olvidemos que estamos tratando con señales eléctricas, llamadas RGB pero que físicamente no pueden tener color por que al fin y al cabo son electricidad. Luego de la suma de estas señales resultará en otra señal eléctrica. La señal que obtendríamos de la suma algebraica de $R + G + B$ no daría sobre un receptor de blanco y negro la misma sensación de brillo que obtendríamos a partir de una cámara de B/N, lo anterior se debe a que el sentido de la visión no responde de igual modo ante los estímulos de los tres primarios RGB siendo mas sensible a la energía de la luz verde, un poco menos al rojo y menor grado al azul.

Por ello, para tratar de adecuar la sensibilidad del ojo a los niveles de energía de los tres primarios es necesario obtener un porcentaje distinto de cada uno de ellos que sea equivalente a la sensibilidad del ojo frente a estos tres primarios, que según las leyes de la visión en color son las siguientes :

59% de la energía de verde
30% de la energía del rojo
11% de la energía de azul

Para los valores absolutos de RGB hay que tomar su parte correspondiente para que la suma de estos porcentajes proporcione una sensación de brillo (visión en B/N) ajustada a la sensibilidad del ojo. Por lo tanto el valor de la señal Y no será el que se dio al principio, sino

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

Todo este proceso está encomendado a la matriz de luminancia, que es un circuito encargado de recibir señales **RGB** obtener sus porcentajes correctos y sumar estas tres señales para obtener la señal **Y**.

Obtención de la Señal C:

Las tres propiedades físicas o atributos que definen un color son

Matric 3

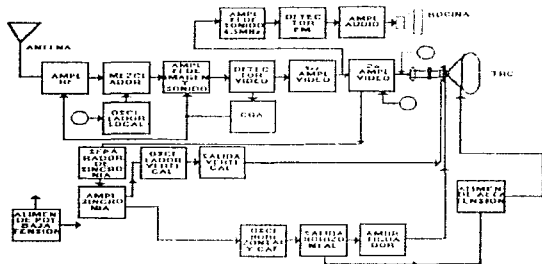
Es sinónimo de "color". Según la teoría ondulatoria, la luz está formada de ondas y la frecuencia de estas ondas cuando inciden sobre el ojo humano, excita las células sensoras, dando al cerebro la sensación de los colores.

Saturación :

Es la propiedad que define la pureza de un color, entendiendo como pureza la ausencia de mezcla con el blanco. Un matiz rojo saturado al cual se le mezcla cierta cantidad de blanco, se convierte en un color que sigue teniendo el mismo matiz rojo, pero está menos saturado.

Brille :

Por esta propiedad estamos percibiendo un color como mas luminoso o mas apagado (intensidad). El brillo esta directamente relacionado con la energia de radiación de dicho color, o dicho de otra forma, con el poder de reflexión de la energía luminosa que pueda recibir.



La TV a color, utiliza las señales **RGB** tratadas en un circuito llamado matriz de crominancia, que mediante combinaciones algebraicas entre estas señales, se obtiene la señal **C**.

Realizado los dos procesos anteriores, nos encontramos con, la señal **Y** que lleva la información del brillo (única necesaria en los receptores monocromo) y la señal **C** que contiene la información del matiz y la saturación ambas señales utilizadas en los receptores de color para recuperar las señales originales **RGB** necesarias para su funcionamiento

Estas dos señales sufren un último tratamiento de codificación en un circuito sumador, que obtiene una señal única, la cual contiene su información destinada al receptor de color **C+Y** y la información para el receptor de blanco y negro **Y**.

Cuando se transmite esta señal múltiple, los receptores B/N ignoran la componente **C** y aprovechan la componente **Y**, mientras que los receptores en color, utilizan la señal completa para recuperar las necesarias señales **RGB** mediante un circuito decodificador instalado en cada uno de los receptores

Amplificador de Radio Frecuencia RF:

La antena capta las señales de televisión de los diversos emisores. Ordinariamente, la fuerza de la portadora es demasiado débil para ser aplicada directamente a la etapa mezcladora. Una función de un amplificador de **RF** es reforzar la portadora de televisión. Sin embargo, la amplificación es una parte de su misión, ya que desempeña otra función igualmente importante

La antena de televisión capta multitud de señales adyacentes al canal deseado, la otra función del amplificador de **RF** es la de contener al dispositivo de sintonía que selecciona solo las portadoras de imagen y sonido del canal de interés.

Sintonizador:

Selecciona y amplifica las señales de **AM** moduladas de video y **FM** moduladas de sonido y las convierte en señales de frecuencia intermedia necesarias para los amplificadores de **FI**. La sección anterior se compone de un sintonizador de **VHF** para los canales 2 a 13 y un sintonizador de **UHF** para los canales 14 a 82

Detector de video:

Extrae la información (demodula el video) de la imagen, proporcionando así una señal de video compuesta para el sistema amplificador de video. Funciona también como mezclador para producir una señal de sonido de 4.5MHz, que eventualmente debe ser amplificada y demodulada en las etapas de sonido. La generación de una señal **FM** de baja frecuencia (4.5MHz) se realiza dentro de la etapa detectora de video, mediante la mezcla de las señales de **FI** de imagen y sonido, que han sido amplificadas en el amplificador de **FI**. La frecuencia diferencia (4.5MHz) es igual a la frecuencia portadora de **FI** de imagen, menos las frecuencias portadoras de **FI** de sonido.

Control Automático de Ganancia (CAG):

Mantiene una salida de imagen substancialmente constante en el detector de video aplicando una tensión de polarización cc negativa variable al transistor **RF**.

Amplificador de Video:

Eleva la señal de video compuesta del detector de video, que es débil, hasta el nivel utilizable para el tubo de imagen. Así mismo, se emplea a veces para amplificar la señal de **FI** de sonido de 4.5MHz.

Canal de Sonido FM:

Esta compuesto de un amplificador de **FI** y un demodulador **FM**, amplifica la señal de sonido **FM** de 4.5MHz en el amplificador de **FI**. El limitador suprime las tensiones de ruido, limitando las variaciones de la amplitud de cresta de la portadora de **FM**. El detector traduce las variaciones de frecuencia en tensiones de audio, para ser amplificadas en el sistema de audio.

Elementos del espectro de una canal de televisión:

Un canal de televisión contiene la frecuencia portadora de video y su información video asociado (bandas laterales) y la frecuencia portadora de audio y sus bandas laterales, siendo su anchura de 6MHz. Esta anchura de banda está normalizada en Estados Unidos y en varios países. La transmisión de video se modula en **AM** y **FM** para el audio, del tipo banda estrecha con desviación de 25kHz a cada lado de la frecuencia portadora de sonido.

Limitador:

La acción limitadora se realiza en el detector de FM. Consiste en recortar las crestas positivas y negativas de la señal de FM de sonido. La señal normal de FM es de amplitud constante, pero es posible que las tensiones de ruido que se originan en diversas fuentes pueden infiltrarse en los circuitos de FM y superponerse a la portadora de FM, modulándola así en FM.

En tanto la modulación de audio aparezca como variaciones en la frecuencia portadora y no como variaciones de la amplitud de la portadora, la reducción de la amplitud cresta a cresta de la portadora no perjudica la efectividad de la señal modulada en frecuencia.

Sincronización:

Es necesaria para que el haz explorador del tubo de imagen corresponda, con precisión, al haz de exploración del tubo de cámara. Los impulsos de sincronismo vertical e igualadores, que forman parte de la señal de video compuesto, son utilizados para la sincronización.

Círculo CAF Horizontal:

Compara la temporización de los impulsos de sincronismo horizontal recibidos con la tensión de barrido aplicada a las bobinas de desviación horizontal, para producir una tensión cc de control que es aplicada al oscilador horizontal.

Círculo de Barrido Vertical:

Los impulsos aumentados en el canal del oscilador vertical desde el amplificador de sincronismo se convierten en impulsos de sincronismo vertical a consecuencia de la acción del integrador, que es una combinación resistencia-capacidad insertada en la vía de los impulsos. Forma parte del conjunto del oscilador de barrido vertical.

La frecuencia del oscilador vertical no solamente debe ser exactamente la utilizada en el transmisor para desviación vertical (60Hz) sino que también debe cambiar instantáneamente en magnitud y sentido, en exacta sincronización con la tensión de barrido vertical actuando sobre el haz del tubo de cámara. Para realizar este barrido vertical con velocidad constante, la forma de onda de la tensión es la de un diente de sierra, en que la porción de larga duración (15.500µseg) determina el barrido del haz hacia abajo desde la parte superior de la pantalla del tubo de imagen hasta la parte inferior y la porción de duración relativamente corta (1.67µseg) produce el retorno rápido o retroceso del haz desde la parte inferior de la pantalla hasta la parte superior (el ciclo de la tensión de barrido vertical tiene una duración 16.667 µseg).

La tensión de sincronismo vertical dispara o inicia el retroceso viene a ser una reposición recurrente del oscilador para controlar la frecuencia, con lo que se obtiene la correcta posición vertical del haz.

Sección de Barrido Horizontal y CAF:

En su forma general, la sección de barrido horizontal sigue las características de la sección de barrido vertical. Las tensiones de ruido eléctrico que forman parte de una señal modulada en amplitud, modifican la envolvente y elevan las crestas o picos.

Si demodulamos una portadora de imagen conteniendo ruido de gran amplitud, podemos hallar muy fácilmente crestas que se extienden más allá del pedestal de la tensión de barrido y por consiguiente, que están en la región de señal de sincronismo. Cuando es alimentada esta señal a un separador de sincronismo, el circuito no estable diferencia entre las tensiones normales de sincronismo y las crestas de ruido. La salida de señal del separador de sincronismo y la del amplificador de sincronismo contienen impulsos espurios además de los impulsos regulares.

La técnica utilizada en el sistema CAF en cuestión, es comparar la sincronización de los impulsos de sincronismo horizontal con la tensión de barrido horizontal aplicada a las bobinas de desviación horizontal. Hay que tener en cuenta que la tensión de barrido horizontal que se aplica a la bobina de reflexión horizontal se genera en el oscilador horizontal. El resultado de la comparación es la producción de una tensión cc de control que es aplicada al oscilador horizontal, aumentando o disminuyendo su frecuencia para recuperar la sincronización horizontal.

Sistema de Deflexión:

El componente del receptor que efectúa el barrido del haz electrónico es el yugo de deflexión, que comprende las bobinas de deflexión horizontal y vertical.

El yugo está adaptado en el cuello del tubo de imagen, ordinariamente situado en la posición más avanzada que permite la forma del tubo. Las corrientes de deflexión horizontal y vertical son alimentadas al yugo y la corriente de la bobina de deflexión vertical hace que el haz electrónico barra la pantalla desde su parte superior hacia la inferior y vuelva a la superior, 60 veces por segundo. El barrido hacia abajo es relativamente lento, mientras que el retorno o retroceso es considerablemente más rápido.

La corriente que pasa por la bobina de deflexión horizontal hace que el haz electrónico borra la pantalla de izquierda a derecha y vuelva a la izquierda, 15 750 veces por segundo. Lo mismo que ocurre en el barrido vertical, la traza es relativamente lenta, mientras que el retroceso de derecha a izquierda es considerablemente más rápido.

Las corrientes de barrido de las bobinas deflectoras horizontal y vertical son producidas por circuitos especiales del receptor llamados sistemas de barrido horizontal y vertical. Cada sistema contiene un circuito oscilador, funcionando el oscilador vertical en 60Hz y el oscilador horizontal en una frecuencia mucho más alta de 15 750Hz. Además individualmente contienen un tubo de salida de potencia que suministra la potencia necesaria para excitar las bobinas deflectoras.

Transformador de Salida Horizontal:

Es el circuito de la placa de la válvula de la salida horizontal. En conjunción con el control de anchura, el amortiguador y el circuito de linealidad, desarrolla la tensión final de barrido entregada a la bobina de desviación horizontal. También desarrolla la alta tensión entregada al rectificador de la fuente de alimentación de alta tensión.

Fuente de Alimentación de Baja Tensión:

Desarrolla una diversidad de tensiones bajas para los tubos de vacío y transistores. La mayoría de fuentes de alimentación de baja tensión utilizan rectificadores de diodo en configuraciones de media onda, onda completa o puente.

Fuente de Alimentación de Alta Tensión:

Proporciona la alta tensión para el ánodo del tubo de imagen. Una tensión de entrada de ca de 15 75 KHz, comprendida entre 10 KV y 20 KV, suministrada por el transformador de salida horizontal, es convertida en cc por un rectificador de media onda. Esta alta tensión de cc es filtrada por un filtro de resistencia-capacidad antes de ser alimentada al ánodo de alta tensión del tubo de imagen.

Tubo de Imagen TRC:

El haz de electrones que produce la imagen en la pantalla, es generado dentro del tubo y controlado por varias tensiones de señal y otras aplicadas al tubo. Las tensiones de señal tomadas en el amplificador de video modulan la intensidad del haz, variando su intensidad entre cero (correspondiente al negro en la imagen) y la máxima (correspondiente al blanco). Las tensiones tomadas en las fuentes de alimentación de alta y baja tensión están relacionadas con la generación del haz, así como con su avance desde el cátodo a los ánodos y en algunos casos, enfocan el haz de modo que produzca una imagen bien definida en la pantalla.

Las tensiones de las bobinas de desviación tomadas en los sistemas de salida de barrido horizontal y vertical, sitúan el haz en la pantalla del tubo de imagen, de modo que la posición de los elementos de la imagen producida corresponda exactamente a la posición de la imagen en el mosaico del tubo de cámara.

CAPITULO III

TELEVISION DIGITAL

TELEVISION DIGITAL

Las técnicas digitales permiten que una imagen de TV sea descompuesta en elementos de imagen individuales o píxeles, es un mensaje codificado que dice "el elemento de imagen número x tiene un nivel de brillantez y con color z ". En el extremo más lejano del enlace, el mensaje puede codificarse y se puede reconstruir una imagen completamente nueva, un píxel a la vez, mediante la reconstrucción de cada píxel de acuerdo a los niveles de brillantez y de color especificados en el mensaje codificado. La imagen recibida sería por consiguiente una recreación perfecta del original.

Si una señal de TV es codificada digitalmente de acuerdo a la recomendación 601, esto resultará en una velocidad de datos de $(15.5 \text{ Mbps} + 6.75 \text{ Mbps} + 6.75 \text{ Mbps}) \times (8)$ por muestra lo cual es igual a 216 Mbps . Aun usando la opción más optimista, esto requerirá un ancho de banda de más de 100 MHz para transmitir, en comparación con los 6 MHz para la versión analógica. Afortunadamente, las imágenes de TV contienen una gran cantidad de redundancia en la que las imágenes no cambian mucho de un píxel a otro, o aun de campo a campo, por lo que se pueden usar técnicas para reducir la velocidad de los bits. Las dos técnicas principales para reducir la velocidad son la DPCM (Differential Pulse Code Modulation) y la DCT (Discrete Cosine Transform). DPCM es una técnica en la que solo se transmite la diferencia entre el valor de la muestra pronosticada y el valor actual. El valor de la muestra pronosticada puede obtenerse por el muestreo en el campo, es decir, viendo las muestras adyacentes en el mismo campo o por el muestreo entre campos donde la predicción está basada en valores de muestras adyacentes de campos adyacentes. La segunda técnica DCT, toma los datos de un bloque completo de elementos de imagen y usa procesos matemáticos conocidos como transformadas ortogonales, las cuales son similares a las transformadas de Fourier para convertir estos datos en una forma equivalente desde la cual toda información redundante puede removerse antes de su transmisión.

Aplicaciones de la TV Digital

La introducción de la TV digital está teniendo distinta incidencia en los tres campos reconocidos para la actividad televisiva:

- La producción de programas, que incluye toma de imagen, reproducción de imagen, producción magnética, edición y procesos de postproducción.
- La transmisión punto a punto, que incluye los radioenlaces, los satélites de telecomunicación y en general todos los equipos que transportan señal hasta las emisoras de difusión directa al público.
- La emisión, que incluye los transmisores que emiten directamente al público, los satélites de radiodifusión directa, la distribución por cable y por otros medios que alcanzan a las terminales domésticas de recepción.

Digitalización de la señal de video:

Por algún tiempo, la señal obtenida de una fuente clásica de imagen sería todavía analógica, quiere ello decir, que con la excepción hecha de los generadores de patrones de señal (generador de barras, etc) la imagen original de televisión obtenida de una cámara sería analógica. Tras la correspondiente amplificación, se encontrará así apta para su digitalización, este proceso abarca tres pasos:

- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

El muestreo :

Sea una señal analógica $e(t)$ como la representada en la figura 3.1. al tomar muestras de $e(t)$ cada 15° a partir de $t=0$, en 360° habremos explorado 24 muestras. El resultado sería una serie de impulsos cuyos niveles amplitudes siguen a la señal analógica. A este tren de impulsos modulados en amplitud por la señal analógica se le denomina señal PAM (pulse amplitude modulation). Este muestreo puede representarse por la multiplicación de la señal analógica $e(t)$ por un tren de impulsos $u(t)$ definido por :

$$u(t) = \begin{cases} 1 & \text{en el momento del muestreo} \\ 0 & \text{en el resto del intervalo} \end{cases}$$

El producto :

$$e(t)u(t) = \begin{cases} e(t) & \text{cuando } u(t) = 1 \\ 0 & \text{cuando } u(t) = 0 \end{cases}$$

dando por resultado la señal de la parte inferior de la figura 3.1.

Espectro de frecuencia que genera la señal muestreada :
Una función $f(t)$ de impulsos periódicos admite un desarrollo de Fourier como muestra la figura 3.2

$$f(t) = \frac{A_0}{2} + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + A_3 \cos 3\omega t + A_4 \cos 4\omega t + B_1 \sin \omega t + B_2 \sin 2\omega t + \dots + B_n \sin(n\omega t) + \dots$$

Los coeficientes A_n y B_n se calculan como sigue:

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(n\omega t) dt \quad B_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(n\omega t) dt$$

Como $f(t)$ es función par (cumples que $f(t) = f(-t)$) implica que los B_n se anulan o terminos seno, quedando únicamente los terminos coseno

Los valores de A_n decrecen progresivamente a medida que aumenta la frecuencia, o sea, a medida que aumenta n , como se presenta en la figura 3.2a. Cuando el ancho de los impulsos disminuye, los valores de A_n decrecen mas lentamente con n o sea, con los armónicos, y en el limite, para un impulso teorico de ancho cero ($0 \rightarrow \infty$) A_n se mantendría constante, como se representa en la figura 3.2b. En el análisis que sigue haremos uso de este supuesto teorico.

$$A_1 = A_2 = A_3 = \dots = A_n = A$$

Observemos que en el desarrollo de Fourier aparece una componente de frecuencia cero (componente continua) de amplitud A_0 . Esta componente adquiere valor en función de la simetría de los ciclos positivos respecto a los negativos.

Si suponemos que la señal analógica $e(t)$ es de la forma:

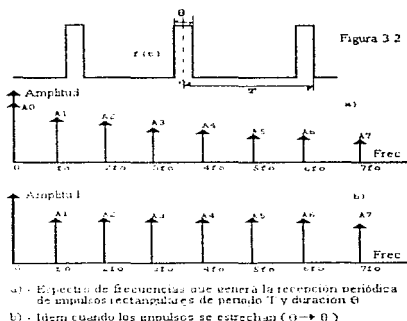
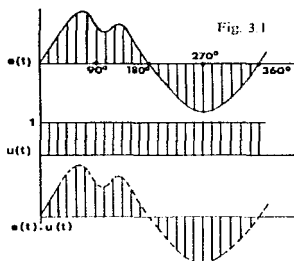
$$e(t) = E \cos \omega t$$

se tendrá :

$$\begin{aligned} e(t)u(t) &= E \cos \omega t (A_0/2 + A_1 \cos \omega t + A_2 \cos 2\omega t + A_3 \cos 3\omega t + A_4 \cos 4\omega t + \dots) \\ &= E A_0/2 \cos \omega t + EA_1 \cos 2 \cos \omega t + EA_2 \cos 2 \cos 2\omega t + \dots + EA_n \cos 2 \cos n\omega t \end{aligned}$$

En este desarrollo se pone de manifiesto que :

- $EA_0/2 \cos \omega t$ es la señal analógica original con una amplitud multiplicada por el factor $A_0/2$.
- Teniendo en cuenta que por trigonometría



$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta)$$

Cada producto $E A \cos \omega t \cos n \omega t$ se transforma en

$$\frac{EA}{2} \cos(n\omega + \Omega)t + \frac{EA}{2} \cos(n\omega - \Omega)t$$

Que corresponde a las bandas laterales de los armónicos n con $0 \leq n \leq \infty$ modulados en amplitud. Esto se observa en la figura 3.3.

Este es por tanto el contenido espectral de la señal PAM

El término $EA\omega/2\cos\Omega t$ que corresponde a $n=0$ es la señal banda base.

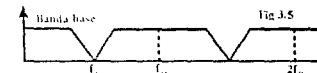
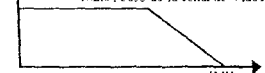
Ahora bien, una señal de video está compuesta por un gran número de frecuencias formando un espectro continuo que va desde 0 a unos 5MHz como se representa en la figura 3.4. Al muestrear esta señal, cada frecuencia de video aparecerá en las bandas laterales superiores e inferiores de cada armónico de la frecuencia de muestreo, incluyendo naturalmente la banda base, esto es, el armónico cero.

El espectro de la señal muestreada se presentará por tanto, como se ve en la figura 3.5. De esta misma figura se deduce una condición elemental que debe cumplirse que $f_m > 2f_v$, para que la banda lateral inferior de la frecuencia de muestreo y la banda base no se superpongan.



Figura 3.3
Espectro de una señal muestreada a partir de un tren de pulsos

Figura 3.4
Espectro de la señal de Video



Aliasing:

Este razonamiento fue deducido por Nyquist-Shannon, al establecer que para conseguir un muestreo-recuperación sin distorsión, se requiere que la frecuencia de muestreo f_m sea al menos dos veces más elevada que la frecuencia máxima presente en la señal analógica muestreada.

La recuperación de la banda base se realiza con un filtro paso bajo que corte todas las frecuencias superiores a $f_m/2$. De no cumplirse el teorema de Nyquist, el filtro dejaría pasar frecuencias pertenecientes a la banda lateral inferior contaminantes de la banda base, que producirían batidos o moiré con las frecuencias más altas de la misma. Este efecto se denomina aliasing (figura 3.6a).

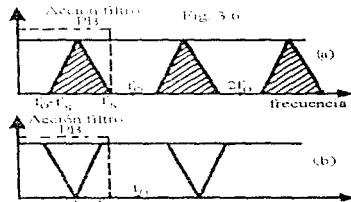
Otro motivo de aliasing se produce cuando el filtro no está bien calculado y permite el paso de frecuencias de la banda lateral inferior, aunque no estén solapadas con la banda base (figura 3.6b).

Cuantificación:

Así se denomina al proceso mediante el cual se atribuye a cada muestra un valor de amplitud dentro de un margen de niveles previamente fijado. Este valor se representa por un número que será convertido a un código de ceros y unos en el proceso de codificación.

Por razones de facilidad operativa, el número de niveles se hace coincidir con una potencia de 2 y los impulsos de la señal PAM se redondean al valor superior o inferior según sobrepasen o no la mitad del ancho del nivel en que se encuentren.

El error cometido con estas aproximaciones equivale a sumar una señal errática a los valores exactos de las muestras, como se ve en la figura 3.7.



Esta señal errática aparecerá en el proceso de recuperación después de la decodificación digital/análoga, en forma de ruido visible. Se habla así de "ruido de cuantificación" que dependerá obviamente del número N de niveles empleados en el proceso. Cuantos más niveles existan, menor será el ruido generado.

Valor eficaz de ruido generado por la cuantificación:

$$S_{\text{ref}} = \frac{q}{\sqrt{2}}$$

q = valor de un nivel de cuantificación

Llamando S a la amplitud de la señal de video, la relación señal/ruido de cuantificación S/C toma el valor:

$$S/C = 20 \log \frac{S}{\frac{q}{\sqrt{2}}} = 20 \log S - \frac{\sqrt{12}}{q}$$

Ahora bien, $S = q \cdot N$ de donde:

$$S/C = 20 \log (q \cdot N \sqrt{12}) - 20 \log \frac{q}{\sqrt{12}} = 20 \log N + 9 \log 12 = (20 \log N + 10.8) \text{ dB}$$

de cuyo resultado sacamos las conclusiones:

- 1.- La relación señal/ruido de cuantificación depende únicamente del número de niveles N en que se subdivide la excursión completa de la señal.
- 2.- Existe un sumando constante 10.8 dB que tiene su origen en la misma definición de señal/ruido en televisión, donde se toma para la señal el valor pico a pico y para el ruido su valor eficaz.

Relación señal/ruido de cuantificación y número de bits:

Es evidente que usando codificación binaria

$$N = 2^m, \text{ donde } m = \text{número de bits.}$$

La relación señal/ruido de cuantificación en dBs puede calcularse fácilmente añadiendo 6 veces el número de bits, la cantidad fija 10.8, fórmula que resulta válida para la digitalización de una señal monocromo o para cada componente de color.

Número de bits necesarios para la cuantificación de la señal analógica:

Se admite generalmente que una relación señal/ruido aceptable para la señal de video es de 45 dB. Esto supone para S/C un valor de 178. De $45 \text{ dB} > 6m + 10.8 \text{ dB}$ deducimos que $m > 5.7$ o sea 6 bits

El número de pasos para 6 bits es:

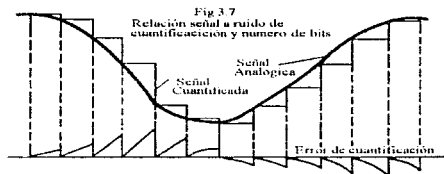
$$2^6 = 64$$

Lo que supone que un paso tiene un valor superior al 1% de la señal de video. Pasos de esta magnitud generan por otra parte cambios en el nivel de negro de las señales primarias RGB que resultan inaceptables (mayores del 1% de video), al provocar desviaciones colorimétricas más o menos visibles, la última palabra la tiene el ojo, como ha venido ocurriendo en todos los sistemas de TV, es está la razón de los 8 bits para la digitalización de la señal de video.

Con ello, se tendrán, $2^8 = 256$, niveles, representando cada nivel $1/256 = 0.4\%$ de la señal de video, lo que resulta muy aceptable. Estos razonamientos unidos al hecho de que haya sido el ojo humano el elemento definitorio del número de bits ha convertido este valor en una cifra de consenso universal.

En este caso:

$$S/C = 20 \log 2^8 + 10.8 = 48 + 10.8 = 58.8 \text{ dBs}$$



Codificación:

La codificación final de la señal de salida de un equipo depende de su aplicación. Puede usarse por ejemplo un código binario puro, o un código de complemento a 2 para aplicaciones locales. Pero cuando se trata de aplicaciones específicas, la codificación se convierte en un tema trascendente. Tal es el caso de la transmisión y de la grabación magnética donde son pocos todos los recursos utilizados para garantizar la corrección de errores y la reducción de la velocidad binaria que imponen estos medios.

Procesos de la señal requeridos en la conversión D/A y A/D:

La conversión de la señal analógica a digital A/D contiene tres pasos básicos, como se muestra en la figura 3.8. El primer paso es el circuito de muestreo y retención dependiente de la frecuencia de muestreo f_m , tal que f_m satisfaga el criterio de Nyquist.

El segundo paso es la cuantificación, el cual asigna a cada muestra tomada un valor dentro de los 2^n niveles en que se divide la excursión total de la señal.

El tercer paso es el codificador que convierte los niveles de las muestras cuantificadas a palabras de códigos de n bits. La salida puede fluir en paralelo cuando los n bits se presentan simultáneamente en 8 hilos paralelos, o en serie cuando los bits de una palabra circulan en serie por un solo hilo, la velocidad binaria está dada por el producto $v = n \cdot f_m$.

La conversión D/A sigue pasos complementarios a la A/D. Cada palabra de código se convierte en una muestra cuantificada en amplitud por medio de un grupo de conmutadores eléctricos ponderados de acuerdo con el código utilizado. Luego se añade un filtro paso bajo que elimina las frecuencias superiores a $f_m/2$, pasando a la salida, la señal analógica f_a (figura 3.9). El término CODEC expresa la combinación A/D seguida de un D/A. Un excesivo número de CODECS en cascada provoca degradación acumulativa en la señal y debe en lo posible evitarse.

Codificación de las señales compuestas:

Esta propuesta consiste en digitalizar directamente las señales compuestas existentes (NTSC, PAL, SECAM). Con ello sigue el problema de incompatibilidad de las distintas normas internacionales, aun manteniendo la misma frecuencia de muestreo y codificación. La decodificación nos devolvería las señales NTSC, PAL, o SECAM, respectivamente.

La ventaja fundamental de digitalizar la señal compuesta radica en que el equipo puede incluirse como una unidad más en los estudios analógicos actualmente en servicio, sin necesidad de codificar o decodificar el NTSC, PAL, o SECAM.

En la figura 3.10 se expresa el "modus operandi" del tratamiento de imágenes analógicas durante la transición, para el caso de codificación compuesta. Pasada la transición, la única ventaja que puede optar la codificación de señales compuesta en los estudios analógicos.

Para los casos NTSC y PAL que modulan en AM a la subportadora de color, el fundido, mezcla y encadenado corresponderá a una sencilla multiplicación de todas las muestras por un factor situado entre 0 y 1.

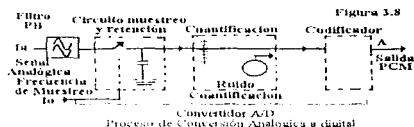


Figura 3.8

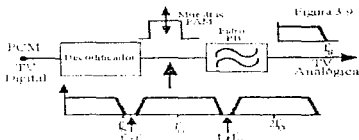


Figura 3.9

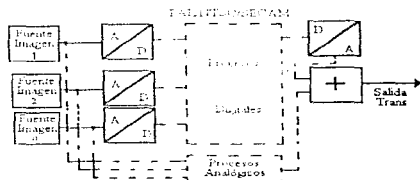


Figura 3.10 Tratamiento de las señales Analógicas durante la transición Analógica a Digital, para el caso de señales compuestas.

Pero en el caso del SECAM, es necesario descomponer primero la señal de video en sus componentes Y, R-Y, B-Y, antes de la mezcla. Este problema elimina esta ventaja para el SECAM.

En todo caso, cada fuente de video digital tendría que disponer de codificación y decodificación NTSC/PAL/SECAM, lo que al margen de la complejidad que ello impone, representa una degradación de las imágenes por causa de los sucesivos procesos de codificación/decodificación.

Codificación en componentes:

Por este método se digitalizan las tres señales Y, $K1(R-Y)$, $K2(B-Y)$ donde $K1$ y $K2$ son factores de ponderación que impone el sistema digital. Estos factores no tienen los mismos valores que los coeficientes ponderadores de NTSC, PAL o SECAM.

La primera gran ventaja derivada de la codificación, es que siendo estas tres señales comunes a todos los sistemas, la compatibilidad puede alcanzarse por regulación internacional de los parámetros de muestreo, cuantificación y codificación. La segunda ventaja de esta codificación es que una vez alcanzada la digitalización plena de la producción, solo se requiere un paso final de la conversión D/A y una codificación NTSC, PAL o SECAM según el sistema adoptado de transmisión, añadamos a las ventajas ya señaladas que el tratamiento digital en componentes elimina los efectos perturbadores mutuos de luminancia y crominancia (efectos cross-color) a la vez que en edición electrónica desaparecen los problemas derivados de la estructura de 4 y 8 campos NTSC y PAL respectivamente.

Como desventaja se ha señalado que la codificación por componentes requiere un tratamiento de las tres señales mediante multiplexión, cuestión que en la técnica digital actual no ofrece dificultades notables.

Elección de la frecuencia de muestreo:

Tres condiciones deben analizarse:

- 1.- La frecuencia de muestreo debe ser mayor que el doble de la frecuencia máxima de la banda base de video. Como hay normas en vigor como el SECAM que utiliza 6MHz de ancho de banda, la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos 12MHz, para alcanzar un estándar internacional.
- 2.- Para facilitar la uniformidad y operatividad de las memorias digitales, el número de muestras por línea de TV debe ser idéntico para todas.
- 3.- Para que la frecuencia de muestreo tenga carácter universal, esta debe ser un múltiplo entero de todas las frecuencias de línea existentes en el mundo. Existen dos normas distintas: una con 625 líneas y otra con 525 líneas por cuadro, lo que corresponde a las frecuencias respectivas de 15625 y 15734 265732Hz.

Esto obliga a que la frecuencia de muestreo sea un múltiplo entero de la frecuencia de líneas (n muestras por línea), esta condición también se enuncia diciendo que la estructura del muestreo debe ser ortogonal (figura 3.11)

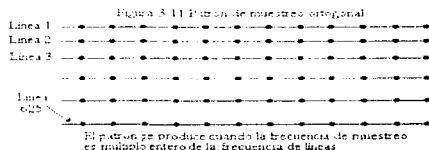
El mínimo común múltiplo de ambas frecuencias de línea con un error menor de $2^5\%$ es de 2,25MHz, que es:

$$144 \times 15625 + 143 \times 15734.265732\text{Hz}$$

Esta frecuencia es demasiado baja para cumplir la condición 1

Un valor adecuado sería:

$$\begin{aligned} 6 \times 2.25 &= 13.5\text{MHz que corresponde a,} \\ 6 \times 143 \times f_L \text{ NTSC} &= 858 f_L \text{ NTSC y} \\ 6 \times 144 \times f_L \text{ PAL} &= 864 f_L \text{ PAL (SECAM)} \end{aligned}$$



Esta es precisamente la frecuencia de muestreo que ha sido adoptada internacionalmente para la señal de luminancia de la TV digital en la norma 4:2:2 CCIR-601. Esta norma define los parámetros básicos del sistema de TV digital que asegura la mayor compatibilidad mundial, a la vez que permite un desarrollo de posteriores normativas sobre otras cuestiones específicas y la posibilidad de unir esfuerzos de radiodifusores y fabricantes.

Observemos que cada línea completa se someterá a 858 muestras mientras que en PAL/SECAM ese número asciende a 864. Sin embargo, en aras de la mayor compatibilidad entre ambos sistemas, la línea no se muestrea completamente, siendo el número de muestras activas idéntico para NTSC y PAL/SECAM.

Señales codificadas:

La norma se refiere a la codificación de componentes, o sea que se muestrean las señales E'_R ($E'_R - E'_Y$) y ($E'_B - E'_Y$) ya corregidas en gamma.

Los valores de las señales primarias se fijan a 1V, por tanto, E'_Y variará entre 0 y 1V. Como $E'_R - E'_Y$ alcanza en el caso del rojo saturado al 100% su valor positivo máximo de +0.701 y en el color cyan saturado al 100% el valor -0.701, habrá de aplicarse un coeficiente ponderado de K_R que lo reduzca a la banda +0.8V y -0.8V. Esto es:

$$K_R = \frac{0.5}{0.701} = 0.713$$

También, como $E'_B - E'_Y$ alcanza en el azul y amarillo saturados al 100% los valores máximos +0.886 y -0.886V habrá que fijarse un coeficiente ponderado de:

$$K_B = \frac{0.5}{0.886} = 0.564$$

Así pues, las señales de diferencias de color ponderadas que pasan al muestreo valen

$$\begin{aligned} E'_Y & \\ 0.713(E'_R - E'_Y) & \\ 0.564(E'_B - E'_Y) & \end{aligned}$$

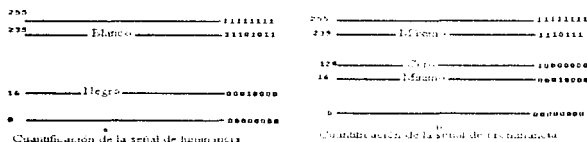
Advertencia no se pueden mantener las señales conocidas YUV del PAL, ponderadas a 0.493($E'_R - E'_Y$) y 0.877($E'_B - E'_Y$) porque dan señales superiores a 0.8V.

Frecuencia de muestreo:

Para esta frecuencia de muestreo, el número de muestras por línea es de 864 y 858 para la luminancia y de 432 y 429 para las diferencias de color (sistemas de 625 y 525 líneas respectivamente). La estructura de muestreo es ortogonal, consecuencia de que la frecuencia de muestreo es un múltiplo entero de la frecuencia de líneas. Las muestras de las señales diferencias de color se hacen coincidir con las muestras impares de la luminancia, o sea 1a, 3a, 5a, etc.

El número de bits/muestra es de 8, tanto luminancia como para las señales de diferencias de color, lo que corresponde a 2⁸ niveles = 256 niveles de cuantificación. La luminancia utiliza 220 niveles a partir del 16 que corresponde al nivel de negro, hasta el 235 correspondiente al nivel de blanco. Se acepta una pequeña reserva del 10% para la eventualidad de que ocurran sobremodulaciones. Para las señales diferencias de color se utilizan 224 niveles, repartidos en ambos lados del cero analógico, que se hace corresponder con el número digital 128. Así pues, la señal variará entre los valores extremos 128 + 112 = 240 y 128 - 112 = 16, con una reserva de 16 niveles a ambos lados (figura 3.12).

Figura 3.12



Distribución de muestras por línea:

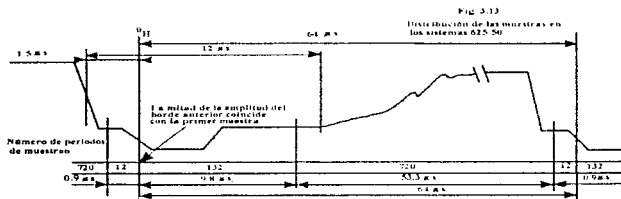
Los bits de luminancia y de diferencias de color se transmiten multiplexados en el tiempo. Para evitar señales elevadas binarias, se elimina el muestreo durante la supresión de línea, puesto que la información de este intervalo es conocida y por tanto es procesable a la salida. De ahí que el número de muestras activas se haya fijado en 720 por línea tanto para NTSC como para PAL/SECAM.

Como el periodo de muestreo es:

$$T = \frac{1}{13.5 \text{ MHz}} = 0.074074 \mu\text{seg}$$

Una línea activa tendrá $0.074074 \times 720 = 53.333 \text{ mseg}$, valor suficiente, al sobrepasar el valor de la línea activa analógica (52 mseg).

El origen del tiempo O_{H1} de una línea de TV se hace coincidir con el flanco posterior de sincronismo horizontal como muestra la figura 3.13.

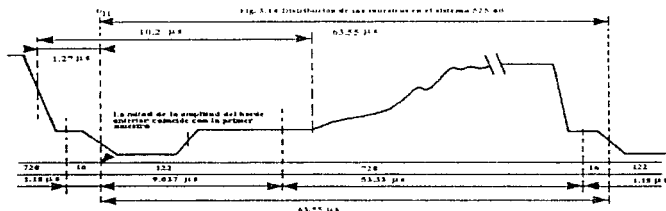


A partir de O_{H1} se tiene la siguiente distribución muestral:

Un tiempo equivalente a 123 periodos de muestreo donde no se realizan muestras, lo que equivale a:

- $0.074074 \text{ ms} \times 123 = 0.778 \text{ ms}$
- 720 periodos de muestras activas que equivalen a $720 \times 0.074074 = 53.333 \text{ mseg}$
- Un tiempo equivalente a 12 periodos de muestreo en el que no se toman muestras activas.

En el sistema de 525 líneas, se conserva común, el número de muestras activas por línea 720, pero el de las no activas ($858-720=138$) se divide en dos partes de 122 y 16 periodos de muestreo, que se sitúan antes y después respectivamente del periodo activo figura 3.14.



El ancho de banda de las señales de luminancia y cromaticidad tendrá una influencia decisiva sobre los tres parámetros relación señal/ruido, sobreoscilaciones y aliasing. De diversas medidas llevadas a cabo por la UER sobre esta dependencia se ha propuesto la recomendación de utilizar para la luminancia un ancho de banda plano hasta 5.5MHz con una atenuación mínima a 6.7MHz de -12dB. Para las señales de color se propone una forma plana hasta 2.75MHz y una atenuación mínima de -12dB a 3.375MHz.

La norma 4.2.2 CCIR-601 es aplicable a la información de salida del equipo y no a procesos internos que se realicen con fines específicos. Por ejemplo, es normal que la señal en una cámara o telecine se codifique antes del corrector de gamma con 10 o 12 bits para conseguir una resolución adecuada. Los convertidores de normas y TBC rompen igualmente la codificación de 8 bits, cuando se requiere en sus circuitos internos. En todos estos casos, es la señal de salida la que estará de acuerdo con la norma 4.2.2 CCIR-601.

A continuación se reproduce la norma 4.2.2 CCIR-601.
Parámetros de la NORMA 4.2.2

Parámetros	Sistema	
	525 líneas 60 campos	625 líneas 50 campos
1. Señales Codificadas	$Y, (R - Y), (B - Y)$	
2. Número de muestras por cada línea		
Luminancia	858	864
Cada señal de diferencia de color $(R - Y), (B - Y)$	429	432
3. Estructura de muestreo	Orthogonal. Identica para todos los campos y cuadros. Las señales $(R - Y)$ y $(B - Y)$ se muestrean simultáneamente con las muestras impares de la luminancia (1°, 3°, etc)	
4. Frecuencia de muestreo		
Luminancia	13.5 MHz	
Cada señal de diferencia de color	6.75 MHz	
5. Codificación	Cuantificación lineal, codificación con 8 bits por muestra por luminancia y por cada diferencia de color.	
6. Número de muestras activas por línea digital		
Luminancia	720	
Cada señal de diferencia de color	360	
7. Correspondencia entre los niveles de video y de cuantificación		
Luminancia	220 niveles de cuantificación, el nivel de negro corresponde al número digital 16, el nivel nominal de blanco al 235.	
Cada señal de diferencia de color	224 niveles de cuantificación en la parte central del margen de cuantificación. El nivel de video cero corresponde al número 128.	

Jerarquia de códigos:

La norma de TV digital que acabamos de describir se conoce como norma 4.2.2 porque expresa la relación entre las frecuencias de muestreo de las señales de luminancia y diferencias de color de 13.5MHz y 6.75MHz respectivamente.

Una de las normas de transición discutidas para la HDTV consiste en utilizar frecuencias de muestreo de 27/13.5/13.5MHz con 50 cuadros y 625 líneas no entrelazadas, o sea, sin campos, para mejorar así la resolución y eliminar el parpadeo. A este código se le ha llamado 8:4:4, que admite su reducción al 4:2:2 suprimiendo una muestra cada dos y aplicando un filtro digital antes de la reducción. Esto permitirá una compatibilidad entre ambos sistemas.

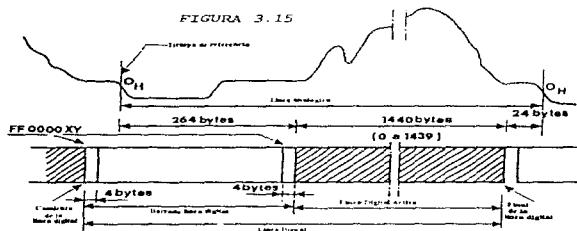
Aun se tiene un código más, el 4:1:1, pensado para las transmisiones, donde resulta vital reducir la velocidad binaria. El muestreo de las señales de diferencias de color se realiza a 3.375MHz, lo que supone que la frecuencia máxima de esta señal no supere los 1.6875MHz. Esta reducción en la definición del color, va acompañada de métodos que suprimen las frecuencias espaciales diagonales en beneficio de la resolución vertical y horizontal. Con estos recursos, la velocidad binaria se logra reducir a 140 Mbits/seg.

Relación temporal entre los datos de video y la señal analógica:

En la figura 3.15 se muestra la relación temporal entre los datos de vico y la señal analógica, se observará que:

- La línea digital empieza 24 periodos de reloj (con frecuencia de 27MHz) antes de la referencia temporal analógica O_{II} .
- Como hay 720 muestras activas para Y y 360×2 para $R-Y$ y $B-Y$, una línea activa consta de $720 + (2 \times 432) = 1440$ palabras (octetos).
- Existen 864 muestras de Y por línea completa y (2×432) muestras de $R-Y$ y $B-Y$, totalizando $864 + (2 \times 432) = 1728$ palabras a transmitir, correspondiente a 1728 periodos de reloj de 27MHz (13.5MHz $\times 2 \times 60 \times 75$ MHz).
- La diferencia entre el número de palabras totales y activas, $1728 - 1440 = 288$ se emplean para situar las señales de identificación y de referencia temporal.
- Se advierte además que la línea digital empieza 24 periodos de reloj (de 27MHz) antes de la referencia temporal analógica O_{II} . Luego, siguen 4 palabras para la referencia digital temporal y después hay un grupo de 280 palabras usadas para datos de identificación y auxiliares, a todo lo cual, le siguen 4 palabras de referencia temporal.
- Finalmente se transmiten los datos de video que terminan 24 periodos de reloj antes de la referencia analógica O_{II} , para arrancar otra nueva línea digital.
- Como una línea digital empieza 24 periodos de reloj antes de la referencia analógica O_{II} , se desprende que el principio del campo digital I empieza 24 palabras antes del campo analógico.
- A fin de evitar el tratamiento digital de medias líneas dentro de la supresión de campo, el borrado de campo digital empezará y acabará respectivamente al principio y al final de una supresión completa de líneas. Es por ello que este borrado tendrá 24 líneas más la supresión de línea digital para el campo 1 y 25 líneas más esta misma supresión en el campo 2.

FIGURA 3.15



Las señales de referencia temporal:

Tienen por misión identificar el inicio de las líneas digitales y el comienzo de los datos de vídeo, del mismo modo que en la señal analógica se identifican en el tiempo los sincronismos, sus anchos y sus flancos

Existen dos señales de referencia temporal en el multiplexado (figuras 3.15, 16, 17) una al comienzo de las líneas digitales y otra antes del comienzo de los datos de video. Cada una está formada por cuatro palabras (octetos) que en notación hexadecimal toman el valor :

FF OO OO NY

Las tres primeras palabras constituyen un código de identificación de bandera que advierte que la referencia temporal viene a continuación.

La palabra **XY** de la referencia temporal es un ecteto de la forma :

					XY			
bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	F	V	H	P ₁	P ₂	P ₁	P ₀

Los bits **F**, **V** y **H** tienen el valor siguiente :

F = 0 durante el primer campo

V = 1 durante la supresión de campo

H = 1 al inicio de la supresión de línea (tomará el valor 0 al terminar dicha supresión).

Los bits **P₃-P₀** son bits de protección de **F**, **V** y **H** y permiten corregir errores sencillos y detectar errores dobles.

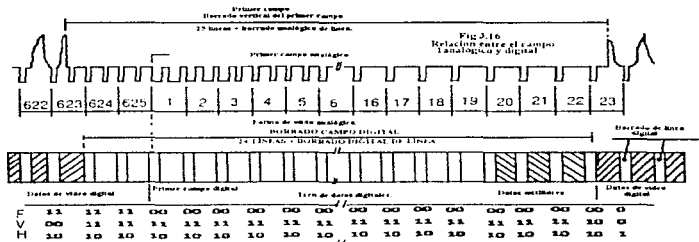


Tabla de referencia de bits.

Datos auxiliares:

Los datos auxiliares se insertan durante la supresión de campo digital en las líneas 20, 21, 22 y 333, 334 y 335, usándose sólo la parte activa de línea. Estos pueden consistir en una o más palabras cuyos bits de mayor peso actúan como bits de paridad.

Los datos auxiliares van precedidos de las siguientes señales de identificación, que en notación hexadecimal toma el valor :

00 FF FF TT LL

donde :

00 FF FF = 3 palabras (octetos) tipos de identificación

TT = tipo de datos auxiliares

LL = Longitud de los datos auxiliares, o sea, número de palabras

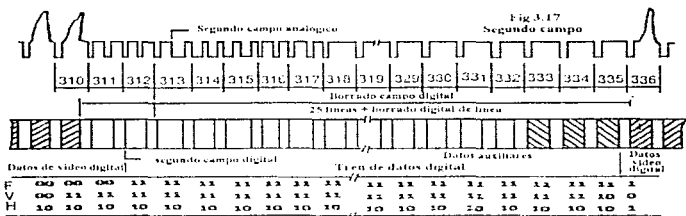


Tabla de referencia de tiempos

La señal de reloj:

Tiene una frecuencia de 27MHz (periodo 37nseg) y se transmiten por medio de un noveno par de hilos separados. Puesto que la señal de reloj se utiliza en el extremo receptor para la recuperación de los datos, es evidente que debe guardar una estricta relación de tiempo con los mismos.

VENTAJAS DE LA TELEVISIÓN DIGITAL

- 1 - Debido a que las señales digitales se regeneran electrónicamente de un modo fácil, el mantenimiento de calidad de la señal se consigue con precisión matemática y con independencia de complejidad del equipo, que por otra parte no estará sometido a los ajustes y derivas típicos de la electrónica analógica.
- 2 - Determinados procesos de la señal de TV no son posibles en el dominio analógico como son la memorización de líneas y cuadros, que ha dado origen a un riquísimo mundo operativo y artístico y a una amplia manipulación electrónica de las señales.
- 3 - En gran número de casos los procesos digitales son más económicos que los correspondientes analógicos.

Compresión de Video Digital:

Es un nuevo modo de transmisión que puede transformar una señal de TV convencional en una versión taquigráfica que reduce enormemente la cantidad de ancho de banda necesario para transmitir la señal. Por ejemplo, un sólo transponder de 36MHz puede acomodar la transmisión simultánea de hasta 10 servicios de video. Lo que es más, la misma tecnología de compresión podría usarse para transmitir hasta cinco canales dentro de los 6MHz de ancho de banda usados actualmente para repetir un canal de cable o de radiodifusión convencionales. La compresión de video digital también puede mejorar la calidad tanto de las imágenes como del sonido, no están sujetas a "fantasmas", a poca calidad del color u otras degradaciones inevitablemente durante la transmisión de señales de TV.

Funcionamiento de la Compresión de Video Digital:

Una sola trama NTSC de video de 525 líneas está compuesta de más de 150.000 píxeles. Dado que el video opera a una velocidad de 30 tramas por segundo, más de 4 millones de píxeles se despliegan en la pantalla por segundo. Para comprimir esta cantidad astronómica de información en un paquete más compacto, las componentes de luminancia y crominancia de la señal de video deben de convertirse a un formato digital. Los píxeles contenidos en cada trama de TV son codificados en bloques de dígitos binarios (bits). Antes de la compresión, una señal de TV a color digitalizada requeriría de un flujo de datos de casi 120Mbps a una velocidad que podría llenar la capacidad de un transpondedor de banda Ku. Sin embargo, con la compresión cada bloque digitalizado de píxeles es primero analizado o "codificado" para determinar qué bloques dentro de cada trama será necesario enviar. Primero es necesario volver a enviar a un bloque de píxeles en el cual no hayan cambiado ninguno de los elementos de la imagen. En este caso, el codificador puede economizar mediante el envío de una señal al receptor del satélite instruyéndolo para volver a transmitir los bloques que no tuvieron cambio de píxeles desde la última trama y reinstalarlos en la siguiente trama.

Una vez que se ha completado la codificación del video, el paso siguiente en el proceso de compresión usa una clave electrónica única llamada "algoritmo" para reorganizar los bloques digitales de píxeles en un formato aún más compacto. El algoritmo elige mediante la conversión de bloques de píxeles en una serie equivalente de números que puedan transmitirse rápidamente. Esos números equivalentes son entonces procesados más ampliamente a fin de requerir el envío del menor número de bits. Existen principalmente dos sistemas de compresión de video digital, uno desarrollado por la compañía Compression Labs Inc (SpectrumSaver) y otro por la compañía General Instrument (DigiCipher).

Sistema de la Compression Labs Inc.:

Consiste de un codificador de video SpectrumSaver y uno de audio Dolby en el sitio de transmisión. La señal de video es comprimida usando la tecnología de video digital comprimido basado en el algoritmo de codificación de Transformada Discreta del Coseno DCT con regeneración condicional, compensación de movimiento y procesamiento previo y posterior, cumpliendo con los estándares de video JPEG y MPEG. El SpectrumSaver digitaliza y comprime la señal de video de 120Mbps en una señal comprimida de 2.2Mbps incluyendo 1.73Mbps de información de imagen y dos canales de audio digital de 0.200Mbps con una cantidad de audio cercana a la de un disco compacto. Se agregan 0.8Mbps adicionales como "Corrección Directa de Errores" (FEC) para crear una señal comprimida final con una

velocidad de datos de 3 Mbps. La corrección directa de errores utilizada es una técnica de transmisión que puede corregir automáticamente hasta 16 errores por cada mil en cualquier secuencia de un flujo de bits. Los 1.73Mbps de flujo de datos representa la velocidad de compresión de los datos de video, la cual puede ser de 1.73, 1.95 y 4.36Mbps, en la mayoría de los casos sólo una pequeña cantidad de esta capacidad se usa para transportar los cambios en escenas relativamente estáticas. Esto permite al sistema Compresión Labs llenar el resto con datos que no contienen información de imagen, así como ofrecer tres velocidades de operación del canal de datos compuesto: 2.93568, 3.3 y 6.6Mbps.

Cabe señalar que para obtener una mejor calidad de transmisión es más conveniente utilizar la velocidad de 6.6Mbps ya que se percibe con menos frecuencia el salto de imagen que aparece con las velocidades más bajas, sobre todo cuando existen muchos cambios entre una trama y la siguiente, resultado de:

- Páncos en la transmisión
- Mezclas
- Acercamientos de imágenes

Sistema de Compresión de Video Digital de la General Instrument:

El DigiCipher II es un sistema de televisión completamente digital diseñado para digitalizar, comprimir, empaquetar, encriptar, multicanalizar, corregir errores y modular varias señales de TV de cualquier formato D1 de NTSC, PAL o SECAM. Para su transmisión en un transpondedor, los cuales pueden mezclarse dentro de un sólo codificador. En transmisiones vía satélite, el sistema DigiCipher II puede implementarse en accesos de Canales Múltiples por Portadora (MCPC o TDM) o Canal Único por Portadora (SCPC o FDM).

Con MCPC todas las señales deben estar disponibles para multicanalizarse en el Sistema de Codificación a la Subida, modularse en QPSK y transmitirse en una sola portadora. El acceso MCPC maximiza la utilización del transpondedor y permite al operador del sistema transmitir con la máxima potencia autorizada. Además la característica de multicanalización estadística del DigiCipher II puede usarse para distribuir continua y dinámicamente el ancho de banda disponible, optimizando la calidad del video de los servicios que comparten la ráfaga SICPC.

El sistema SCPC permite que se accese a un transpondedor desde diferentes ubicaciones, usando la técnica de modulación QPSK offset para reducir la interferencia entre las diversas portadoras SCPC que comparten el transpondedor. El DigiCipher II usa las técnicas de compresión de video digital basadas en la Transformada Discreta del Coseno (DCT) con compensación de movimiento. La DCT es una técnica de codificación muy efectiva validada por los estándares internacionales H.261, JPEG y MPEG. El sistema DigiCipher implementa la compresión de video de modo doble en DigiCipher II y MPEG-2. Los dos modos son similares, el modo DigiCipher II está más optimizado para aplicaciones de TV incluyendo un desempeño excelente con el video, una rápida adquisición del canal y un retardo pequeño de un extremo a otro del sistema. El modo MPEG-2 incluye tramas B para mejorar la calidad del video a bajas velocidades y permite una inter-operabilidad potencial con otros servicios y dispositivos de consumo. También se puede prestar servicio de distribución de señales de TV o telemedicina a compañías de TV por cable o a radiodifusoras equipadas con un decodificador DigiCipher de tipo "comercial".

El codificador DigiCipher acepta de uno a seis canales de TV para material de video o hasta diez canales de TV para material fílmico. Este equipo realiza cuatro funciones principales:

- 1.- Digitaliza
- 2.- Comprime
- 3.- Multicanaliza
- 4.- Modula

La rapidez de información es de aproximadamente 27Mbps, la que mediante codificación para detección y corrección de error, empujando códigos concatenados, convolucionales y de bloque, da como resultado una rapidez de transmisión de aproximadamente 39Mbps. Aquí cabe señalar que el sistema DigiCipher II permite seleccionar una variedad de Modos de Transmisión dependiendo de los valores de la velocidad de información, ancho de banda ocupado y velocidad de Corrección Directa de Errores (FEC).

CAPITULO IV

TELEVISION DE ALTA

DEFINICION

TELEVISION DE ALTA DEFINICION (HDTV)

Los primeros pasos en la investigación de un sistema de televisión de alta definición (HDTV) comenzaron en 1970 en Japón por NHK (corporación de televisión japonesa) con cooperación de algunos fabricantes, el objetivo inicial consistía en crear una norma de producción de calidad equivalente a un film de 35mm. Para ello proponían doblar el número de líneas (1080) y mantener no obstante la frecuencia de campos en 60Hz. La relación de aspecto pasaría de 4:3 a 5:3, lo que permite al espectador ver una imagen equivalente al cinematógrafo. La pantalla futura que permitiera ver la mejor imagen tendría 1m x 70cm. En la última de sus propuestas se incluía introducir la relación de aspecto 16:9 sugerida por los europeos y fijar la frecuencia de líneas en 1125.

Antes de definir un sistema de HDTV que proporcione una mejora notable en la imagen con respecto a los sistemas actuales de TV, se hace preciso definir qué parámetros determinan esta mejora y qué efecto tienen sobre la imagen final obtenida y dos criterios sirven de base, el criterio temporal y el espacial.

Criterio temporal:

Un objetivo de la televisión es crear la sensación de imágenes con movimiento, resulta necesario por su propia naturaleza secuencial, descomponer la imagen en un grupo de muestras individuales, cuya repetición debe conseguir:

- Producir correctamente este movimiento, esto es, sin fenómenos parásitos de fallos, remanencias o pérdidas de definición.
- Proporcionar una imagen estable en los planos fijos o de poco movimiento, sin que se detecten fenómenos de parpadeo en las grandes superficies de imagen por insuficiente frecuencia de repetición o parpadeos interlineales como consecuencia del entrelazado.
- Crear una imagen libre del patton de interferencias de la subportadora, efectos estroboscópicos y otras perturbaciones del dominio temporal.

Los experimentos con el ojo humano relativos a la persistencia de la retina asociados al retardo de extinción de los luminóforos de las pantallas de TV, conducen a que la frecuencia de trama mínima necesaria para una buena reproducción de los movimientos es de 45Hz. Esto supone que la frecuencia de repetición de imágenes del cine es insuficiente, a la vez que la de la TV actual (50Hz y 60Hz) es adecuada. Todo ello referido a la fiel reproducción de imágenes en movimiento normal o moderado, concepto que se conoce como resolución dinámica.

El tiempo de exposición de cada trama presenta no obstante, el riesgo de introducir desenfoques en los objetos en rápido movimiento. En general este efecto no es detectable, salvo circunstancias especiales en que el ojo siga detenidamente al objeto en movimiento. Ciertos experimentos conducen a que para eliminar completamente este defecto se necesitan frecuencias de trama muy superiores a las utilizadas por el Cine y la TV.

Otra cuestión de mayor interés es que a medida que crece la velocidad de movimiento de un objeto en la imagen, disminuye la resolución espacial del ojo. Se considera que la información de la imagen enfocada sobre la retina, se transmite al cerebro por dos tipos de células ganglionares (tipo X y tipo Y) que tienen funciones diferentes. Las células X son sensibles al contraste espacial de la luminancia y tienen campos de percepción pequeños, lo que asegura una gran definición espacial. Por otro lado, las células Y son sensibles al cambio de luminancia producida por imágenes móviles pero tienen una definición espacial pobre. El número de células X es diez veces mayor que las de células Y, además, experimentos psicofísicos demostraron la existencia de un flujo de información entre las dos tipos de células.

De estas observaciones se deduce que la información en lo referente a las imágenes estacionarias se procesa por el sistema X, con una alta definición espacial, mientras que las imágenes móviles se computan en el sistema Y que tiene buena definición espacial.

Así se llega a que el número de campos necesarios para reproducir una imagen móvil aumenta en relación con la velocidad del movimiento.

Las experiencias realizadas con este planteamiento, conducen a la confirmación del resultado de que 451Hz es la mínima frecuencia de repetición aceptable para lograr la información de una imagen móvil con 20 grados/seg. que es la mayor velocidad de seguimiento del sistema visual humano.

En cuanto al parpadeo, las siguientes observaciones llevadas a cabo en diversos laboratorios condujeron al siguiente resultado:

- Con TRC, brillo de pantalla de 150cd/m² y una frecuencia de campos de 60Hz, el parpadeo en áreas grandes es visible, pero no molesto
- Con frecuencia de 50 campos/seg y un brillo de pantalla de 60 cd/m² el parpadeo se juzga molesto
- Con un brillo de 200cd/m² y frecuencia de campo superior a 80Hz, el parpadeo es imperceptible

Se deduce que una frecuencia de campos para una norma ideal de HDTV debería superar los 80Hz

Criterio espacial:

Se acepta que el tamaño de la pantalla y el formato de imagen constituyen los dos elementos fundamentales que condicionan la elección de otras características espaciales. Para crear una sensación de realismo en imágenes "panorámicas" se requiere un tamaño de pantalla de 0.7 a 0.8m². La distancia mínima de observación deberá ser 3H, donde H es la altura de la imagen. Para imágenes que se mueven rápidamente, la distancia adecuada es 4H, si se quiere tener una visión sin fatiga.

La resolución vertical es función del número de líneas de exploración. Para un barrido no entrelazado y siendo la distancia de observación 3H, se ha demostrado que se requieren de 800 a 1000 líneas para una buena definición vertical. Para barridos entrelazados resulta más difícil fijar este número debido a la relación entre el efecto de entrelazamiento y la frecuencia de trama elegida. En todo caso se ha advertido que el número de líneas por imagen para la HDTV debería superar las 1000 líneas, si se quiere eliminar la visibilidad del "raster" y el efecto estroboscópico de un objeto que se mueve verticalmente. Se ha demostrado también que con más de 1000 líneas activas, la resolución se compara a la de las películas de 35mm, considerada como referencia de alta calidad.

En cuanto a la estructura de exploración, la progresiva (1:1) requiere más ancho de banda que la entrelazada (2:1). El hecho de que las líneas adyacentes estén desplazadas en el tiempo produce efectos de vibraciones interlineales. Así se ha estimado que estas perturbaciones con exploraciones 2:1 son aproximadamente las mismas que las producidas por una exploración progresiva con un 40% menos de líneas. Pero la señal explorada progresivamente de esta forma tendría un incremento del 20% en el ancho de banda, una forma ideal pues para la HDTV recomendaría la exploración progresiva cuando pueda acomodarse el ancho de banda.

La relación de aspecto es la relación entre el ancho y el alto de la imagen. Los sistemas de televisión actuales utilizan una relación de 4:3. Pruebas subjetivas han indicado que los telespectadores prefieren una relación de aspecto mayor, cuando crece el tamaño de la pantalla.

Las proposiciones de imagen óptima en HDTV están condicionadas por la apertura del ángulo de visión horizontal del espectador medio y por las condiciones de observación de las imágenes. Un formato de pantalla ancho mejora el realismo de la escena, porque está "intrínseco" al ojo. También las condiciones de observación afectan al atractivo de la imagen. Los estudios psicofísicos conducen a que un ángulo de observación superior a 20° es el preferido, lo que a una distancia 3H, supone una relación de aspecto 16:9. En cambio, para el cine, las distintas condiciones de observación conducen al valor óptimo de 16:9. Es por ello, que la UER señaló las ventajas que acarrearía adoptar un formato 16:9 al permitir la utilización del material de producción HDTV en la producción cinematográfica. En la fig. 4.1 se expresan las relaciones de aspecto más utilizadas, que van desde 2.35 a 1.33. Internacionalmente se ha representado por el rectángulo exterior, la relación 16:9 envolviendo a todas las otras, para poner de manifiesto que si se practicara la técnica "toma y protección" para transferir imágenes, el formato 16:9 reuniría las óptimas condiciones para derivar de él cualquier otro.

Muestreo horizontal :

En TV digital 635/50 y 525/60 norma CCIR-601 se requieren 720/360 muestras por línea activa para la luminancia/señal diferencia de color. El doble de resolución significa 1440/720 muestras por periodo de línea activa digital para el mismo formato 4:3. Para el formato 16:9 este número es de 1920/960.

Muestreo vertical :

(número de líneas activas por cuadro). Para una imagen de TV con entrelazados 2:1 y una distancia de observación de 3H, se requieren más de 1000 líneas activas para conseguir el doble de la resolución vertical de los actuales sistemas de TV.

Tamaño de pantalla y muestreo temporal:

El tamaño apropiado para la HDTV es una superficie de imagen de $0.90m^2$ y la frecuencia de campo debería ser superior a 80Hz.

Relación de aspecto :

Relación más atractiva, entre 5:3 y 2:1. Aumentando la relación a 16:9 se consigue obtener la compatibilidad con la mayoría de formatos actuales de películas, mediante la técnica cinematográfica de centrar la acción en la superficie común más pequeña, como muestra la figura.

Estructura de exploración :

El ideal es la exploración secuencial. Otras posibilidades también contemplan la exploración entrelazada, que se convertiría en secuencial en el receptor dándole de una memoria de 1 cuadro.

RADIODIFUSION DE SEÑALES DE HDTV

El mayor problema en la difusión de HDTV es el excesivo ancho de banda, por ejemplo, la señal de luminancia tiene a la salida de cámara un ancho de banda de 30MHz y cada componente de diferencia de color 15MHz. Esto bajo el supuesto de una estructura de exploración entrelazada. Para una estructura progresiva estas cifras se duplican.

Los primeros proyectos de transmisión suponen el uso del servicio de radiodifusión directa en la banda de 12GHz, con 27MHz de ancho de banda en la región 1 y 24 MHz para la región 2 (América). Emplean modulación FM y aceptan una banda base de 8 a 10MHz, esto desde el punto de vista analógico, pero actualmente el anterior esquema ha cambiado gracias a la digitalización y formatos de compresión, lo que permite reducir el excesivo ancho de banda.

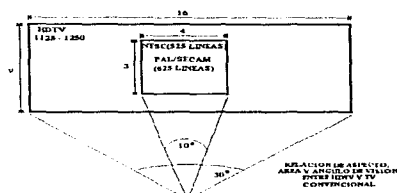
Este panorama permite la introducción de la HDTV y con miras a poder ubicar a HDTV en uno de los canales asignados al servicio DBS, lo que no excluye la posibilidad de usar otros vehículos de comunicación en sintonía con los avances tecnológicos que vayan alcanzándose con las redes de distribución de banda ancha.

Transmisión en el área de 50Hz

La señal HDTV tiene las siguientes posibilidades :

- 1.- Transmisión DBS en la banda de 12GHz con 27MHz de ancho de banda por canal. Se utiliza la modulación FM y la banda base debe ser de 8 a 10MHz.
- 2.- Transmisión por satélite en la banda de 7 a 11.7GHz. Sus emisiones no están destinadas al público en general. El flujo binario útil es de 70 a 140Mbps. La potencia radiada tiene valores limitados.

El proyecto EUREKA 95 ha desarrollado el sistema HD-MAC, compatible con el MAC y por tanto con un ancho de banda base de 8.6 MHz. Para ello utiliza métodos de reducción de la velocidad binaria que consisten fundamentalmente en los siguientes recursos :



- Compresión espacial horizontal, que convierte 1920 muestras/linea activa de luminancia en 1440 y aplica la misma reducción a las señales de crominancia.
- Compresión temporal, transmitiendo una muestra cada cuatro tramas.
- Transmisión de vectores de movimiento en el intervalo vertical, que permiten recuperar la resolución de las imágenes en movimiento en el receptor.

Los anteriores métodos aprovechan al máximo el fenómeno de redundancia de imagen, logrando disminuir el ancho de banda en la transmisión de la señal MAC.

Transmisión en el área de 60Hz (E.U.)

Recordemos que 24MHz es la banda asignada a un canal de satélite de radiodifusión directa en la región 2 (América) y por ello, que los E.U., defendieron originalmente la norma de producción japonesa como de la transmisión MUSE a pesar de no ser compatible con el sistema NTSC. Este planteamiento en acuerdo con la idea de que HDTV debía considerarse un nuevo y revolucionario progreso de la televisión, que no debía someterse a las ataduras y presiones de la compatibilidad con los actuales sistemas de TV, planteamiento sostenido por Japón, E.U. y Canadá. Esta idea era además favorable al control y uso inmediato de la HDTV para las grandes producciones cinematográficas e intercambio mundial de películas.

Pero los planteamientos cambiaron en los E.U., a la luz de la experiencia europea de considerar imprescindible una norma de transmisión compatible con los actuales sistemas y en septiembre de 1968 la FCC emite un veredicto no vinculante a ningún sistema de HDTV, que señala la necesidad de que cualquier decisión sobre el tema no debería provocar la obsolescencia de los 100 millones de receptores NTSC ya en servicio y. Aunque esta recomendación no menciona explícitamente la compatibilidad, lo cierto es que motivó la inmediata investigación por parte de los principales laboratorios y promotores de la HDTV de propuestas compatibles con el sistema NTSC.

Se introduciría así la HDTV pasando previamente por una fase de transito con mejoras en el sistema NTSC que sirva de estímulo a la recepción. Este periodo sería aprovechado por la industria del receptor para poner a punto su producción y por los radiodifusores para la reconversión del equipamiento necesario. En el periodo de transito, la TV no sería de alta definición, pero se estarían aprovechando las ventajas que ofrecen algunas mejoras de inmediata aplicación sobre el NTSC actual, por ejemplo las que derivan de una mayor solución horizontal, varios sonidos digitales, etc.

A tal efecto, el Comité de Sistemas Avanzados de Televisión acordó las siguientes definiciones relativas a la nomenclatura de las diferentes propuestas en juego:

IDTV (Improved Definition Television o Televisión de Definición Mejorada)

Este término se refiere a las mejoras introducidas en el NTSC, que mantengan los parámetros generales del sistema, su introducción no requieren acciones del FCC. Estas mejoras pueden referirse a la fuente de la señal o al receptor y pueden incluir avances en la codificación, filtraje y cancelación de imágenes fantasma. La señal sería recibida por receptores NTSC con relación de aspecto 4:3.

EDTV (Extended Definition Television o Televisión de Definición Extendida)

Término que incluye las diferentes mejoras que modifiquen a la transmisión del NTSC, pero que sean compatibles con la recepción normal de relación de aspecto 4:3. Estos cambios pueden referirse a los siguientes apartados:

- 1.-Relación de aspecto más ancha
- 2.-Definición de imagen ampliada a valores mejores del doble de la resolución horizontal y vertical del actual NTSC.
- 3.-Cualquier mejora conseguida en la HDTV.

Se entiende que cualquier avance en sonido se incluye en cualquiera de las tres definiciones de IDTV, EDTV y HDTV.

A efectos de identificación, cuando el EDTV se emite con relación de aspecto 4:3 se le denominará simplemente EDTV. Si se emite con relación de aspecto mayor, se le denominará EDTV-Ancha (EDTV-Wide). Si la transmisión requiriera más ancho de banda del actual NTSC, se denominará EDTV-Aumentada (EDTV-AUGMENTED).

CAPITULO V

CLASIFICACION DE

LOS SERVICIOS POR

SATELITE

CLASIFICACION DE LOS SERVICIOS POR SATELITE

Los satélites de comunicaciones comerciales tienen diversas aplicaciones como transmisión de datos, voz, video o combinaciones entre ellos, dando lugar a múltiples servicios, lo que hace necesario establecer una clasificación con el fin de ubicar sus alcances y limitaciones. No existe una clasificación rigurosa de estos servicios de comunicaciones e inclusive algunos servicios pueden estar contenidos en más de una clasificación. La UIT ha definido algunos servicios de comunicaciones vía satélite en su reglamento, entre los que tenemos:

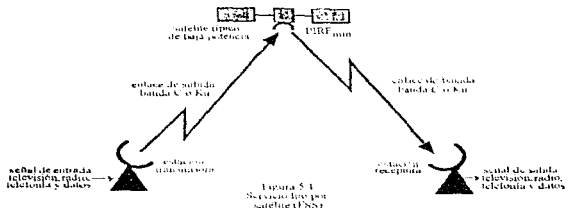
Fixed Satellite Service (FSS)

Servicio Fijo por Satélite.

Reglamento de Radiocomunicaciones
Edición 1982, revisada en 1985, 1986, 1988.
Sección III Servicios Radioeléctricos.
Artículo 21 - Servicio Fijo por Satélite.

Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas, situadas en puntos fijos determinados, cuando se utilizan uno o más satélites, en algunos casos, este servicio incluye enlaces entre satélites que pueden realizarse también dentro del servicio entre satélites, el servicio fijo por satélite puede también incluir enlaces de conexión para otros servicios de radiocomunicación espacial.

El servicio fijo por satélite abarca la transmisión y recepción de televisión, radio, telefonía y datos, con lo cual se desprende que FSS engloba a una gran cantidad de servicios (la limitante de esta clasificación, es que las emisiones del satélite sean a estaciones terrenas fijas), como indica la figura 5.1.



En 1986 por medio de su asamblea plenaria en Dubrovník la UIT particulariza a las comunicaciones vía satélite dedicadas a la radiodifusión y se refiere a estas como BSS (libro amarillo).

Broadcast Satellite Service (BSS)

Servicio de Radiodifusión por Satélite.

Libro X y XI parte 2
Recomendación 566-2

Servicio de radiodifusión por satélite. Servicio de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa (nota 1) por el público en general.

Nota 1.

En el servicio de radiodifusión por satélite el término "Recepción Directa" abarcará tanto la recepción individual como la recepción comunal.

Métodos de Recepción.

- Recepción Individual: Recepción de las emisiones de una estación espacial de BSS con instalaciones domésticas sencillas y en particular, aquellas que disponen de antenas de pequeñas dimensiones.
- Recepción Comunal: Recepción de las emisiones de una estación espacial de BSS con instalaciones receptoras que en ciertos casos pueden ser complejas y comprender antenas de mayores dimensiones que las utilizadas para la recepción individual y destinadas a ser utilizadas
 - Por un grupo de público en general del mismo lugar.
 - Mediante un sistema de distribución que preste el servicio a una zona limitada.

En BSS el término "Recepción directa" es muy general ya que engloba tanto la recepción comunal o con terceros como la recepción individual, pero es necesario remarcar que ambas tecnologías difieren tanto en el segmento espacial como en el segmento terrestre.

En la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones o mejor conocida por sus siglas en inglés WARC de 1977, se reglamentó una banda de frecuencia específica para el servicio de BSS individual para la región 1 y 3, en 1984 reglamentó la región 2 (continente americano), este servicio se conoce comúnmente como "Servicio de Radiodifusión Directa por Satélite" o DBS del inglés, aunque, oficialmente este término no es reconocido, permite particularizar al servicio BSS del tipo recepción individual.

Direct Broadcast by Satellite (DBS).

Radiodifusión Directa por Satélite

Servicio de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa individual por el público en general, con estaciones terrenas económicas, confiables, de manejo sencillo, con escaso y fácil mantenimiento, únicamente receptoras y antenas de pequeñas dimensiones.

Los satélites de comunicaciones tradicionales no pueden proporcionar el servicio debido a sus características tecnológicas, las principales diferencias están enmarcadas en la siguiente tabla:

Características	Difusión Directa	Tradicionales
Bandas de Frecuencia	Ku	C y Ku
Potencia	mayor de 100 [W]	alrededor de 20 [W]
Antenas Receptoras	Parabólicas y planas	Parabólicas
Paneles Solares	Atrioles de grandes dimensiones (masiva)	Estabilización triaxial o Giro

Algunas veces puede causar confusión la transmisión de servicios vía satélite y la radiodifusión también por satélite, la diferencia entre la radiodifusión y la comunicación punto a punto, es que en la segunda, aunque el satélite es un nodo común entre muchas estaciones terrenas y éste bañe con las mismas señales a todas ellas, solo unas estaciones específicas podrán procesar esa información o mejor dicho cada señal tiene un destino específico, en el servicio de radiodifusión las emisiones del satélite se destinan a cualquier persona del público en general, que sea bañada por la huella del satélite y tenga el equipo receptor correspondiente.

El término DBS abarca servicios de radiodifusión por satélite y estas señales pueden ser de audio (algunas estaciones de radio comercial tienen cobertura nacional empleando las comunicaciones satelitales) o de televisión (obligando en algunas ocasiones a ser más específico con las emisiones, por lo que algunas compañías emplean el término DTH).

Direct-To-Home (DTH)

Televisión Directa al Hogar por satélite

Servicio de radiocomunicación, en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales son de televisión, para la recepción directa del público en general, mediante estaciones (TVRO).

Esta clasificación particulariza las emisiones de radiodifusión de televisión sin importar el tipo de estaciones receptoras. Desde que los satélites usaron la banda C, la televisión ya se recibía directamente a los hogares y con más razón en la banda Ku, por lo que el término DTH engloba tanto al servicio FSS (fixed-DBS) como al servicio BSS individual (verdadero DBS).

A continuación se definen otros términos empleados en la transmisión de televisión:

CATV: Cable Antenna Television. Televisión por cable. Las señales de televisión se distribuyen a los abonados mediante una red de cable. Las señales de televisión en RF son distribuidas a un grupo de usuarios mediante una red de cable, en lugar de transmisión inalámbrica por ejemplo cablestero.

SMATV: Satellite Master Antenna Television. Televisión de satélite a antena maestra. Las señales son recibidas en una antena parabólica única y distribuidas a un grupo de usuarios (regularmente mediante cable), este sistema se emplea en lugares donde no existe la radiodifusión convencional o se desea ofrecer programación vía satélite como hoteles, líneas, etc.

CAST: Cable and Satellite Television. Sistema de televisión vía satélite y cable.

TVRO: Television Receive Only, son estaciones terrenas, diseñadas exclusivamente para recibir señales de televisión provenientes del satélite geostacionario.

Satélites de baja potencia: Son satélites cuya potencia por transponder es menor a 20 W.

Satélites de potencia media: La potencia por cada transponder es alrededor de los 40 W.

Satélites de alta potencia: Satélites que tienen potencia mayores a 100 Watts por transponders.

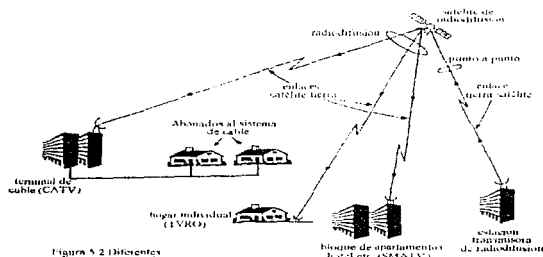


Figura 5.2 Diferentes sistemas de radiodifusión por satélite

CAPITULO VI

SEGMENTO ESPACIAL

SEGMENTO ESPACIAL.

Una de las tecnologías desarrollada a partir de los programas espaciales son los satélites artificiales, estos tienen diversas aplicaciones y entre todos ellos tenemos los dedicados específicamente a los servicios de telecomunicaciones, los cuales definiremos para nuestros fines como una estación espacial destinada a transmitir o retransmitir señales de radiocomunicaciones que gira alrededor de la tierra y cuyo movimiento está principalmente determinado por las fuerzas de atracción de la tierra. Las órbitas que pueden utilizarse para circular la tierra son:

- Órbitas Bajas.
- Órbitas Polares.
- Órbitas Elípticas.
- Órbitas Intermedias.
- Órbitas Geostacionarias.

Debido a las características propias de los sistemas de televisión directa por satélite, es necesario una órbita en la cual el satélite mantenga aparentemente la misma posición en el firmamento con la finalidad de que las antenas de los equipos receptores caseros no tengan que ser corregidas continuamente, siendo la órbita estacionaria la más óptima para este fin, esta órbita cumple con las siguientes características:

1. Geometría circular.
2. Ángulo de inclinación de cero grados, con respecto al plano que corta al ecuador en la tierra.
3. Período de revolución sideral del satélite igual al período de rotación sideral de la tierra (23h, 56m, 4.091s).
4. Altura sobre el nivel del mar de 35 788 Km.
5. Movimiento del satélite de Este a Oeste.
6. Velocidad del satélite de 3 075 m/s.

Existen fuerzas internas y externas que dependiendo de su magnitud afectan en mayor o menor grado las anteriores características, lo que altera la orientación o posición del satélite con respecto a la tierra, esta posición puede variar con la finalidad de no pasar las fronteras de un cubo imaginario cuyas aristas muestra la figura 6.2, en caso contrario habrá necesidad de corregir su posición a partir del sistema de propulsión. Las fuerzas que afectan en mayor o menor grado la orientación o posición son:

- Fuerzas internas que producen giros o efectos perturbadores sobre el satélite como, el movimiento de las antenas, movimiento de los paneles solares, el combustible de los tanques de propulsión y la misma radiación de las antenas manifestándose con mayor fuerza cuando el haz es puntual y con mucha potencia de transmisión.
- Asimetría del campo gravitacional de la tierra, resultado de la forma y la distribución de la masa del planeta que no es homogénea conjugado esto con que la estructura del satélite tampoco lo es, produce un par gravitacional, lo que hace que este gire alrededor de su centro de masa y que su velocidad varíe conforme se desplaza sobre su órbita, variando con esto su posición en longitud.
- Campo gravitacional del Sol y la Luna los cuales combinados producen una inclinación del satélite con respecto al plano ecuatorial del rango de 0.75° a 0.95° al año.
- Campo magnético de la tierra, el que origina un par de baja magnitud.

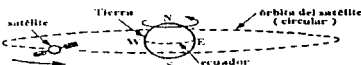


Figura 6.1
Satélite geostacionario

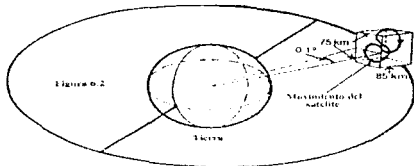


Figura 6.2

- Presión de la radiación solar sobre el satélite, esta fuerza acelera al satélite originando cambios en la excentricidad de la órbita y un giro que modifica la orientación si la resultante no incide en el centro de masa del satélite.
- Impacto de meteoritos, estos dependiendo de su tamaño o fuerza pueden desde cambiar su posición u orientación hasta destruir o inutilizar parcialmente al satélite.

Algunas de estas perturbaciones son mostradas en la figura 6.3. Aunque existen diferentes configuraciones de satélites así como tecnologías para implementarlos todos tienen varias partes en común que a partir de ahora denominaremos sistemas, y los mas importantes son:

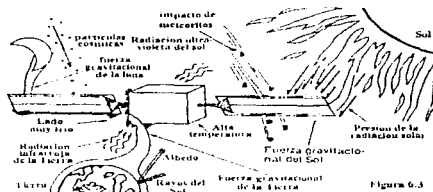


Figura 6.3

Sistema Estructural:

Sistema formado por el armazón del satélite y su función es:

- Soportar impactos externos de meteoritos, así como fuerzas y aceleraciones en el despegue y operación.
- Proveer zonas de montaje a los equipos del satélite
- Permitir las diversas separaciones y despliegues de su equipo en órbita.
- Suministrar referencia optica alineada con la referencia geométrica del satélite.
- Proporcionar el necesario acoplamiento y desacoplamiento tanto eléctrico como térmico.

El sistema debe tener una gran durabilidad, resistencia y poco peso (comúnmente entre un 10 y 20% del peso total) actualmente en su fabricación se emplean materiales como honeycom, magnesio, titanio, aluminio, berilio, acero, grafito y plásticos reforzados con fibra de carbon.

Sistema de Control Térmico:

La función del sistema es mantener los diferentes equipos del satélite dentro de un rango específico de temperaturas de trabajo para su correcto funcionamiento, este rango generalmente difiere en cada sección como indica la tabla derecha, algunos de los factores que afectan la temperatura del satélite son:

- Radiación del sol
- Eclipses (enfriamiento)
- Salidas de los eclipses (calentamiento).
- Calor disipado por los amplificadores de potencia y otros dispositivos
- Radiación de la tierra, integrada por la propia de ella y la del sol reflejada en su superficie (albedo)

Equipo.	Rango de temperaturas
Baterías	0° a 20° C
Celdas solares	-100° a 50° C
Equipo Electronico	-10° a 60° C
Tanques de propulsión	10° a 50° C
Sensores Infrarrojos	20° a 45° C

Muchos de los anteriores factores se juntan a la vez, logrando que varias partes estén expuestas a diferentes temperaturas, esto con jugado con el hecho de que se requieren rangos distintos de temperatura y la necesidad de mantener el equilibrio térmico del conjunto, entre la energía externa y la energía interna que el mismo genera para que dichos rangos se conserven hacen necesario dos tipos de control térmico denominados: activo y pasivo, el primero se logra cubriendo los diferentes equipos con una gran variedad de materiales de diferentes características entre los que tenemos:

- Películas aislantes térmicas, que aíslan las caras externas del excesivo calentamiento o enfriamiento (ejemplo de esto, son las antenas parabólicas que van cubiertas con krapton, las cornetas con mylar y capton aluminizados.)
- Radiadores Externos, son reflectores ópticos (fabricados de cuarzo), semejando a un espejo, los que rechazan el calor exterior y al mismo tiempo transfieren el calor interno al vacío.
- Pinturas con diferentes grados de absorción y emisión, dependiendo de la función y ubicación dentro de la estructura del satélite, por ejemplo, la pintura color aluminio tiene un bajo grado de absorción y de emisión, por lo que la zonas con pintura de aluminio son calientes en la oscuridad, la pintura blanca presenta absorción baja pero admitancia alta, ideal como elemento frío frente al sol (absorbe la radiación infrarroja de la tierra pero rechaza el flujo solar), la pintura negra tiene un alto grado de emitancia y absorberencia por lo que cuando esta expuesta al sol su temperatura de equilibrio es

superior a los 0°C y por último la superficie de metal pulido la cual absorbe la parte visible del espectro solar, pero refleja la radiación infrarroja.

El segundo control térmico opera cuando el satélite se encuentra en un eclipse (la temperatura puede descender a -269°C) y se compone de calentadores eléctricos que son activados mediante termostatos telecomandados junto con conductos de calor (caloductos) para garantizar la transferencia adiabática de calor de las fuentes de calor (amplificadores de potencia) a los radiadores. Los caloductos operan bajo el principio de la evaporización y la condensación sucesiva de un fluido en los extremos del ducto, en el extremo donde está la fuente de calor (amplificadores de potencia) el fluido se evapora y en el otro extremo se encuentra un radiador que transmite el calor al exterior del ducto, en dirección a las partes frías, con lo que el fluido se condensa, pero al recircular en el interior del caloducto pasa nuevamente a la condición de evaporación, comenzando de nuevo el ciclo.

Sistema de Energía Eléctrica:

Su función es suministrar flujo eléctrico con los niveles adecuados de voltaje y corriente sin interrupciones, estas condiciones plantean diversos problemas debido principalmente a las limitaciones de masa y volumen que forman al satélite, la cantidad de potencia eléctrica será función de los requerimientos de cada sistema, pero en los satélites de comunicaciones, la mayor demanda de potencia viene del sistema comunicaciones, los principales elementos del sistema de energía eléctrica son:

- Celdas solares: las cuales transforman la energía solar en eléctrica y se basan en el principio de efecto fotovoltaico, por lo que a mayor densidad de flujo de la radiación solar (el cual crece al acercarse la tierra al sol) o menor temperatura de exposición mayor es el voltaje, las celdas solares comúnmente ocupan una área de 5 cm^2 y su eficiencia es de un 10 a 15% dependiendo del material empleado en su fabricación (Silicio o Arsenuro de Galio) y esta eficiencia disminuye conforme transcurre su vida útil del satélite (por ejemplo hay una disminución del 30% en 7 años con respecto a la eficiencia original) por lo que es necesario arreglos en serie o en paralelo, formando los llamados paneles solares. La ubicación depende del tipo de estabilización del satélite, cuando la estabilización es por giro o rotación, los arreglos cubren casi totalmente su perímetro, pero debido a su cuerpo cilíndrico, solo un tercio del cuerpo está expuesto a los rayos del sol reduciendo la capacidad de generación de energía eléctrica, para solventar esto se emplea un mecanismo telescópico, el segundo tipo de estabilización es la triaxial, en esta configuración las celdas se colocan en paneles exteriores, los cuales van plegados durante el lanzamiento y se extienden, cuando el satélite está en órbita, la ventaja de esta configuración es que un mecanismo orienta los paneles a los rayos del sol, permitiendo aprovechar al máximo todas las celdas solares.
- Bancos de baterías, estos bancos se cargan cuando las celdas solares están expuestas al sol y funcionan durante los eclipses o en las horas pico de mayor demanda de energía, esta comunicación entre las dos fuentes de suministro ocurre cuando los receptores eléctricos detectan una disminución en el nivel de energía suministrada por las celdas a los equipos y conecta las baterías automáticamente. Las baterías comúnmente empleadas son de níquel-cadmio por su confiabilidad y larga duración pero la relación potencia/peso es baja por lo que están siendo reemplazadas por baterías de Níquel-Hidrógeno cuya eficiencia por kilogramo es del doble.
- Reguladores, convertidores y circuitos de protección, que permiten regular y distribuir la electricidad con los niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.

Sistema de Posición y Orientación:

Este sistema determina la posición y orientación del satélite con respecto a la tierra, punto fundamental ya que si el satélite modifica cualquiera de estos dos parámetros se perdería calidad o el mismo enlace en la zona de cobertura, para mantener la orientación de la estructura del satélite estable con respecto a su superficie de servicio terrestre existen dos técnicas y son:

- Estabilización por giro, técnica empleada en satélites con cuerpo cilíndrico y consiste en hacer girar al satélite sobre su eje (eje paralelo al de rotación de la tierra) para conservar el equilibrio del conjunto, en esta técnica la parte exterior del equipo gira mientras que el resto de la estructura, especialmente las antenas, que están orientadas hacia la tierra se mantienen fijos, la unión entre la sección de giro y la de no giro es un mecanismo de rodamiento y transferencia de energía eléctrica con muy poca fricción llamado BAJPA, este posee rodamientos para la interfase mecánica, anillos conductores para la transferencia de flujo eléctrico de una sección a otra y motores que controlan la velocidad relativa entre ambas secciones, este tipo de satélites se observa en la figura 6.4

- Estabilización triaxial, en esta técnica la estabilización de la estructura del satélite se conserva mediante volantes giratorios que van colocados en su interior, sobre cada uno de los tres ejes usados como referencia para definir la orientación del satélite con respecto a la superficie terrestre, de ahí que este tipo de satélites no giren y aparentemente permanecen estáticos con los paneles solares extendidos observando al sol y las antenas apuntando a la zona de servicio terrestre, un ejemplo de estos tipos de satélites lo muestra la figura 6.5

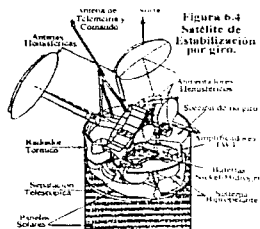


Figura 6.4
Satélite de
estabilización
por giro.

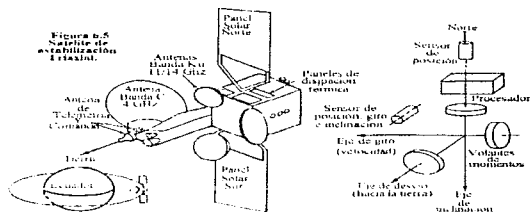


Figura 6.5
Satélite de
estabilización
triaxial.

Independientemente del tipo de estabilización es necesario monitorar la posición del satélite sobre su órbita y orientación con respecto a la tierra.

Para conocer la posición del satélite se requiere medir la distancia y ángulo con relación al centro de control. La distancia del satélite a la estación terrena se hace transmitiendo una señal piloto al satélite, la cual es retransmitida instantáneamente y mediante la diferencia de fase entre la transmisión y la recepción se obtiene la distancia.

Para evaluar el ángulo en el arco geostacionario hay dos técnicas:

- Interferometría: esta técnica compara las señales piloto recibidas por dos estaciones terrenas separadas.
- Técnica de máxima recepción, en ella se mueve gradualmente la antena terrestre hasta detectar el nivel máximo de radiación, al ocurrir esto, se considera que la antena está orientada hacia el satélite y por ende se obtiene el ángulo.

La medición de la orientación puede ser mediante:

- Sensores de sol, son elementos fotovoltaicos cuya magnitud dependen de la dirección de los rayos del sol relacionan la energía generada con el ángulo entre la dirección en que se halla el sol y uno de los ejes del cuerpo del satélite.
- Sensores de tierra, detectan la radiación infrarroja emitida por la tierra (bolómetros o termopilas).
- Sensores de radiofrecuencia estos últimos cuantifican señales piloto transmitidas desde la estación terrena de control, obteniendo con gran precisión la diferencia angular que hay entre el eje principal de radiación de la antena del satélite y la trayectoria de las ondas del haz piloto.

Sistema de Propulsión:

Este sistema junto con el sistema de estabilización se encargan de mantener al satélite estable en su órbita, actualmente existen dos tipos de propulsores:

- Propulsores eléctricos, esta innovadora tecnología, proporciona bajos impulsos (menos de 0.1N) con un impulso específico alto, pero necesita un alto voltaje. Los principales impulsores eléctricos son los de plasma y de ión (la ionización puede ser por mercurio o por emisión de campo).

- **Propulsores químicos** su principio básico es la generación de gases a muy alta temperatura en el interior de una cámara mediante la reacción química de propelentes, y los gases se aceleran al pasar por una tobera de escape cuya boquilla disminuye gradualmente y después se ensancha. La eficiencia del propulsor se caracteriza por el empuje y el impulso específico del propelente que utiliza. cada propelente produce un tipo de velocidad diferente con cierta cantidad de masa consumida; cuanto menor sea la masa necesaria para producir un incremento de velocidad determinado, mayor es el impulso específico del propelente (impulso específico se define como el empuje producido por unidad de masa del propelente entre el tiempo consumido). Para economizar los costos de almacenamiento y peso se requiere propulsores que utilicen combustible de impulso específico muy alto. En la actualidad para iniciar la combustión se emplean sistemas bipropelentes, en los que no se emplea un catalizador, sino dos propelentes distintos, un combustible y un oxidante que al unirse, se produce la combustión instantánea sin necesidad de algún sistema de ignición.

Es importante comentar que la vida útil del satélite depende fundamentalmente de este sistema, al agotarse el combustible, ya no es posible realizar maniobras de corrección, obligando a sacarlo de la órbita ocupada.

Sistema de Rastreo, Telemetría y Telecomando:

Este sistema se utiliza para:

- Transmitir información de manejo doméstico y estado del satélite a la estación de control terrestre
- Suministro angular y rangos de medición para permitir la localización del satélite
- Recepción de señales de comando desde la estación terrestre de control, para iniciar maniobras de corrección, mantenimiento y operación del satélite

La telemetría se encarga de adquirir las lecturas de todos los sensores que están a bordo del satélite y transmitirlos a la estación de control, entre los datos adquiridos por los sensores tenemos los necesarios para el control del satélite, sistema de comunicaciones y los que nos indican el estado de cada sistema.

El rastreo o función de seguimiento permite conocer la distancia y trayectoria del satélite. La operación se efectúa mediante la transmisión de varias señales piloto (7 u 8 distintos tonos en kilohertz) moduladas en fase con la portadora de la estación de control, el satélite los retransmite en el enlace descendente y estos tonos son comparados en la estación de control lográndose determinar con un error de unos cuantos metros la distancia del satélite.

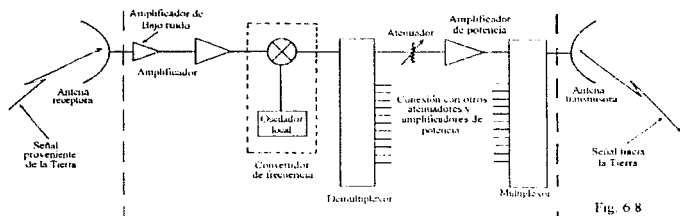
Con respecto a las antenas para rastreo, telemetría y telecomando en el satélite se utilizan:

- Antena omnidireccional en la órbita de transferencia estableciendo comunicación en las bandas de VHF y S (frecuencias sobre los 140 MHz y 2 GHz)
- Antenas de comunicaciones en operación, ya que las señales para telemetría y comando ocupan muy poco ancho de banda.

Los comandos son señales de control remoto desde la estación terrestre de control que permiten efectuar las correcciones en la operación y funcionamiento del satélite, como; cambiar la ganancia de los amplificadores, cerrar o abrir algún interruptor, cambiar transponders, modificar la orientación de la estructura, extender los paneles solares durante la colocación de órbita, mover las antenas y encender el motor de apogeo. Todos estos señales de comando son codificadas y verificadas, esto es, la estación de control transmite los comandos y el satélite los retransmite, al centro de control, donde son verificados, y de comprobarse que fueron recibidos correctamente, entonces el centro de control los retransmite para que el satélite proceda a ejecutarlos.

Sistema de Antenas:

Su función es recibir las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras y entregarlas como señal eléctrica al sistema de comunicación para que las procese y entregue nuevamente para su transmisión como señal electromagnética concentradas en un haz de potencia. El diseño de la antena del satélite está condicionado a las frecuencias que tenga que trabajar y a la cobertura que deban tener sobre la superficie de la tierra.



Convertidor de Frecuencia:

Esta unidad translada las señales captadas a frecuencias más bajas correspondientes al enlace descendente.

Demultiplexor:

El demultiplexor separa todo el conjunto de señales en grupos o bloques, el número de salidas de cada demultiplexor dependerá del diseño de cada satélite en particular, y es resultado de planificar la división del ancho de banda total del satélite entre el número de transponder descendidos, los elementos utilizados en esta unidad son filtros, circuladores, osciladores y aisladores.

Atenuador:

Esta unidad antecede a la etapa de potencia y atenua a control remoto y en distintos grados, la intensidad del bloque de señales, logrando con esto regular la intensidad de las portadoras, para que la amplificación tenga un nivel aceptable de ruido de intermodulación.

Amplificador de Potencia:

Este equipo amplifica la señal o bloques de señales a niveles de potencia adecuado para la transmisión a tierra, actualmente pueden ser tubos de onda progresiva (TWT) o de estado sólido integrados con transistores de efecto de campo (FET) y es la sección más crítica al desarrollar un sistema vía satélite. La potencia transmitida por un satélite está estrechamente relacionada con las dimensiones de las estaciones terrenas receptoras de los usuarios, debido a que en DBS se emplean antenas receptoras menores a un metro, la potencia de salida de estos satélites es muy alta (más de 100 watts) y comúnmente se emplea TWT en los amplificadores, con el inconveniente de tener una respuesta aliméat, manifestándose en que al ingresar más de una señal, el equipo genera señales indeseables que se agregan a la información original en la salida, distorsionándola. El conjunto de estas señales indeseables se conoce como ruido de intermodulación, la intensidad de este ruido aumenta hasta llegar al máximo posible correspondiente al punto de saturación del amplificador.

Multiplexor:

Este equipo tiene una función inversa a la del demultiplexor de entrada, ya que su misión es reunir en una misma salida las señales procedentes de cada unidad de canal y encaminarlas a la antena emisora, los elementos que componen esta unidad son elementos pasivos. Dos limitaciones se contemplan en el diseño de la unidad. Una que se deriva de las altas potencias de la salida de los amplificadores de potencia de los diferentes canales, lo que produce elevadas temperaturas en su interior, y la otra limitante se refiere a las bajas pérdidas que debe presentar esta sección.

Bandas de Frecuencia y Potencia:

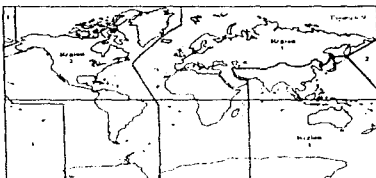
La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es la organización mundial encargada de regular los servicios de comunicaciones para los sistemas satelitales mundiales o regionales, esta organización tiene más de 150 países miembros, y emplea varios funcionarios de base, quienes velan por la aplicación de los acuerdos en el ambiente internacional, asegurando el funcionamiento normal, así como la continuidad de las actividades de la Unión. También realizan los preparativos necesarios en documentación, estudios e investigaciones, etc para evitar las pérdidas de tiempo en las conferencias internacionales que promueve, ya que los representantes gubernamentales de los diferentes países, solo pueden reunirse a intervalos poco frecuentes por periodos menores a 3 meses y sus principales órganos son:

- Conferencia de plenipotenciarios.
- Conferencia Administrativa.
- Organismos permanentes.
- Secretaría General
- Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB).
- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR).
- Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT).

Las conferencias son el principal mecanismo de acción que tiene la unión para la consecución de sus objetivos, y esta constituida por la totalidad de las delegaciones gubernamentales de los países miembros. Las decisiones se toman a partir de las delegaciones y por consenso mayoritario.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ha dividido el mundo en 3 regiones como muestra la figura 6.9, con el fin de coordinar sus recomendaciones en materia de servicio de telecomunicaciones, y son:

- Región 1: África y Europa.
- Región 2: América y Groenlandia
- Región 3: Asia y Oceanía.



El uso del espectro de frecuencias radioeléctricas se ha pormenorizado con participación de todos los países miembros de la UIT en conferencias regionales y mundiales celebradas tanto en Ginebra, como en otros países que figuran como países anfitriones.

En estas conferencias se realizan planes regionales y mundiales, por servicios específicos, tomando en cuenta los problemas que se pudieran presentar con servicios de radiocomunicación que deban convivir. Para el servicio de satélite, la Conferencia Administrativa de Radio Mundial (WARC), que trabaja bajo los auspicios de la UIT y la conferencia Administrativa de Radio Regional (RARC) definieron la localización de frecuencias según indica la tabla.

Banda de frecuencia (GHz)	1	2	3	Aplicación	Designación ITU radar STD 521
3.4 a 4.2	d	d	d	Comercial	banda C
4.5 a 4.8	d	d	d		
5.725 a 5.850	a	-	-		
5.850 a 7.075	a	a	a		
7.25 a 7.75	d	d	d	militar	banda X
7.90 a 8.40	a	a	a		
10.7 a 11.7	1	d	d	comercial	banda Ku
11.7 a 12.2	-	d	-	2	
12.50 a 12.70	1	-	d	2	
12.7 a 12.75	1	-	d		
12.75 a 13.25	a	a	a		
14 a 14.5	a	a	a		
14.5 a 14.8	a	a	a	2	
17.3 a 18.1	d	d	d	2	
18.1 a 20.2	d	d	d	comercial	banda K
20.2 a 21.2	d	d	d	militar	
27 a 27.5	-	a	a	comercial	banda Ka
27.5 a 30	a	a	a		
30 a 31	a	a	a	militar	

Donde:

- 1; A/D
- 2; Restringido para alimentar a BSS
- n; ascendente
- d; descendente

Las bandas de frecuencias también son designadas con literales, tales como banda C o banda Ku, costumbre originada en la segunda guerra mundial con el fin de mantener en secreto la frecuencia exacta del radar, esta es la razón de que las letras no tengan una secuencia lógica. Al terminar la guerra, estas designaciones se desclasificadas y redifinieron, la siguiente tabla muestra las bandas que se aplican en los satélites comerciales de comunicaciones.

Rango de frecuencias GHz			Literal
1.5	a	1.6	L
2.0	a	2.7	S
3.7	a	7.25	C
7.25	a	8.4	X
10.70	a	18.0	Ku
18.0	a	31.0	Ka
44			Q

Región	Rangos de frecuencia en GHz
1*	11.7 a 12.5
2*	12.2 a 12.7
3*	11.7 a 12.5

En 1977 la WARC se reúne y define las frecuencias para DBS como muestra la tabla izquierda:

Las especificaciones técnicas y los parámetros básicos para las regiones 1 y 3 se muestran en la tabla 1.

Parámetros	Valor
G/T	0 dB / °K
S/N	33 dB
LNA noise figure	3 dB
C/N	14 dB
Co-Channel interference	30 dB
Adjacent Channel Interference	14 dB
Received PFD Reg 1 y 3	-100 dBW/ m sq HZ -103 dBW/ m sq HZ

tabla 1

Los parámetros para la región 2 se dieron hasta 1983 por la RARC y son los que muestra la tabla 2.

Parámetros	Valor
Recepcion G/T	10 dB/K
S/N	33 dB
Figura de Ruido LNA	3 dB
C/N	14 dB
Rx PFD	-107 dBW
Polarización	Circular
Espacio de Canal	13.58 MHz

Tabla 2

Es importante mencionar, que para que un satélite DBS tenga cobertura internacional, es necesario que siga los parámetros indicados por la WARC o RARC, pero si este sistema satelital va a ser doméstico y la asignación de frecuencias puede ser conforme lo designe la agencia nacional encargada de este propósito, sin necesidad de que siga los anteriores lineamientos.

CAPITULO VII

SEGMENTO TERRESTRE

SEGMENTO TERRESTRE

En un sistema de comunicaciones vía satélite se denomina segmento terrestre a todas las estaciones terrenas (ET) diseñadas para comunicarse con el desde la tierra. Uno de los elementos más importantes tanto en el segmento terrestre como en el espacial son las antenas, ya que son ellas las que comunican ambos segmentos y aunque sólo sean una pequeña parte de todo el sistema son dignas de una consideración especial por lo que empezaremos con una breve descripción general de sus características para posteriormente enfocarnos a las empleadas en el sistema.

Antenas:

Una antena es un elemento acoplador entre la línea de transmisión y el medio de propagación que permite la emisión, recepción o ambos procesos simultáneamente, lo que le confiere una doble función. La primera es la de actuar como un dispositivo transformador de impedancia que adapta la impedancia de la línea de transmisión con la del vacío y la segunda función es la de poder dirigir la radiación en la dirección deseada y lo que es más importante, suprimirla en otras direcciones en las cuales no sea necesario radiar, es decir, concentra una gran parte de potencia en un haz que puede ser dirigido a voluntad. Las características que se deben considerar en una antena son:

Patrón de Radiación:

El patrón de radiación es la forma que adopta la señal radiada por la antena y se representa mediante gráficas que muestran la forma en la que el campo eléctrico (o magnético) varían con respecto a un sistema de referencia como el cartesiano (x, y, z) o en coordenadas polares (ángulos θ, ϕ) como indica la figura 7.1. A las superficies cerradas que muestran la distribución de la potencia de la antena en el patrón de radiación se les conoce como lóbulos, distinguiéndose principalmente:

- Lóbulo(s) principal(es).
- Lóbulos secundarios.

El primero concentra la mayor parte de la potencia radiada y nos proporciona la directividad y ancho del haz. Los segundos son consecuencia de las dimensiones finitas de la antena con respecto a la longitud de onda, produciéndose efectos de difracción en forma de lóbulos laterales. Estos lóbulos separados del lóbulo principal y entre sí por nulos o campos mínimos representan generalmente eficiencias de la antena. En la práctica se intenta mantener al mínimo estos lóbulos. El ancho del haz se define como la separación angular en un plano dado, entre los puntos situados a ambos extremos del lóbulo principal que se encuentran a 3 dB abajo de la potencia máxima, como muestra la figura 7.2.

Polarización:

La polarización es la propiedad de una onda uniforme plana, que describe las variaciones de amplitud y dirección en el tiempo del vector intensidad de campo eléctrico $\vec{E}$. Se tiene polarización lineal si el vector de intensidad de campo eléctrico describe sus variaciones como una línea y puede ser horizontal o vertical, dependiendo de como este cambie con respecto al plano de la tierra, como se puede apreciar en el dipolo que muestra la figura 7.3.

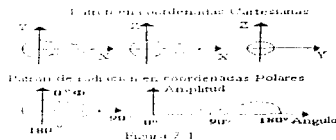


Figura 7.1

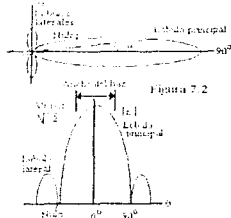


Figura 7.2

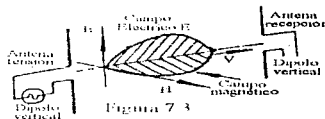
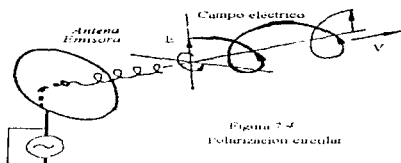


Figura 7.3

Si se utiliza una combinación de ambas polarizaciones, se logra un desfase entre el campo eléctrico horizontal y vertical de $\pm 90^\circ$ de tal forma que mientras un campo es máximo el otro es mínimo, y se propaga en rotación, se obtiene una polarización circular ya que el vector resultante se encuentra girando con respecto a un punto, pero su magnitud se mantiene constante, pudiendo ser dextrogiro o circular derecho (sentido horario) y circular izquierdo o levogiro (antihorario), como muestra la figura 7.4. Si ahora en la polarización circular variamos las amplitudes de los 2 vectores eléctricos se tendrá una polarización elíptica.



Ganancia, Directividad y Eficiencia:

La ganancia de una antena es la medida de la potencia radiada por la antena en estudio en un punto de recepción y la potencia radiada en el mismo punto por una antena de referencia alimentada con la misma potencia de entrada que la antena en estudio.

$$G = \frac{P_r}{P_r} \quad \text{regularmente se proporciona en dB como:} \quad G_{dB} = 10 \log \frac{P_r}{P_r}$$

donde: G : ganancia

P_r : potencia radiada por la antena en estudio

P_r : potencia radiada por una antena de referencia.

Usualmente la antena de referencia es una antena isotrópica o fuente puntual, que tiene la facultad de radiar en todas direcciones y con la misma intensidad, tal facultad implica que la potencia total radiada se distribuye uniformemente en el espacio y por tanto la potencia radiada está distribuida uniformemente en el área de una esfera y no tiene pérdidas. Usualmente las antenas se dirigen en la dirección de máxima radiación, por lo que un término muy útil es la directividad que se asocia a la ganancia como:

$$G = \eta D \quad \text{Donde } \eta \text{ es la eficiencia y } D \text{ es la directividad}$$

No toda la potencia que alimenta a la antena se convierte en energía electromagnética, parte de la energía se convierte en calor, resultado de la resistencia óhmica interna del conductor que forma la antena. Una forma de cuantificar cuanta energía se pierde por efecto Joule es a partir de la eficiencia (η) de la antena y queda definida como:

$$\eta = \frac{P_r}{P_o} \quad ; \quad \eta \leq 1 \quad ; \quad \eta \% = \eta \times 100 \quad \text{donde: } P_o \text{ es la potencia de alimentación}$$

Área Efectiva, Impedancia de Entrada y VSWR

El área de apertura en una antena no siempre capta con la misma intensidad la potencia que incide en ella, lo anterior obliga a considerar una área de apertura efectiva de antena, definida como la relación de la potencia que se recibe a la salida de la antena y de la densidad de potencia que existe en la región cercana a donde está situado la antena. El área de apertura se define por la expresión:

$$A_e = \text{Potencia recibida a la salida (W)} / \text{Densidad de potencia alrededor de la antena (W/m}^2\text{)}$$

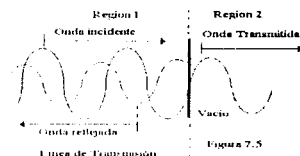
El área de apertura de la antena está relacionada con la área efectiva de apertura mediante la expresión:

$$A_e = \eta_a A$$

El área efectiva de apertura se relaciona con la ganancia y la frecuencia de operación por medio de la expresión:

$$A_e = \lambda^2 G / 4\pi$$

La impedancia de entrada de una antena es un factor importante para lograr una adecuada interconexión de la antena con otros componentes. La impedancia se considera para la transferencia de potencia, el ruido, la estabilidad de los circuitos activos y del amplificador de bajo ruido. En la práctica se desea un acoplamiento entre la antena y la línea de transmisión, para aprovechar al máximo la potencia, lo que se logra al igualar la impedancia de la línea con la de la antena, de no lograrlo, es decir que las impedancias sean diferentes, hay pérdidas de potencia debido a que la señal refleja parte de ella a la línea como muestra la figura 7.5. La potencia reflejada relativa a la potencia incidente en la línea está determinada por:



$$\frac{P_r}{P_0} = \left[\frac{Z_a - Z_0}{Z_a + Z_0} \right]^2 \quad \text{donde } Z_0 \text{ es la impedancia característica de la línea y } Z_a \text{ la impedancia de antena}$$

Al tener una reflexión de la señal de la línea de transmisión, se forma una onda estacionaria, la relación de voltaje de onda estacionaria o VSWR representa la relación entre el voltaje máximo y mínimo de la onda estacionaria que se forma y se define como:

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

La relación entre la señal reflejada y la señal incidente es el coeficiente de reflexión y se define como:

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i}$$

La relación de potencia reflejada e incidente en función del VSWR y del coeficiente de reflexión es:

$$\frac{P_r}{P_i} = |\Gamma|^2 = \left[\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right]^2$$

El coeficiente de reflexión se relaciona con las pérdidas de retorno en forma logarítmica como:

$$\text{Pérdidas de retorno} = -20 \log |\Gamma|$$

El coeficiente de reflexión indica las pérdidas por desacoplamiento en la antena, las pérdidas por desacoplamiento se determinan como:

$$L_{dB} = -10 \log (1 - |\Gamma|^2)$$

ESTACIONES TERRENAS

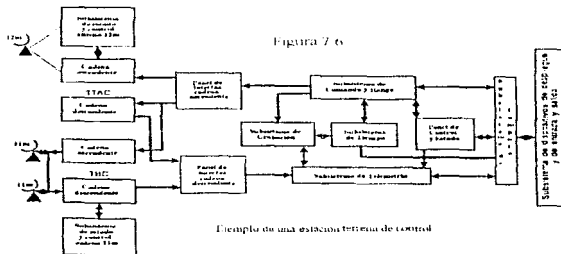
El término estación terrena se aplica indistintamente a todo equipo terminal que se comunique desde la tierra con el satélite sin importar su complejidad, existe una gran variedad de estaciones terrenas dependiendo de las necesidades del usuario. Para un sistema de televisión vía satélite existen básicamente tres tipos de estaciones terrenas y son:

Estación Terrena de Control:

Esta estación tiene básicamente las siguientes funciones:

- Procesar los datos de telemetría, para determinar el estado interno del satélite.
- Monitoreo y supervisión en caso de que el sistema así lo requiera.
- Determinar la posición del satélite a partir de los datos de rango (elevarción, azimut, distancia) y de los datos generados por los sensores del satélite.
- Enviar comandos al satélite para encender los cohetes impulsadores para corrección de la órbita, y comandos para configurar el equipo.
- Obtener grabaciones y archivos que permitan establecer una historia detallada del transcurso de la vida del satélite.

Estas funciones se coordinan en el centro de control y este básicamente contiene los subsistemas de: radiofrecuencia, telemetría, comando y rango, paneles de estado y control, grabación, sistema de tiempo, computo, la figura 7.6 muestra a manera de ejemplo la configuración del sistema de control de los satélites Morelos aunque este sufrió modificaciones para albergar al sistema solidandad.



Ejemplo de una estación terrena de control

Estación Terrena Emisora de Programas. (Main Earth Station):

Normalmente los centros de producción de programas o programación no suelen coincidir con la estación terrena principal, por lo que su comunicación se establece mediante fibra óptica o un enlace radioeléctrico. La figura 7.7 muestra un diagrama de bloques básico de este tipo de estaciones.

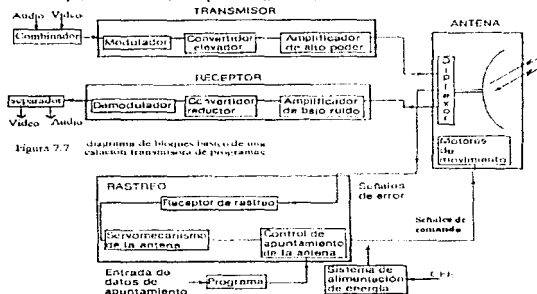


Figura 7.7 diagrama de bloques básico de una estación transmisora de programas

Las principales funciones de la estación principal:

- Adecuar las señales de televisión captadas del centro de programación para su transmisión al satélite desde donde se realizará la radiodifusión de las mismas
- Controlar los canales de satélite y la calidad del enlace.
- Monitoreo y control de la red.

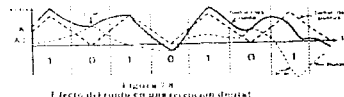
La sección de transmisión establece el enlace ascendente con el segmento espacial auxiliándose de:

- **Combinador**; este empujante tanto la señal de audio y video para que puedan pasar a la sección de modulación, en sistemas digitales este combinador es en realidad un codificador
- **Modulador**; una vez hechas todas las combinaciones necesarias de multiplexaje (**TDM** o **FDM**), este bloque se encarga de modificar una señal interna (portadora) en función de la señal recibida (moduladora) resultando la señal modulada o señal de frecuencia intermedia, este nombre se debe a que es el primer paso de transacción de frecuencia a la frecuencia del enlace ascendente, pero aun no es la requirida para establecerlo, es aquí donde dependiendo del formato del mensaje la modulación será en **FM** (para analógico) o **QPSK** (para digital)
- **Convertidor elevador**, traslada la señal de **FI** a la **RF** necesaria para el enlace ascendente que en DBS es de alrededor de 17 Gigahertz, pero esta señal trasladada presenta el inconveniente de tener un nivel de potencia muy bajo
- **HPA (High Power Amplifier)**, una vez modulada y trasladada la señal al rango de frecuencias establecidos se amplifica la señal a los niveles de potencia permitidos, esta potencia es función de la técnica de acceso al satélite, ya que si se emplea la técnica de acceso a transponder lleno, se puede amplificar la señal a la potencia máxima, pero en caso de no ocupar todo el transponder en la emisión solo se permite una fracción de la misma para evitar el crecimiento del ruido de intermodulación, existen fundamentalmente dos tipos de HPA, el TWT y el kustron

Lo único que podría ser innecesario en las ETP sería la cadena de recepción, ya que la radiodifusión implica una comunicación unidireccional, sin embargo es muy conveniente poder supervisar la radiodifusión a través del satélite por lo que se debe considerar esta cadena como parte de estación de transmisión. En un sistema de radiodifusión directa de TV se tiene que supervisar los parámetros más importantes de las portadoras transmitidas a través del satélite con objeto de comprobar de una forma continua su desempeño, con lo que se asegura que tanto la estación transmisora como el segmento espacial están radiando las señales dentro de los límites admisibles para la recepción en tierra por parte de los usuarios sin de calidad considerable. Los parámetros a supervisar son: potencia y frecuencia de la portadora, relación portadora a ruido y fundamentalmente se analizan los parámetros más significativos de las señales de video y audio que permiten determinar la calidad con la que reciben el servicio los televidentes. Todo lo anterior es integrable dentro de la misma estación, ya que solo requiere interconectarse con la etapa de frecuencia intermedia, con la ventaja que se puede disponer de toda la información sobre las condiciones en las que se ha emitido las señales al satélite, así como la de cualquier interrupción o alarma que se haya generado en la transmisión, lo que permite determinar si las variaciones de calidad de las señales son debidas al enlace ascendente o a la degradación del satélite

Las partes que forman al receptor en la estación receptora son,

- **Amplificador de bajo ruido**, al igual que en el satélite la potencia de la señal recibida es muy pobre por lo que es necesario amplificarla pero sin agregarle niveles grandes de ruido porque de lo contrario se perdería, de esto se encarga el amplificador de bajo ruido, la figura 7.8 muestra el efecto del ruido sobre una señal digital
- **Convertidor de frecuencia y Demodulador**, esta sección se encarga de bajar la alta frecuencia a frecuencia intermedia para ser entregada al demodulador. La señal de radiofrecuencia que sale del convertidor de bajada aun está modulada en **FM** o **QPSK**, el siguiente paso es recuperar la señal, de lo cual se encarga el demodulador, en caso de que la señal este codificada es necesario también en la recepción un decodificador de audio y video



Estación Receptora Doméstica:

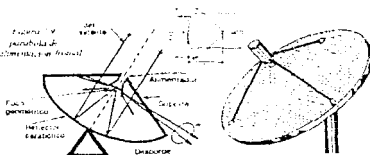
Este nombre es genérico, ya que cada compañía lo bautiza conforme a su criterio, un ejemplo es el sistema de Direct TV, el cual lo denomina DSS (Digital satellite System) sin importar si es manufacturado por RCA o General Electric, estas estaciones son diseñadas para recibir y procesar solo señales de televisión provenientes de satélites, con el fin de ponerlas en el formato adecuado para que pueda alimentar al televisor de un sólo usuario que este conectado a ellas, las partes que lo componen son:

- Antena Receptora
- Unidad Externa o LNB
- Unidad Interna o Receptor Satelital

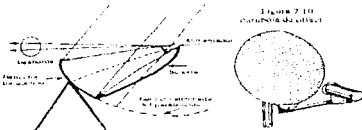
Antenas Receptoras:

Debido a la longitud de onda de 2.4 a 2.75 cm de la banda Ku con la que se establece el enlace de bajada y a la distancia que recorren las señales, se emplean antenas parabólicas y últimamente antenas planas. Las primeras consisten en un reflector parabólico el cual tiene como misión concentrar toda la energía electromagnética captada por su superficie en un punto común llamado foco, este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en el se coloca el alimentador que generalmente es una antena de corneta, este alimentador es esencial ya que define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos, hay diferentes tipos de antenas parabólicas pero las utilizadas son las de alimentación frontal o de foco primario, descentrado o de offset y por último las Cassegrain.

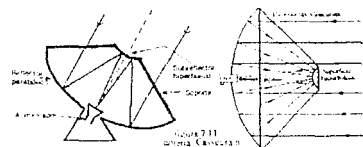
Las antenas con alimentador frontal, la corneta en la que inciden la energía del plato coincide con el eje de la antena, lo que implica que la corneta apunta hacia el suelo, con el inconveniente que aparte de captar las señales del plato también capta las señales reflejadas por el suelo, lo que degrada la calidad de la señal recibida, si al sumarse esta fuera de fase con la señal real, junto con una zona de sombra en la parabola y esta zona no es operativa como muestra la figura 7.9, aún con estos inconvenientes, este tipo de antenas es la más empleada por su fácil construcción y precio económico.

Figura 7.9
Alimentador de offset

Las antenas de OFFSET, solo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella; es decir, los ejes de la corneta y del plato no coinciden, de allí su nombre, como muestra la figura 7.10, la manufactura de estas antenas es más costosa que la de alimentador frontal, pero tiene un gran rendimiento con diámetros interiores a 1.20 m.

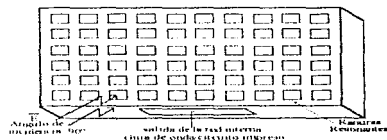


La Antena Cassegrain, es la más eficiente de las antenas de tipo parabólico y es la habitual para estaciones terrenas de grandes dimensiones, consta de un método indirecto de alimentación, uno principal y parabólico y otro de tipo hiperbólico, situado en el foco del primero. El conjunto forma un doble reflector. El alimentador se coloca en el centro geométrico de la parabola, siendo esta doble reflexión que sufre la señal en su camino al alimentador, la principal característica del sistema, la figura 7.11 muestra una de estas parabolas.

Figura 7.11
Antena Cassegrain

Un tipo completamente nuevo e innovador de antenas, son las antenas planas, estas antenas consisten en cientos de elementos radiadores que componen un arreglo sobre delgadas superficies de sustratos o metálicas, en realidad una antena plana es un sistema formado por varias ranuras, donde cada una es un pequeño dipolo y la potencia recibida por todos se suma por medio de una red de guías de onda o circuito impreso como muestra la figura 7.12, de ahí que desde el punto de vista de los alimentadores estos arreglos planares se dividen en dos grupos: antenas de arreglos impresos y antenas ranuradas (arreglos de guía de onda) las antenas planas cuentan con las siguientes ventajas:

- Baja pérdida debido a vientos, lluvia o nevascas.
- Facilidad de mantenimiento e instalación en las paredes de las casas.
- El área es aprovechada mejor que en un plato parabólico y la ganancia es mayor.

Figura 7.12
Antena plana

Las antenas de arreglos impresos emplean microcintas, cintas con estructuras de tres superficies y cintas suspendidas, como su red principal de alimentadores. Muchos tipos de elementos radiadores son utilizados en combinación con sus líneas de alimentación. Hasta ahora las pérdidas en la alimentación varían entre 2 y 6 dB/m a los 12 GHz, de acuerdo a la estructura de alimentación y al material de que esta hecho el sustrato, lo anterior es importante debido a que disminuyen las pérdidas de alimentación para obtener una alta ganancia en la eficiencia de la apertura, además, los alimentadores en los arreglos de guía de onda ranuradas son guías de onda circulares o rectangulares. Las pérdidas por alimentación en tales guías de onda se consideran despreciables, lo que hace factible una eficiencia de apertura de más de 70%. En la tabla se puede apreciar los diferentes tipos de antenas planares que existen y la polarización asociada a cada una de ellas así como el tipo de alimentadores.

TIPO	ALIMENTADOR	ELEMENTO RADIADOR	POLARIZACIÓN	η aprox %
Antenas de arreglos impresos	Cinta	Ranura ancha	Lineal	14
		Ranura	Lineal	n/a
		Cinta peme	Lineal	20
		Cinta Manivela	Circular	62
		Cinta Ranura	Circular	n/a
	Cinta de tres Superficies	Huella Cuadrada	Circular	60
		Dipolo Doblado	Lineal	50
		Ranura rectangular	Circular	65
	Cinta Suspendida	Huella Circular	Circular	n/a
		Corneta Circular	Lineal	15
Antenas de arreglos de guías de onda ranuradas	Guía de onda circular	Huella circular	Circular	n/a
		Ranuras pares	Circular	76
		Ranura J-Larga	Lineal	n/a
	Guía de onda rectangular	Ranura Cruzada	Circular	80

Cabe comentar que la recepción de señales de TV ranuradas por satélites DBS requieren de antenas con una ganancia de aproximadamente 33 dBi y ancho de banda de 3.3 al 4.7 %, para television que no sea de alta definición. Las antenas parabólicas son las más usadas para estos requerimientos, con la característica que son de pequeñas dimensiones, pero presentan el gran problema en el montaje, y en la línea de vista con el satélite (a causa de su estrecho haz), siendo este el motivo que propicio la investigación de otro tipo de antenas, el resultado de las investigaciones condujo a las antenas planas. El uso de antenas planas es más común en radares del tipo militar o civil, pero su aplicación se ha extendido a los servicios prestados en las bandas Ku y X, por ejemplo, comunicaciones móviles por satélite y televisión directa por satélite (DBS).

Tipos de arreglos planares:

Arreglos de Ranura Ancha: estos arreglos se componen de una cinta como elemento radiador, los bordes deben de estar a una distancia de un cuarto de longitud de onda desde un reflector, por ejemplo un arreglo de 512 elementos debe tener un espaciamiento entre las ranuras de una longitud de onda en el plano H y media longitud de onda en el plano E.

Arreglo de Cinta Ranurada: este arreglo consiste de un número de ranuras pares puestas sobre un plano de tierra. Las ranuras pares están colocadas a lo largo de la microcinta, con un espaciamiento de una longitud de onda. Se coloca el reflector a una distancia de un cuarto de longitud de onda a partir de la superficie del sustrato.

Arreglo de Corneta Circular: el elemento radiador básico es una abertura circular o mejor dicho una corneta circular, excitada por una microcinta, la cual es una extensión de la línea de campo, la cinta está suspendida en la abertura por sustratos dieléctricos.

Arreglo de Dipolo Doblado: su elemento básico son dos dipolos doblados simétricos manufacturados en una placa metálica, los dipolos están entre las paredes posterior y anterior de la placa metálica.

Arreglo de Huella Circular: está antena también usa una estructura de tres superficies, lo que reduce las pérdidas por radiación desde las cintas, su elemento básico son huellas circulares colocadas dentro de ranuras circulares.

Arreglo de Ranuras Radiales: estas antenas pertenecen a una clase de guías de onda ranuradas y presentan una alta eficiencia de apertura. Las tres superficies de metal forman una guía de onda donde se encuentran las ranuras.

Arreglo de Ranuras Cruzadas; este arreglo tiene las ranuras cruzadas, aceptando así polarización circular, ideal para colocarse verticalmente en paredes y con un ángulo de 38° puede llegar a tener una eficiencia de hasta el 80%.

Arreglo de Cinta y Ranura; el elemento fundamental es un dipolo de cinta en un marco y una ranura, la cual radia en serie por una microcinta, su longitud media λ y el espaciamiento entre ellas es de un cuarto de λ , el marco está situado sobre un plano de tierra, para incrementar la ganancia y el ancho de banda del dipolo.

Arreglo de Cinta Peine; este arreglo consiste en muchos elementos dipolos impresos directamente, situados a media longitud de onda entre sí. Los anchos y longitudes de cada elemento (DEDO) depende de los requerimientos de la antena, como muestra la figura 7.13.

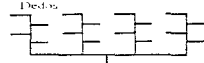


Figura 7.13
Arreglo de cinta peine

Arreglo de Microcinta tipo Manivela; Su estructura son microcintas en forma de manivela colocadas a medio período entre sí, el rectángulo formado entre dos manivelas (box) son el elemento fundamental de recepción, cada par de microcinta termina con una huella cuadrada para una mayor eficiencia, la figura 7.14 muestra este tipo.

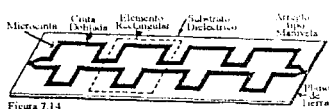
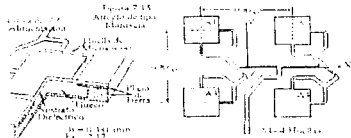


Figura 7.14



Arreglo de Cinta Huella Cuadrada; en estas antenas su radiador es de forma cuadrada y están en pares para minimizar las pérdidas e incrementar el ancho de banda, ya que este efecto resultado de la separación entre la huella y el plano de tierra, como muestra la figura 7.15

Arreglo de Ranuras Cuadradas; estos arreglos tienen una estructura de tres superficies con un leve espaciamiento que reduce las pérdidas por radiación, el elemento radiador básico es una ranura rectangular con huella hexagonal como acoplador magnético de la cinta, en caso de polarización circular este arreglo se complementa con una ranura diagonal, como se ve la figura 7.16

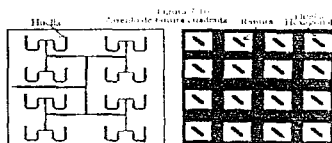


Figura 7.16

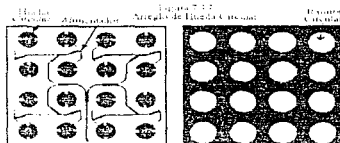


Figura 7.17

Arreglo de Huella Circular Suspendida; este arreglo consiste en dos placas metálicas suspendidas y un sustrato entre ellas, debido a que esta estructura está suspendida, las pérdidas por radiación se reducen considerablemente, las huellas son de polarización circular con un punto de radiación y la cinta está impresa en el sustrato, como se aprecia en la figura 7.17

Unidad Externa o LNB:

El LNB del inglés Low Noise Block downconverter o Bloque conversor reductor de bajo ruido se ubica en el foco del reflector de la parábola para economizar, ya que en un mismo bloque capta y modula una alta frecuencia a una menor frecuencia, si no se efectuase este proceso habría que conducir las señales del alimentador mediante guía de onda o por cable coaxial especial a la unidad encargada de este proceso, lo que incrementaría considerablemente el costo y las dimensiones del equipo, la figura 7.18 muestra un LNB completo, la función del LNB es amplificar y convertir la señal electromagnética del enlace

descendente a señal eléctrica con una frecuencia menor llamada Frecuencia Intermedia o FI, el amplificado debe generar muy poco ruido y una gran ganancia, ya que la señal proveniente del plato reflector es muy pequeña, la figura 7.19 muestra el diagrama de bloques de la unidad externa.

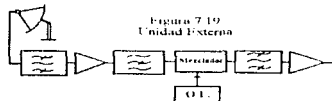


Figura 7.19
Unidad Externa

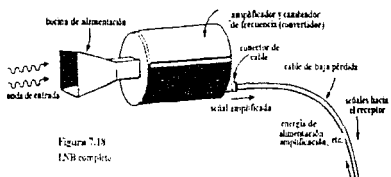


Figura 7.18
LNB completa

Las partes que lo componen son:

- Filtro Pasobanda, compuesto de un iluminador y la guía de onda, este filtro está sintonizado en la banda de frecuencia del enlace descendente
- Un preamplificador o amplificador de bajo ruido, es la primer etapa de amplificación
- Un filtro supresor de banda para rechazo de la frecuencia imagen
- Un oscilador local que alimenta al demodulador
- Un mezclador que modula la señal descendente con la del oscilador local
- Filtro pasobanda, que permite solamente el paso de la señal con frecuencia intermedia comprendido en 950 a 1450 MHz.
- Un amplificador de frecuencia, que amplifica la señal de FI que se le da conducir a la unidad interna.

Hay que comentar que la electrónica relacionada a este dispositivo, es de alta calidad, motivado por el bajo nivel de ruido que debe existir, las características que cumplen son:

- El factor de ruido, no debe sobrepasar los 3 dB (el ruido que introduce un semiconductor es directamente proporcional a la temperatura física que se encuentre).
- Ganancia, debe estar entre 48 y 57 dB y depende directamente de la potencia de la señal recibida
- Alimentación, se efectúa por medio del cable coaxial para Europa su magnitud es de 15 a 20 volts con corrientes de 200 a 300 mA.
- Longitud de cable, la unión entre la unidad externa y la interna es mediante un cable coaxial. La longitud de este influye en la ganancia que se obtenga en la unidad interna. Si la separación entre unidades es grande será necesario la incorporación de amplificadores para compensar las pérdidas.

Unidad Interna:

La unidad interna, convierte la señal de frecuencia intermedia de la sección externa a una frecuencia menor, llamada 2ª Frecuencia intermedia, que es entregada al demodulador, para que este se encargue de sintonizar el canal deseado, extrayendo y procesando la información de video y audio modulada. Actualmente la modulación de la transmisión puede ser de dos tipos; digital (QPSK) o analógica (FM), en esta última modulación la unidad interna después de la segunda etapa de frecuencia intermedia la vuelve a modular en AM, de acuerdo a normas del CCIR, para que la señal sea compatible con los actuales receptores de TV individual, pero si el satélite transmite televisión de alta definición los actuales receptores de TV, no son compatibles con esta norma por lo que pudiera ser que el esquema actual del CCIR, para la modulación en AM sea cambiado, la figura 7.20 muestra un diagrama de bloques de una unidad interna estándar analógica, para un solo canal de televisión.

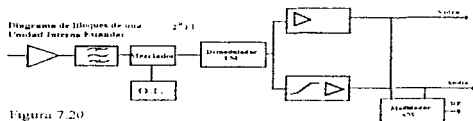


Figura 7.20

CAPITULO VIII

CALCULOS DE ENLACE

CALCULOS DE ENLACE

El análisis del enlace entre el segmento espacial y el terrestre, tiene por objeto determinar "la calidad de transmisión" que se puede esperar en una señal portadora que se transmite de una estación terrena a otra por medio del satélite, esta calidad nos permite optimizar algunas variables que intervienen en el como: potencia, diámetro del plato en las antenas de las diferentes estaciones terrenas etc. La figura 8.1 muestra los principales elementos que constituyen el enlace, del cual se observa que aparte de considerar ambos segmentos, también interviene el medio de propagación o canal. La calidad de transmisión se expresa como la relación de la potencia recibida y la potencia del ruido en el receptor, esto es:

$$\frac{P}{R} = \frac{\text{Potencia Recibida}}{\text{Potencia del Ruido}}$$

Este capítulo solamente establecerá los conceptos básicos que intervienen en el diseño del radioenlace, con el fin de poder determinar el diámetro necesario en las estaciones domésticas receptoras

ECUACIONES DE ENLACE

Potencia Recibida (P):

Sea una estación terrena que está transmitiendo con una potencia de salida P_T , por medio de una antena transmisora con una ganancia de potencia G_T y que está separada una distancia D de la antena receptora G_R como muestra la figura 8.2 de donde se obtiene una Potencia Isotrópica Radiada Efectiva mejor conocida como PIRE es:

$$\text{PIRE} = P_T G_T \quad [\text{W}] \quad (1)$$

La densidad de flujo radiada F recibida en la antena receptora es:

$$F = \frac{P_T G_T}{4\pi D^2} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \quad (2)$$

El término $4\pi D^2$ es la superficie total de una esfera de radio D , ya que se consideran frentes de onda esféricos. La potencia total recibida P es:

$$P = F A_{ef} \quad [\text{W}] \quad (3)$$

A_{ef} es la área efectiva de la antena receptora y representa la eficiencia de recepción por el área real, por lo que sustituyendo (1) y (2) en (3):

$$P = \frac{\text{PIRE}}{4\pi D^2} A_{ef} \quad [\text{W}] \quad (4)$$

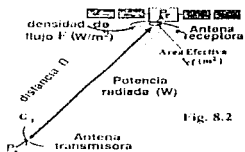
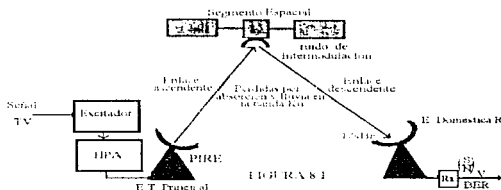
La área efectiva A_{ef} es función de la ganancia de la antena receptora G_R y se relaciona como:

$$G_R = \frac{4\pi}{\lambda} A_{ef} \quad [\text{W}] \quad \therefore A_{ef} = \left[\frac{G_R}{(4\pi) + \lambda^2} \right] \quad [\text{m}^2] \quad (5)$$

Por lo que (5) en (4):

$$P = \frac{\text{PIRE}}{4\pi D^2} \left(\frac{G_R}{(4\pi) + \lambda^2} \right) = \frac{\text{PIRE } G_R}{[(4\pi D) + \lambda]^2} = \text{PIRE } G_R \frac{1}{L} \quad [\text{W}] \quad (6)$$

Al denominador de la ecuación (6) se le conoce como atenuación o pérdidas de potencia por propagación en el espacio libre y normalmente se representa con la letra " L ".



Atenuación en el Espacio Libre L_s :

Se conoce como atenuación en el espacio libre al debilitamiento sufrido por las señales transmitidas considerando que estas viajan en el vacío absoluto, esta atenuación esta representada en función de la longitud de onda λ , por la ecuación:

$$L_s = \left[\frac{4\pi D}{\lambda} \right]^2 [W] \quad (7)$$

En términos de la frecuencia f y la velocidad de la luz C_0 la expresión resultante es:

$$L_s = \left[\frac{4\pi D f}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{4\pi D f}{C_0} \right]^2 [W]$$

Normalmente se desconoce la distancia entre la estación terrena y el satélite, una forma de obtener esta distancia D es a partir de la distancia del satélite sobre el nivel medio del mar en el plano ecuatorial D_0 como muestra la figura 8.3, por lo que:

$$L_s = \left[\frac{4\pi D f}{C_0} \right]^2 = \left[\frac{4\pi D_0 f}{C_0} \right]^2 \left[\frac{D}{D_0} \right]^2 [W]$$

$(D/D_0)^2$ se determina como:

$$\left[\frac{D}{D_0} \right]^2 \approx 1 + 0.42 \left(1 - \cosh L_1 \cosh L_{SAT} \right)$$

Donde:

- L_1 : Latitud de la estación terrena.
- L_{SAT} : Longitud de la estación terrena.
- L_{SAT} : Posición del satélite.

Comunemente " L_s " también se expresa en dB (L_{dB}) como:

$$L_s = 183.51 + 10 \log \left[1 + 0.42 (1 - \cosh L_1 \cosh L_{SAT}) \right] + 20 \log f_{MHz} \quad (8)$$

El nivel de potencia captada no sólo se ve disminuido por las pérdidas en el espacio libre, también, como resultado de estudios efectuados, se ha observado que la atmósfera no es perfectamente transparente, existiendo una cierta atenuación como resultado de la dispersión y/o absorción de energía debido principalmente a las componentes de la troposfera y al agua en su forma líquida como lluvia y nieve como muestra la figura 8.4

Pérdidas por Componentes Gaseosos L_A :

Al igual que en el anterior caso, las ondas electromagnéticas se ven dispersadas por las gotas de agua y los cristales de hielo, provocando un debilitamiento y retraso en la señal, esto tiene que considerarse al establecer el enlace con el satélite, ya que el sistema debe de funcionar aun con lluvia, lo que obliga al diseño del enlaces sobrados, es decir, que aunque la lluvia sea esporádica, debe ser tomada en cuenta, este parámetro no puede ser general para todos los enlaces, por lo que se requiere el conocimiento estadístico de la intensidad de lluvia en los lugares donde se colocará el segmento terrestre y la banda de operación, para que a partir de tablas estandarizadas se obtenga los márgenes de lluvia.

Pérdidas por Lluvia L_{A1} :

Al igual que en el anterior caso, las ondas electromagnéticas se ven dispersadas por las gotas de agua y los cristales de hielo, provocando un debilitamiento y retraso en la señal, esto tiene que considerarse al establecer el enlace con el satélite, ya que el sistema debe de funcionar aun con lluvia, lo que obliga al diseño del enlaces sobrados, es decir, que aunque la lluvia sea esporádica, debe ser tomada en cuenta, este parámetro no puede ser general para todos los enlaces, por lo que se requiere el conocimiento estadístico de la intensidad de lluvia en los lugares donde se colocará el segmento terrestre y la banda de operación, para que a partir de tablas estandarizadas se obtenga los márgenes de lluvia.

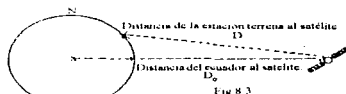


Fig 8.3

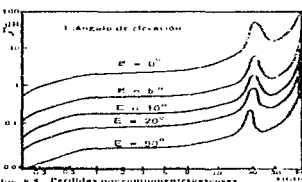
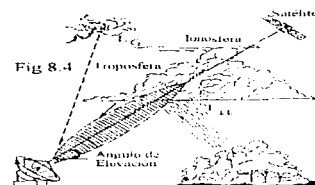


Fig 8.5 Pérdidas por componentes gaseosos

Pérdidas Adicionales:

Además de las anteriores pérdidas, existen otras como, las originadas por la conexión entre equipos en la sección de transmisión y recepción cuyos valores los podemos acercar a un dB en la parte correspondiente y por último las pérdidas por desalineación o mal apuntamiento de las antenas como muestra la figura 8.5, esta atenuación es consecuencia del medio ambiente, la cual puede afectar la configuración y forma de la antena en las que las frecuencias deben ser lo más direccionable posible y evitar radiaciones secundarias fuera del ángulo de transmisión determinado, por lo tanto considerando que una antena se encuentra orientada en cierta dirección, de una fuente de radiación de energía, a medida que se pronuncia un desajustamiento de dicha antena, se producirá una disminución en la cantidad de potencia recibida.

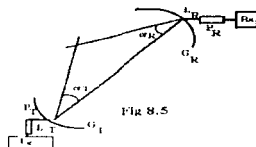


Fig. 8.5

Ruido y Temperatura de Ruido:

Para que una transmisión fuese perfecta, la señal recibida tiene que ser idéntica a la señal transmitida y por ende que no se vea afectada por ninguna perturbación. En la práctica esta condición ideal no existe y una de estas perturbaciones son las señales eléctricas indeseables mejor conocidas como ruido el cual deforma la señal transmitida, se sabe que la generación de ruido se inicia desde el transmisor y en los equipos de comunicaciones por los que transita la señal, estos se encargan de agregarle una cantidad adicional de ruido, denominado ruido interno, mientras que el ruido captado por las antenas de la estación terrena y del satélite se le conoce como ruido externo.

El ruido externo se debe en gran parte a la relación térmica proveniente de la atmósfera y de la tierra, además de fuentes exteriores y como ejemplo tenemos: El sol, la luna, la tierra, Ruido Cósmico, Ruido atmosférico etc., estas fuentes difieren en intensidad, frecuencia y localización en el espacio. El ruido interno se puede dividir en ruido en los circuitos debido a aparatos capaces de generar un espectro continuo de energía electromagnética, tal como ruido de disparo, ruido de corriente en los semiconductores etc. El otro tipo de ruido interno es el térmico producto del movimiento aleatorio de los electrones dentro del equipo electrónico. Para cuantificar la cantidad de ruido térmico, nos auxiliamos de su potencia dada por:

$$R = kTB \quad [W] \quad (9)$$

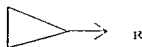
Donde;

- R; Potencia del ruido térmico
- T; Temperatura absoluta en Kelvin
- B; Ancho de banda en Hertz.
- k; Cte de Boltzmann y vale 1.38×10^{-23}

En términos de densidad de potencia (ruido por Hertz de ancho de banda)

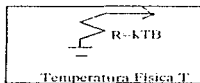
$$R_0 = \frac{R}{B} = kT \quad (10)$$

El término T se conoce como temperatura de ruido y se define como la temperatura a la que un elemento pasivo de referencia (ej. resistor) tiene que estar para generar la misma cantidad de ruido que la fuente de ruido, esto es:



Fuente de Ruido.

Su temperatura física no es necesariamente T



Temperatura Física T.

Por lo tanto la temperatura de ruido T de una fuente de ruido, es la temperatura que produce la misma potencia de ruido sobre el mismo rango de frecuencias es decir:

$$T = \frac{R}{kB} \quad [^{\circ}K] \quad (11)$$

Figura de Mérito (G/T):

Debido a que la señal en el receptor es muy débil, es importante que la antena receptora y la parte electrónica introduzcan tan poco ruido como sea posible. Para evitar pérdidas y ruido en las líneas que conectan la antena receptora a la electrónica, la antena tiene usualmente un preamplificador, la eficiencia de tal combinación usualmente se cuantifica como la relación de la ganancia del sistema receptor a la temperatura de ruido también del receptor y se denomina figura de mérito.

$$\text{Figura de mérito} = \frac{G}{T} \quad (12)$$

La ecuación que determina la (G/T)_{ET} es:

$$(G/T)_{ET} = G_{AR} - 10 \log T_S \quad [\text{dB} \cdot ^\circ\text{K}]$$

Donde

G_{AR}: Ganancia de la antena de recepción.

T_S: Temperatura total del sistema, integrada por:

$$T_S = T_{LNA} + T_A + T_P \quad [^\circ\text{K}]$$

Con:

T_{LNA}: Temperatura del LNA y es dato del fabricante

T_A: Temperatura de la antena y es función del ángulo de elevación y los datos que da el fabricante.

T_P: Temperatura de ruido debida al fenómeno de lluvia dada como:

$$T_P = (1 - \text{Atenu}(\text{M}/10)) T_i \quad [^\circ\text{K}]$$

Donde:

M: Margen de lluvia en la localidad receptora.

T_i: Temperatura de precipitación.

Ganancia de la Antena en Base del Reflector Parabólico:

La ganancia de una antena parabólica a partir del diámetro del plato en metros es:

$$G_{AR} = 20 \log f_{ARL} + 20 \log D_{AR} + 17.73 \quad (13)$$

$$G_{AR} = 20 \log f_{ARL} + 20 \log D_{AR} - 42.27 \quad (14)$$

Relación Portadora sobre Ruido P/R:

Como se mencionó al inicio del capítulo, la relación portadora sobre ruido total es un cociente que indica la calidad con la cual la señal transmitida podrá ser recuperada en la estación terrena receptora, o sea;

$$\left[\frac{P}{R} \right]_{\text{dB}} = \frac{\text{Potencia recibida}}{\text{Potencia del ruido}}$$

Algunas veces es más conveniente el análisis del enlace a partir de la relación portadora a densidad de ruido total P/R₀, donde R₀ es la densidad de ruido expresada en (Watts/MHz). La relación entre P/R y P/R₀ viene dada por la expresión;

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_{\text{dB/MHz}} = \left[\frac{P}{R} \right]_{\text{dB}} + 10 \log B_{\text{MHz}} \quad \text{Donde B es el ancho de banda del ruido}$$

Para determinar la relación portadora a densidad de ruido total, el enlace vía satélite se divide en tres partes.

- 1). Relación portadora a densidad de ruido ascendente
- 2). Relación portadora a densidad de ruido de intermodulación.
- 3). Relación portadora a densidad de ruido descendente.

Posteriormente aplicando la anterior expresión se obtiene la relación portadora a ruido necesaria.

Relación Portadora a Densidad de Ruido Ascendente (P/R)_A:

Esta relación surge al establecerse el enlace entre la estación terrena transmisora y el satélite como indica la figura 8.6 y se determina como:

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = 10^{\frac{1}{10}} G_T \frac{1}{L_{SA}} \left(\frac{G}{T} \right)_{SAT} \frac{1}{k} \frac{1}{L_{GA}} \frac{1}{L_{LLA}} \approx \frac{PIRE}{L_{SA}} \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} \frac{1}{k} \frac{1}{L_{GA}} \frac{1}{L_{LLA}}$$

en dB la anterior ecuación quedaría como:

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = PIRE_{dB} + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} - L_{SA} - L_{GA} - L_{LLA} - 10 \log k \quad (15)$$

Manipulando un parámetro intermedio llamado DFS que es la densidad de flujo requerida para producir la máxima potencia de salida o de saturación P_{max} para una sola portadora se tiene:

$$DFS = \frac{PIRE}{4\pi D_{A2}} \quad \therefore PIRE = (DFS) 4\pi D_{A2}^2 \quad \text{en dB} \quad PIRE_{dB} = DFS_{dB} + 10 \log 4\pi D_{A2}^2$$

$$PIRE_{dB} = DFS_{dB} + 10 \log 4\pi + 20 \log 10^3 + 20 \log D_{A[km]} = DFS_{dB} + 10.99 + 60 + 20 \log D_{A[km]}$$

$$PIRE_{dB} = DFS_{dB} + 70.99 + 20 \log D_{A[km]} \quad (16)$$

Recordando que:

$$L_A = \left[\frac{4\pi f_A}{C_0} \right]^2 \quad \text{en dB} \quad L_A = 20 \log \left(\frac{4\pi \times 10^9}{3 \times 10^8} \right) + 20 \log D_{A[km]} + 20 \log f_{A[GHz]} = 92.45 + 20 \log D_{A[km]} + 20 \log f_{A[GHz]} \quad (17) \text{ sus}$$

teniendo (16) y (17) en (15)

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = DFS + 70.99 + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} + 20 \log D_{A[km]} - (95.45 + 20 \log D_{A[km]} + 20 \log f_{A[GHz]}) - k - L_{GA} - L_{LLA}$$

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = DFS + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} - 24.46 - k - 20 \log f_{A[GHz]} - L_{GA} - L_{LLA}$$

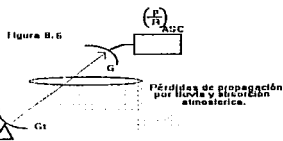
$k = 10 \log 1.38 \times 10^{-23} = -228.6$ es la constante de Boltzmann

Por lo que la relación portadora a densidad de ruido ascendente considerando una sola portadora en el transponder (técnica de portadora única a transponder completo) es:

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = DFS + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} - 24.46 + 228.6 - 20 \log f_{A[GHz]} - L_{GA} - L_{LLA} \quad (18)$$

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = DFS + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} + 207.15 - 20 \log f_{A[GHz]} - L_{GA} - L_{LLA} \quad (19)$$

Pero en caso de existir más de una portadora en el transponder, hay que hacer otras consideraciones para el cálculo del enlace, en este caso se toma en cuenta el back-off de entrada **BOI** y de salida **BOO**, el amplificador de potencia TWT del transponder utilizado del satélite, siendo necesario modificar la densidad de flujo de saturación **DFS** de la ecuación anterior, la modificación a realizar está en función del porcentaje o fracción de potencia a utilizar del transponder del satélite, lo anterior es posible, debido a que al tomar en cuenta el back-off de entrada y salida se trabaja en la región casi lineal de respuesta del TWT del satélite como muestra la figura 8.7 y por lo tanto, es posible aplicar el principio de superposición (en la práctica, el error que origina suponer una transferencia lineal del TWT no es significativa si se toma en cuenta los back-offs), en las señales cursadas por el transponder y específicamente por el TWT correspondiente, luego entonces la modificación vendrá dada por:



$$DF = DFS-BOI + 10 \log (1/n) \text{ [dBW/m}^2\text{]} \quad (20)$$

con:

- DF : Densidad de flujo de la portadora de interés
- BOI: Back-off de entrada del transponder
- 1/n : Fracción ocupada por la portadora en el transponder donde n es el número total de portadoras por transponder

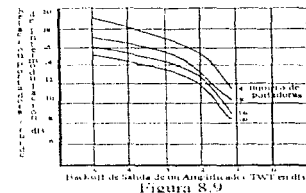
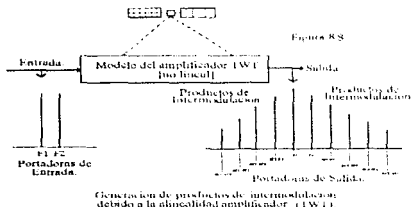
Por lo tanto para calcular la relación señal a densidad de ruido ascendente para más de una portadora en el transponder,

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = DF + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} + 207.15 - 20 \log f_{MHz} - LGA - 1.1A \quad (21)$$

Como se puede apreciar únicamente se modificó el término DFS en función de la fracción de potencia a utilizarse del TWT en su región casi lineal (restando el back-off de entrada), los demás términos de la ecuación no son afectados

Relación portadora a Densidad de Ruido de Intermodulación:

Debido a la característica no lineal del amplificador del satélite TWT, cuando se presentan varias portadoras se crean productos de intermodulación entre las portadoras, afectando la calidad de transmisión. A estos productos de intermodulación se les da el nombre de ruido de intermodulación como muestra la figura 8.8

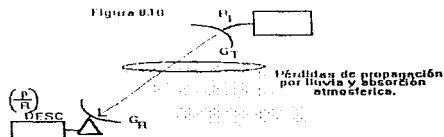


La relación portadora a densidad de ruido de intermodulación se determina en base a gráficas que nos relaciona back-off de salida del amplificador, con la relación portadora/ ruido de intermodulación en dB más el ancho de banda de la señal.

Relación Portadora a Densidad de Ruido Descendente:

Esta relación surge cuando el satélite es ahora el que transmite y alguna estación terrena recibe y se parte de la suposición de que el satélite generó o transmite una señal sin ruido, como muestra la figura 8.10.

El análisis para determinar la relación portadora a densidad de ruido descendente es similar al desarrollo del enlace ascendente, por lo que escribiendo la ecuación (15) para el enlace descendente se tiene;



$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_D = \text{PIRE}_{\text{SAT}} \frac{1}{L_{\text{SD}}} \left[\frac{G}{T} \right]_{\text{ET}} \frac{1}{L_{\text{GD}}} \frac{1}{L_{\text{LID}}} \frac{1}{k} \text{ en dB} \left[\frac{P}{R} \right]_D = \text{PIRE}_{\text{SAT}} + \left[\frac{G}{T} \right]_{\text{ET}} - L_{\text{SD}} - L_{\text{LID}} - L_{\text{GD}} - k \quad (22)$$

Donde:

- PIRE_{SAT}: Potencia isotrópicamente radiada efectiva en saturación del satélite.
 (G/T)_{ET}: Figura de mérito de la estación terrena receptora.
 L_{SD}: Pérdidas por componentes pasivos.
 L_{LID}: Pérdidas por lluvia en el enlace descendente.
 L_{GD}: Pérdidas en la trayectoria descendente en el espacio libre y se calcula como indica la ecuación (7).
 k: Constante de Boltzmann.
 B: Ancho de banda de la señal.

Al igual que en el enlace ascendente, en el descendente cuando solamente se usa una fracción de la potencia y ancho de banda de la totalidad del transponder (cuando por el transponder se cursa más de una señal), es necesario modificar el PIRE de la estación terrena en función del porcentaje o fracción de potencia a utilizar del transponder, lo anterior después de haber aplicado el back-off de salida del TWT del satélite, para de esta manera operar en la región casi lineal, la modificación es:

$$\text{PIRE} = \text{PIRE}_{\text{SAT}} - \text{BOO} + 10 \log(1/n) \quad (\text{dBw}) \quad (23)$$

donde:

- PIRE_{SAT}: Potencia isotrópica radiada efectiva para la portadora de mires.
 PIRE_E: Potencia isotrópica radiada efectiva en saturación del transponder.
 BOO: Back-off de salida del transponder del satélite.
 1/n: Fracción ocupada por la portadora y n representa el total de portadoras por transponder.

Por lo que la ecuación (21) quedaría como:

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_D = \text{PIRE} + \left[\frac{G}{T} \right]_{\text{ET}} - L_{\text{SD}} - L_{\text{LID}} - L_{\text{GD}} - k \quad (\text{dB}) \quad (24)$$

Relación Portadora a Densidad de Ruido Total:

La relación de potencia (P/R)_T resulta de sumar adecuadamente las relaciones del enlace descendente, ascendente y de intermodulación de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_T = \frac{1}{\frac{P}{R_0A}} + \frac{1}{\frac{P}{R_0I}} + \frac{1}{\frac{P}{R_0F}} \text{ en dB} \left[\frac{P}{R_0} \right]_T = 10 \log \left[\frac{P}{R_0} \right]_T \quad [\text{dB-Hz}] \quad (25)$$

El valor óptimo de la relación (P/R)_T será aquel con el cual se cumplen los valores de la relación P/R requerida, los cuales dependerán de la tasa de error (razón de error de bit).

Resultados:

A continuación se proporcionan los diámetros mínimos obtenidos a partir de las anteriores ecuaciones de enlace, la forma en que se obtuvieron, se proporciona en el anexo que se encuentra al final de la tesis.

Nombre	P[W]	Posición	PIRE	%Asc	%Des	D[m]
TV SAT	200	*116.8	65 dB	99.99	99.99	0.35
Galaxy III-R	120	95	60 dB	99.99	99.98	0.58
Solidaridad	45	113.5	50.7 dB	99.99	99.90	0.71

CAPITULO IX

TELEVISION DIRECTA

EN EL MUNDO

TELEVISION DIRECTA EN EL MUNDO

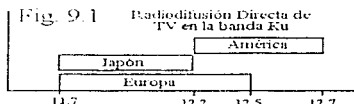
El sistema DBS es catalogado, como un sistema de radiodifusión vía satélite cuyo segmento espacial contiene un poderoso sistema de transmisión con potencia mayor a 100 Watts y transmite en la banda Ku, originalmente este sistema fue concebido como bypass entre las estaciones de televisión y los sistemas CATV para poder switchear la programación de diferentes estaciones hacia los televisores, sin necesidad de estaciones terrenas sofisticadas, un punto importante en esto, son las antenas receptoras, gracias a la potencia con la que se establece el enlace de bajada, el plato receptor es menor a un metro en el lugar de máxima recepción, lo que contrasta con los platos de más de tres metros para la banda C, lo anterior es fundamental ya que las compañías DBS o DTH buscan que el equipo receptor doméstico tenga un bajo costo inicial, al ser el plato pequeño tiene la ventaja o desventaja que la antena únicamente apunte a un satélite al ser instalado, en cambio en los otros sistemas pueden ser dirigidos a otros satélites.

Las compañías que brinden este servicio, pueden tener diferentes modalidades a partir de su programación, como canales accesibles a todo público que cuente con su sistema receptor, aquí la programación es comercializada (anuncios) como en los sistemas convencionales de televisión con la ventaja que pueden solicitar cuota de inscripción más una cuota mensual, otro tipo es el sistema de canales exclusivos, en el cual el subcriptor paga una cuota por sintonizarlos y por último el sistema de pago por evento o todo lo anterior disponible, pero también, DBS puede proporcionar servicios innovadores como televisión de alta definición, servicio de televisión interactiva o acceso a redes de computación, lo que es posible debido a la diversidad de subcriptores, algunos de los anteriores servicios asociados son difíciles de introducir en la radiodifusión convencional, ya que cualquier cambio de tecnología en la radiodifusión comercial volvería obsoletos el equipo del usuario (debido a su incompatibilidad), el sistema DBS podría corregir esta limitante para aquellos usuarios que puedan pagar este servicio. El servicio DBS fue concebido en los 80's pero su desarrollo se enfrentó a varias limitantes entre las que tenemos;

- El desarrollo del soporte terrestre demanda varios millones de dólares para la construcción de plataformas de lanzamiento y mantenimiento del segmento espacial, junto con los servicios asociados a la radiodifusión.
- La rápida expansión de los sistemas convencionales de TVRO en banda C, Ku y sistemas CATV.
- En E.U., uno de los más entusiastas promotores, no facilitó el financiamiento substancial por medio de las compañías interesadas, por ejemplo, TV satelital subsidiaria de COMSAT suspendió sus planes en la inauguración del sistema DBS, otras compañías incluyendo CBS tuvieron un previo decaimiento en este campo, por lo que el sistema no se materializó.
- Los satélites de alta potencia aún enfrentaban varias limitantes debido al desarrollo tecnológico.
- El lanzamiento del sistema DBS coincidió con el BOOM de las videocaseteras, este fenómeno posibilitó la diversidad de programas y en especial películas, lo que fue mortal para DBS.

Pero no todo se perdió en los 80's, ya que la tecnología base maduró en esta época haciendo posible una operación del sistema DBS más factible, con la ventaja de que actualmente varios campos pueden ser desarrollados en este mercado, por ejemplo, una integración de la red actual de difusión y en un futuro poder sustituir completamente estas redes y tener cobertura nacional en cualquier punto, pero aun la explotación del sistema DBS podría volverse a operar ya que actualmente la fibra óptica junto con otros sistemas están creciendo, lo que es aprovechado por las compañías telefónicas que parecen convertirse en los más acérrimos competidores y por último la tecnología DBS no ha llegado a estandarizarse para todo el mundo, esto obliga a que un gran número de países ya está operando su propia versión del sistema con miras nacionales y continúan sus investigaciones en este campo, Japón y Europa son los mayores contendientes, a continuación revisaremos brevemente el desarrollo de esta tecnología en el mundo.

El sistema de televisión directa por satélite para la región 1 se basa en el plan de Ginebra de 1977. Para la Región 2 se basó en la conferencia de 1983. La figura 9.1 muestra las frecuencias asignadas para este servicio en algunas partes del mundo.



Proyectos Europeos:

El sistema DBS Europeo se basa en el plan de Ginebra de 1977, en la conferencia se reconoció el derecho de todos los países a disponer de su propio satélite y aceptó el inevitable desdoblamiento de las coberturas nacionales en los países limítrofes. Se planificó y reglamentó la banda de frecuencia de 11.7 a 12.5 GHz (BW= 800 MHz), con un total de 40 canales asignando cinco canales por país.

Los satélites alemanes y franceses fueron los primeros satélites claramente incluidos en la categoría de radiodifusión directa y cuyas características se ajustan en mayor medida a las normas de 1977, además de existir otros proyectos en menor grado de

desarrollo. La razón que generalmente se esgrime para justificar el establecimiento de un servicio de radiodifusión directa por satélite es la necesidad de aumentar el número de programas de televisión por un procedimiento rápido y económico, incluso en Francia y Gran Bretaña, que tenían ocupadas sus redes nacionales en **VHF**, al suprimir los servicios en 819 y en 405 líneas, se prefirió la utilización de satélites. Pero la real justificación de este servicio en Francia, Gran Bretaña y Alemania es desarrollar las industrias nacionales aeroespacial y de electrónica abriendo así importantes mercados para el futuro, entre los proyectos europeos.

Proyecto Olympus:

A iniciativa de la agencia Espacial Europea y como respuesta a futuras necesidades de ámbito europeo en el campo de las telecomunicaciones y televisión surgió el proyecto L-Sat. Este proyecto es un satélite que consta de un módulo de comunicaciones y de dos transponder DBS para TV, uno destinado a Italia (haz italiano) y el otro con cobertura europea que es compartido por todos los miembros de la Unión Europea de Radiodifusión, mediante una antena orientable.

Alemania:

Lanza sus TV-Sat 1 (1987) y TV-Sat 2 (1989) con valor de 150 millones de dólares, el primero no pudo extender un arreglo solar por lo que se perdió, constaba de 4 transponders activos y dos de respaldo de 230 watts cada uno, con frecuencias de 17.7-18.1/11.7-12.1 GHz, este satélite también tiene como aplicación prevista que uno de sus canales de sonido para la difusión de 16 programas de sonido en estéreo de alta calidad, transmitiéndose mediante modulación PSK a cuatro fases. Entre sus características tenemos:

- Apertura de la antena de emisión $1.62^\circ \times 0.72^\circ$
- Polarización Circular Levógiro.
- PIRE 65.7 dBW
- Ancho de banda de 27 MHz
- Antenas receptoras desde 90 a 40 cm

Francia:

Serie TDF-1 (1988) y TDF-2 (1990), se compone de 5 transponders más uno de respaldo de 230 watts cada uno, con frecuencia de 17.3-17.7/11.7-12.1 GHz, PIRE de 64 dBW, polarización circular derecha, ancho de banda de 27 MHz. Se maneja a manera de demostración la televisión de alta definición, Eftlan 2 transponders

Inglaterra:

Satélites Marcopolo 1 (DBS) y Marcopolo 2, el primero es lanzado en 1989 y el segundo en 1990, constan de 3 transponders más 3 de respaldo de 110 watts cada uno, el enlace de subida se realiza en 17.385-17.992 y el descendente en 11.785-12.092, con PIRE de 59 dBW con un ancho de banda por canal de 27 MHz.

Escandinavia:

Lanza un satélite llamado Tele-X en 1989, con 4 transponders activos más 2 de respaldo de 230 watts cada uno, además de DBS, se emplea para datos, el sistema es inestable.

Astra:

Este sistema es administrado y operado por la compañía SES y funciona en Europa y también la transmisión de varios canales de radiodifusión de televisión; su centro de operación se encuentra en Luxemburgo. Su potencia es menor a 200 Watts.

España:

España tiene dos satélites, ambos lanzados en 1992, cada satélite tiene 5 transponders activos más dos de respaldo, con potencia de 110 watts cada uno y cobertura multinacional. Los haces están dirigidos a España, Europa, Norte y Sudamérica, estos dos últimos haces tienen transponders de 36 MHz de ancho de banda, aparte de DBS tienen otras aplicaciones.

Futuro:

Débito al gran capital requerido para el desarrollo de los sistemas satelitales en Europa, ha surgido una asociación que lanzará la serie de satélites EUTELSAT con potencia mayor a los 100 Watts y que sustituirá a los satélites TDF, TV-Sat, Tele X, dando la posibilidad a otros países de participar y por lo tanto transmitir, las características y países socios son:

- Banda Ku
- Servicios;

- Telefonía.
- Datos.
- DBS y CATV
- Videoconferencias
- Comunicaciones Móviles

- Socios:

- Gran Bretaña 17.0%
- España 17.0%
- Francia 15.0%
- Alemania 12.0%
- 0.05%
- Azerbaijón 0.05%
- Croacia 0.05%

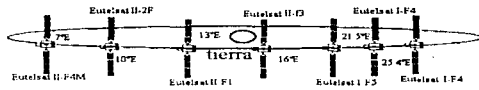


Fig 9.2
Sistema Eutelsat

Japón:

Japón es una nación formada por varias islas, lo que presenta varias dificultades al servicio de radiodifusión tradicional, de ahí su gran interés de Japón para transmitir verdadero DBS, por Japan Broadcasting Corp., sus consecuentes satélites son lanzados por NASDA en los siguientes años, conforme a la siguiente cronología:

- 1984; BS-2a, con tres transponders de 100 watts, retirado en 1989 por la falla de dos transponders
- 1986; BS-2b con dos transponders activos más uno de respaldo con ancho de banda de 27 MHz, en 1987 entro en operación un servicio de 24 Hrs de programación
- 1990; BS-3a o tambien llamado Yuri 3, con tres transponders activos más 4 de respaldo de 120 watts, a mediados de 1990 habia cerca de 2 millones de receptores de DBS
- BS-3b, lanzado en 1991, con las mismas características que Yuri 3

Futuro:

Se tiene programado el lanzamiento de dos satélites en 1997 llamados BS-4a y BS-4b, que además se prevé que manejará televisión de alta definición.

Proyecto Americano

La conferencia de 1983 asigno un numero variable de canales según los países en el area americana. El servicio de DBS ha llegado tarde a E.U., ya que apenas empezara a prestarse este servicio, cuando lleva operando 6 años en Europa y 8 en Japón, además de tener un futuro incierto, por la gran penetración de los sistemas CATV y TVRO, a continuación se da una breve crónica.

1)- Principios de DBS en E.U

- Satellite Television Corp (STC), COMSAT, Intento lanzar dos satélites de DBS a mediados de los 80's, construidos por RCA (hoy parte de GE Astro), pero por razones financieras se abandono el proyecto, posteriormente GE Astro vende uno de los satélites DBS a Japón, el cual se destruyó al explotar el Ariane que lo transportaba en Febrero de 1992. Los satélites construidos eran de alta potencia, por lo que mancipian la filosofía de transponder de 200 Watts.
- USCI era una asociación los inversionistas privados Sears y Prudential, la empresa inicio operaciones a mediados de los 80's rentando transponders en satélites existentes de banda Ku. Debido a esto se tenían transponders de potencia media y un número limitado de canales, el sistema consiguió comercializarse (contó con algunos clientes), pero como resultado de sus cuantiosas pérdidas, desapareció la empresa.

Es aquí cuando comienza la controversia que no ha sido resuelta, que es mejor los satélites con transpondedores de de alrededor de 100 Watts o mayores a 200 Watts para prestar el servicio de DBS.

II) Expectativas para los 90's

Las compañías que han solicitado y obtenido autorización de la FCC son:

- EPS/K Prime

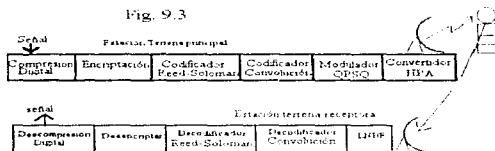
- SKY CABLE (Hughes)
- DBSC (Direct Broadcast Satellite Corp).
- Tempo Satellite
- ACC (Advanced Communications Corporation).
- Dominion Video Services Etc. apr. 10
- Galaxy Latin America (GLA).

Como ejemplo de los planes de las anteriores compañías se tienen los desarrollos de :

- EPSSK/K Prime, es un consorcio de 10 compañías de CATV, asociadas a GE American Communication retransmitiendo 10 transponders del satélite GE K1. Inició sus operaciones a fines de 1990, con transponder de potencias media y en la banda Ku disponibles. El servicio es denominado "The Extended Program Service" y se compone de "Superestaciones" y Programación especial.
- Sky Cable, esta compañía entró en operación en 93-94 y es resultado de la asociación de las siguientes compañías Hughes Communications, NBS, de News Channels, y cable MSO Cablevision System. Sky Cable manejará 108 canales digitales de TV, incluyendo HDTV en 27 transpondedores de 180 Watts individualmente, cada transponder transmitirá 4 canales de TV comprimidos digitalmente, con la conservación de la calidad a pesar de la compresión con opción a transmitir señales de video estándar. Los Satélites son del tipo HS-601 (triaxial). Las estaciones TVRO cuenta con antenas planas de 30 a 45 cm. (denominadas antenas servilleta o napkin-sized)
- DIREC TV es un sistema que surge del interés que Hughes Communications INC (HCI), en el sistema DBS y desarrolla su propia versión a la cual denomina Direc TV y es la primera en explotar la compresión digital de señal de televisión para el hogar, esto incluye alrededor de 140 canales que utilizan parábolas de 60 cm y emplea las 32 frecuencias licenciadas para DBS en la posición de 95°, el enlace de subida se efectúa en la banda de 17.3 a 17.8 GHz, y la banda de frecuencia de bajada es de 12.2 a 12.7 GHz, cada transponder tiene la capacidad de alimentar a 4 canales de T.V., en vivo ó 8 canales de TV grabados. HCI usará 2 satélites de la serie HS-601 y sus especificaciones son:
 - Azimut 91° longitud oeste
 - Número de transponders 16
 - Potencia de cada transponder, 120 watts
 - Ancho de banda por transponder 24 MHz.
 - Polarización Circular

HCI ha hecho un convenio con Thompson Consumer Electronics para la manufactura del equipo de recepción doméstico y las antenas, este sistema aparece en el mercado bajo el logotipo de RCA y MPG proporcionará el hardware necesario para la compresión digital.

La compresión de video de varios canales es mediante TDM dentro de una sola serie simple (trama) de datos que ayuda a almacenar un determinado número de bits por segundo, para que cada fuente sea variada conforme al formato de cada canal, antes de la compresión la velocidad de transmisión es de 270 Mbits/s, pero después de la compresión mediante MPEG, esta velocidad se reduce a un rango de 3.75 a 7.5 Mbits/seg que representa un rango de compresión de 36:1 a 70:1, mediante TDM ajusta a 30 Mbits/s, aunque Thompson no ha proporcionado detalles técnicos y dentro de esta configuración la señal DBS es corregida y mantenida mediante un código detector de errores, basados en la mezcla del código Reed Solomon lo que garantiza a los usuarios una calidad de hasta el 99.7% en diferentes épocas del año, la figura 9.3 muestra a bloques una posible configuración para el sistema DBS.



OTROS PROYECTOS:**PANAMISAT:**

Programa Americano de Telecomunicaciones operado por Alpha Lyraconi, es la primer compañía privada que rebasa el ámbito doméstico para internacionalizarse. En 1995 comienza a prestar servicios internacionales de satélites, actualmente maneja los siguientes satélites:

Nombre	Lanzamiento	Posición	Cobertura en banda "C"	Cobertura en banda "Ku"
Pas 1	15-Junio-88	45° W	América Central y Sur	Norteamérica y Europa
Pas 2	8-Julio-94	169° E	Oceanía y Océano Pacífico	Corea del sur, China, Australia y Nueva Zelanda.
Pas 3	1-Octubre-94	N/A	Lanzamiento Fallido	E.U. y parte de América
Pas 3R	12-Enero '96	43° W	América, Europa y África	Central, Argentina y Chile
Pas 4	1° Trimestre '95	292 o 298 W	Australia, Singapur y China	Europa, Rusia, India, Mediterráneo y África del sur

Todos los satélites son Hughes serie HS 601 a excepción del primero que fue un GE ASTRO serie 3000

NahuelSAT:

Este es un sistema Satelital Regional para Centroamérica y América del sur incluyendo una porción de México y sur de E.U. de capital privado con sede en Buenos Aires Argentina y prestara diferentes servicios de comunicaciones como DBS Redes de datos USAT/VSAT lo que permite multiples aplicaciones como SMTAV, DBS, Datos, Videoconferencias, Tele-educación, Telefonía Urbana y rural etc. Se compone de los siguientes satélites:

Nombre:	Posición	Cobertura y banda
Nahuel C1	71.8° W	Cono sur banda Ku
Nahuel C2	75.8° W	Cono sur banda Ku
Solidaridad 1	109.2° W	Cono sur banda C
Solidaridad 2	113° W	Cono sur banda C
Hispanasat-1B	30° W	Europa y América banda Ku

México:

México es un caso muy especial, ya que anteriormente la administración y prestación de servicios satelitales domésticos sólo podían ser por parte del gobierno, actualmente esta norma ha cambiado y los particulares también pueden participar en estos servicios. Actualmente existen tres compañías interesadas en prestar el servicio y son:

- Sky del Grupo Televisa
- DirecTV parte de Multivision
- Sistema del grupo ACIR (radio)

A continuación daremos una breve cronica del avance de algunos de ellos.

TELEvisa que siempre ha mostrado interés en los avances satelitales (Televisa significa TELEvisión Vía SATélite) ha entrado a este servicio asociado con las cadenas News Corporation, Tele-Communications International, Inc y Globo y creo el sistema "SKY", este servicio, inicialmente se tenía que difundir con el satélite Pas 3, pero su lanzamiento fue fallido, además de no contar con la concesión respectiva en México, para librar los anteriores problemas, Televisa compra al unico grupo que tiene la concesión en México es la empresa MEDCOM y utiliza su estrategia e infraestructura para reestructurar su sistema en México, y ahora el servicio lo brinda a partir del sistema nacional de satélites.

Desde el punto de vista del usuario, el costo del servicio por concepto de subscripción es mayor a 1000 pesos M/N y una cuota de 199 mensuales, en el paquete básico que incluye 26 canales de video y 30 de audio, el paquete de subscripción incluye una antena parabólica, un receptor y el control remoto, originalmente Zenith, aunque el sistema puede crecer hasta 94 canales de audio y video y a partir de marzo a 112 canales.

Inicialmente parecían ser otras compañías las que le brindarían asesoría a Televisa para el desarrollo de SKY, pero al tomar Televisa los planes de MEDCOM, su infraestructura, se presenta de la siguiente forma;

- Scientific Atlanta, proporciona los UP LINK y DOWN LINK (estaciones terrenas ascendente y monitoreo)
- TSA, representante de Scientific Atlanta en México manufacturará las antenas receptoras domesticas.
- ECO STAR, brindará la tecnología para la construcción de los receptores caseros.
- Solidaridad, es el sistema que proporcionará los transpondedores para el enlace satelital.

Los anteriores puntos son meras suposiciones no muy alejadas de la realidad, debido a la renuencia de SKY para proporcionar algún tipo de información técnica, además de que existe la posibilidad que Televisa adquiera al sistema nacional de satélites y que en un futuro proporcione el servicio con el satélite que reemplazara al satélite Morelos, que obviamente contará con sistemas más poderosos.

El segundo contendiente es Multivisión con su sistema Direct TV, este sistema es resultado de la sociedad llamada Galaxy Latin America (GLA), proyecto en que participan cuatro empresas: Hughes Communications, la más importante productora y operadora de satélites en el mundo, la cadena televisora "Organización Cisneros" originaria de Venezuela, "TV Abril" de Brasil, y "MVS Multivisión" de México, perteneciente al consorcio JV Corporación.

La cobertura inicial del servicio será en las áreas más pobladas de México, América Central, América del Sur y del Caribe. La programación del sistema será emitida por el satélite Galaxy III-R propiedad de Hughes Communications, Inc. con uno del tipo Hughes HS 601 que cuenta con 24 transponder en la banda "C", e igual número para "Ku", en los segundos se transmitirá el servicio de DIRECTV.

Los centros regionales de transmisión se ubican en la ciudad de México, Sao Paulo, Caracas y Buenos Aires, el centro que coordinará el tráfico se localiza en Long Beach Florida, el equipo doméstico lo manufacturará las mismas compañías que lo realizan en E.U., pero con la variante que este sistema ya es la segunda generación con respecto al sistema inicial, por lo que no son compatibles.

El proyecto comprende la puesta en marcha de 144 canales de televisión (dos terceras partes en español y el resto en portugués) y 60 canales de música, totalmente digitalizados, dirigidos a una audiencia potencial en toda Latinoamérica de 30 millones de telehogares. A través de Multivisión, los teleespectadores mexicanos que contraten el servicio tendrán un menú para escoger hasta 102 de los 144 canales. La figura 9.4 muestra la posición del satélite de Hughes.

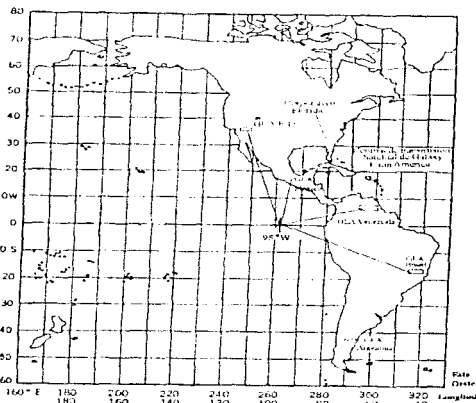


Figura 9.4

En México el costo por inscripción al sistema básico es de alrededor de 3000 pesos y de 199 pesos mensuales con la modalidad que Multivisión sigue siendo propietaria del receptor.

Multivisión tiene proyectado en el futuro pasar de 102 canales a 238 con la puesta en órbita del satélite Galaxy VII-I.

CAPITULO X

COSTOS

COSTOS

Los costos derivados de la implantación de un sistema de televisión directa por satélite son difíciles de precisar, dadas las diferencias que pueden existir en el sector espacial de acuerdo con las soluciones adoptadas.

Entre las soluciones aplicables a México, tenemos:

- Que varias o una sola compañía de televisión sufrague el costo de todo el proyecto asociado a DBS como el satélite y las diferentes estaciones terrenas.
- Que el gobierno implemente un segmento espacial dedicado solo a DBS y posteriormente lo rente a terceros.
- Que la siguiente generación de satélites, que sustituyan a los actuales satélites de comunicaciones, tengan transponder de alta potencia.
- Alguna combinación de las anteriores

A manera de ejemplo del primer y segundo inciso pondremos el caso del sistema español que a título indicativo se dan las siguientes cifras de la tabla (las cifras están en millones de dólares)

Costos Iniciales	
Estudio Preliminar	0.2
Definición del sistema	2.3
Sector Espacial	
Desarrollo	25
2 Satélites DBS	80
1 Lanzamiento	45
Estaciones TTC	10
Estación Transmisora	5
Total	167.5

Si el sistema fuéase operacional, los costos por año y canal en operación pasarían a ser 18.7 millones de dólares.

El tiempo estimado para la operación del sistema se puede dividir en las siguientes fases.

- A) Estudio preliminar de definición.
- B) Preparación de especificaciones técnicas y pliego de condiciones
- C) Elaboración de ofertas y negociación de contrato
- D) Construcción del satélite, lanzamiento y aceptación

$$A + B + C + D + \approx 6 \text{ años y medio}$$

Por todo lo anterior se puede observar que tanto por tiempo, como por costos, la implantación de un sistema de radiodifusión directa por satélite es muy difícil.

Cabe comentar que DirecTV se fue por este camino, partiendo de cero y crea toda la infraestructura necesaria para la prestación del servicio, la inversión inicial necesaria fue de 600 millones de dólares y de esa cantidad Multivisión participa con el 10%, dentro de los gastos realizados tenemos que el costo del satélite Galaxy -3R fue de 150 millones de dólares.

Pero no todas las compañías se pueden dar el lujo de seguir ese camino, y el tercer punto es el más viables por lo que las compañías interesadas en prestar el servicio DBS pueden rentar los transpondedores a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte o alguna otra corporación que cuente con transpondedores de gran potencia dirigidos a México. A manera de poder acercarnos a la tarifa que tendría rentar un transponder para prestar el servicio, exploraremos algunas tarifas del mercado, tanto nacional como internacional

TARIFA DE SERVICIOS DIGITALES			
SATELITE	BW (MHz)	POTENCIA (dBW)	COSTO TRANSPONDER (DOLARES).
GSTAR	54	44.4	160 000
SBS 6	43	42.4	140 000
ASC	72	42.4	140 000
SBS 2	43	47.0	170 000
Morelos	108	44.0	207 000
Solidaridad	54	47	250 000

TARIFAS TELEVISION			
SATELITE	Protegido	No Protegido	Sujeto a interrupción
GALAXY (36 MHz)	126 000	91 000	84 000
MORELOS (36 MHz)	145 000	N/A	87 300
SPACENET (36 MHz)	135 000	100 000	93 00

TRANSPONDEDOR EN BANDA Ku	
Descuento por renta a largo plazo satélites SBS2	
Periodo	Costo
1 año	170 000
2 años	150 000
3 años	130 000

Por este último camino camino se decidió la empresa SKY, rentando varios transpondedores del sistema Solidaridad para establecer su enlace satelital.

CAPITULO XI

APLICACIONES

APLICACIONES DE LA TELEVISION DIRECTA POR SATELITE

La relación que ha existido entre la televisión y la sociedad actual siempre ha sido cuestionada, pero en los últimos años este planteamiento a tomado mayores dimensiones. En un principio la radiodifusión fue vista como un medio de entretenimiento pero actualmente ha asumido un status quo, que no ofrece ningún medio. La información vista en la televisión puede inducir a la gente a comprar o recibir noticias diseñadas para informar la verdad o influenciar en cualquier otra decisión.

Su efectividad no esta en la palabra hablada o escrita, su impacto es visual en los televidentes y es capaz de influir en una gran auditorio, esta influencia directa en las masas puede ser positiva o negativa dependiendo de quien la controle. En el contexto de DBS es fácil influir a los televidentes mediante la radiodifusión de otro país, esto presenta la ventaja, de que la audiencia encuentra las diferencias entre una transmisión local y una de DBS, la radiodifusión en un sistema nacional normalmente es distribuida al territorio a través de un sistema de retransmisores para que la televisión se reciba internamente vía la banda **VHF o UHF**, alternativamente los programas extranjeros a través de un sistema **CATV**. Si alguna entidad tiene el poder de censura sobre las transmisiones bien podría censurar cualquier transmisión que a su criterio no es adecuado.

DBS opera de diferente manera, aquí los programas que no son producidos en el país, pueden ser captados por el auditorio que cuente con este sistema y no pueden ser cancelados. Algunas de las aplicaciones que se pueden dar al servicio DBS son las que se mencionan a continuación:

Información :

Política económica y social del país y del extranjero. Boletines de información y comentarios, noticias especiales o extraordinarias, asuntos públicos (bajo la forma de discursos, debates, magazines, etc.), noticias deportivas (programas especiales o separados), documentales y otros (meteorológicos, estado de las carreteras etc.).

Educación :

Educación escolar y universitaria, educación extraescolar para niños, jóvenes y adultos, por ejemplo ayuda para actualización profesional, conferencias idiomas, etc.

Cultura :

Estos conceptos comprenden películas como:

- a) - largo metrajes
- b) - dramáticos y telefilms
- c) - otros,

Así como también a artes plásticas, urbanismo, festivales, turismo cultural, teatro, bellas artes, música, danza etc.

Ciencia :

Ciencias y divulgación científica

Entretenimiento :

Esta es su aplicación básica, ya que la mayoría del teleauditorio busca una manera de divertirse sin necesidad de salir de su hogar, esto se puede lograr con la inclusión de emisiones destinadas con este fin entre las que tenemos películas, concursos, deportes, espectáculos, etc.

Emisiones destinadas a públicos específicos :

En base a necesidades específicas de grupos se pueden dedicar emisiones destinadas para ellos, ya sea en la modalidad de emisión dedicada o de manera publica, como ejemplo, tenemos las emisiones religiosas y otras.

Publicidad :

Anuncios publicitarios (comerciales y no comerciales).

Las anteriores clasificaciones únicamente tienen un valor orientativo y no vinculante, puesto que, en definitiva, cada empresa u organismo de televisión ajustará las emisiones en base a sus necesidades e intereses propios y en concordancia con su público.

CAPITULO XII

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La difusión de televisión hoy en día presenta el problema de cobertura limitada, ya que para radiar la señal televisiva es necesario bañar una zona específica cuidando en que las antenas receptoras tengan línea de vista con la antena transmisora de Televisión y que la potencia sea adecuada para una buena calidad de recepción, esto se logra colocando las antenas transmisoras en torres de gran altura o a través de elevaciones naturales como cerros (por ejemplo algunos canales de radiodifusión en el D.F. están situados en el cerro del Chapultepec), radiando la señal con una gran potencia, pero finalmente la potencia se va desvaneciendo hasta que llega un momento en que no es apta para la recepción o que no exista línea de vista con la antena transmisora.

Lo anterior obliga a que el servicio de radiodifusión tenga dos caminos para abarcar el territorio nacional, el primero es emplear una red de microondas y el segundo es emplear una red receptora que sea alimentada mediante el servicio FSS. En ambos casos es necesario un agente intermedio que reciba y posteriormente retransmita la señal previamente adecuada para los receptores caseros. Otro inconveniente es el cambio de frecuencia portadora sobre la cual viaja la señal de televisión, además de todo lo anterior existen las debilidades propias del estándar de televisión utilizado en México.

Los estándares técnicos están atacando las partes débiles de estos sistemas como sus carencias en sonido y calidad en la imagen, en esta materia, la adopción de técnicas digitales permitirán más la calidad, sino también la distribución de gran número de canales digitales previamente multiplexados, por canales de banda ancha, lo cual puede tomarse como una evolución a sistemas más sofisticados de televisión y por lo mismo incompatibles con los actuales receptores.

Si además de los anteriores puntos, agregamos que en varios lugares donde la radiodifusión convencional no existe y es necesario recurrir a sistemas CATV, lo que implica una reducción en la oferta de canales o muchas veces un pésimo servicio al usuario.

En base a lo anterior, el servicio de DBS puede ser un medio ideal para solventar todas las dificultades anteriores debido a su amplia cobertura, la gran variedad de canales y la posibilidad de prestar el servicio de radiodifusión bajo diferentes normas, esta tecnología está ya probada en lugares como Europa, Japón y E.U. con resultados satisfactorios.

Esta tecnología, y los servicios correspondientes, competen plenamente a los organismos y empresas de radio y televisión, constituyendo un nuevo y atractivo medio para difundir programas, complementando o sustituyendo a los medios clásicos, tales como las redes de transmisores y receptores terrenales y los sistemas de distribución por cable.

En México este servicio está disponible por parte de las compañías DirecTV y SKY, las cuales están respaldadas por compañías radiodifusoras convencionales (Televisa) o restringidas (Multivisión).

En los cálculos desarrollados en esta tesis se encontró que el único sistema que puede prestar el servicio DBS con el diámetro de 60 cm. en la antena receptora doméstica es DirecTV, pero con el inconveniente del 99.98% de confiabilidad en el enlace descendente.

SKY promete lo mismo pero no fue posible confirmar plenamente este dato, ya que con los datos presentes y en base de que el satélite original se perdió (Pos 3) y que fue necesario anularse del sistema Solidaridad, se encontró que el plato parabólico mínimo en la estación doméstica es de 0.7 m., pero con una confiabilidad en el enlace descendente del 99.90 por ciento, lo que implica una mala calidad de recepción, lo anterior no necesariamente es permanente, ya que de poder contar con algún otro satélite que tenga transponders de mayor potencia, el servicio podría mejorar lo cual no es muy descabellado, debido a que dentro de poco un nuevo satélite sustituirá al Morelos, y lo más seguro es que tenga transponders con potencias mayores a 100 Watts.

Por último cabe mencionar que apenas inicia la entrada de este servicio a México y no se puede saber ciertamente que problemas de los sistemas de radiodifusión clásica pueda solucionar, así como que nuevos problemas pueda crear, por lo que sólo el tiempo tendrá la última palabra.

CAPITULO XIII

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

Sistemas de Televisión Clásicos Avanzados

Tomás Bethencourt Machado
Radio Televisión Española RTVE

Televisión Digital

Charles Sandbank
Jhon Wiley & Sons Ltd.

Televisión de Alta Definición HDTV (Congresos)

Chair Charles

Antenas

Jhon D. Kraus
McGraw Hill

Teoría Electromagnética

Carl T. A. Jhonk
Limusa

Radiación Electromagnética y Antenas

Jorge R. Sosa Pedrosa
Limusa

Antenas

F. R. Connor
Labor S. A.

Construya e Instale su Propia Antena Parabólica

Rodolfo Neri Vela, Bernardo Martínez Avalos
Tuky

Handbook of Microstrip Antennas

J. P. Jane & P. S. Hall

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Handbook of Antennas
IEE UK

Principles of Communications Satellites
Gary D. Gordon
Jhon Willey & Sons Inc

Tecnología Básica de los Satélites
Curso Internacional
Telecom México 1991

Reglamento de Radiocomunicaciones
Edición 1982, revisada 1985,86, 88
SCT (Torre de Comunicaciones)

Recomendaciones e Informes del CCIR
UIT, 1980, Volumen N y N1
Sección de Radiodifusión por Satélite

IEEE Transactions-Antennas & Propagation
Vol. 33 Número 10 Octubre de 1988.

Satélites de Comunicaciones.
Dr. Rodolfo Neri Vela.
Mc Graw Hill

Comunicaciones por Satélite.
Dr. Rodolfo Neri Vela y M.C. Salvador Landeros Ayala.
Seminario impartido en México D.F., Noviembre 1993.

The Ku Band Satellite Handbook
Mark Long
Colección SAMMS

ANEXO

La siguiente sección proporciona la manera en que se determino el diametro del plato parabólico para el satélite TV-SAT de manera manual, posteriormente el listado del programa que determino los siguientes dos diámetros, y al final los resultados obtenidos.

Para realizar el cálculo es necesario conocer la figura de merito del satélite, la densidad de flujo y el PIRE en los lugares donde se proporcionara el servicio, algunos de los datos empleados para este fin, son aproximados debido a la dificultad de conseguir los datos exactos, y a la rememoria de proporcionar datos técnicos por parte de algunas empresas.

Características de diferentes satélites

Nombre	P[W]	Posición	PIRE	DFS[dB/m ²]	HW	[G/T] _{sat}	f _u [GHz]	f _d [GHz]
TV SAT	200	*116.8	6.5 dB	-102	27 MHz	2.0 dB/K	17.3	12.8
Galaxy III-R	120	95	6.0 dB	-103	27 MHz	2.0 dB/K	17.3	12.8
Solidaridad	45	113.5	50.7 dB	-100.57	54 MHz	7.55 dB/K	14	11.728

Sólo para efectos de comparación del diametro en el plato parabólico en la estación receptora domestica en diferentes satélites, se incluíra el cálculo con un satélite de alta potencia (TV-SAT) y se ubicara en la misma posición en la que se encuentra actualmente el satélite Morelos II, lo cual no necesariamente está muy alejado de la realidad, ya que próximamente Morelos saldra de servicio y quizá pueda ser sustituido por un satélite de alta potencia o mínimo que pueda prestar el servicio de DBS. Los datos para Solidaridad se basan considerando que la polarización en el enlace ascendente es vertical y descendente horizontal, ya que en cualquier otro caso pueden cambiar, además se considera 8 dB de BOI y 4.5 de BOO con posición de 14 en el atenuador.

Para simplicidad de cálculos se considerara siempre el mismo lugar que transmite que en este caso es la ciudad de México y al igual que el que recibe que es la ciudad de Tijuana

Características de la Estación Terrena:

Función	Lugar	Longitud[W]	Latitud [N]	*L _{at} [dB]	*L _{oa} [dB]
T _N	D.F.	99.01	19.35°	11.6	0.11
R _N	Tijuana	117.3°	32.5°	3.40	0.056

* Considerando La frecuencia ascendente en 17.3 GHz y 12.8 GHz en el descendente y posición de 116.8 W con confiabilidad del 99.99%.

La determinación del Angulo de Elevación E de las Estaciones Terrenas es a partir de:

$$E = \text{Ang Tang} \left[\frac{(\cos A \cos X) - 0.15126}{\sqrt{\sin^2 A + \cos^2 A \sin^2 X}} \right] \quad \text{con} \quad A \approx Z - Y$$

Donde: X, Latitud de la estación terrena
Y, Longitud de la estación terrena
Z, Longitud del satélite.

Para la estación terrena transmisora:

$$\begin{aligned} X_{TX} &= 19.35^\circ \quad N \\ Y_{TX} &= 99.01^\circ \quad O \\ Z_{SAT} &= 116.8^\circ \quad O \\ A = Z - Y &= 116.8 - 99.01 = 17.79 \end{aligned}$$

$$E_{IX} = \text{Ang Tang} \left[\frac{(\cos 17.79 \cos 19.35) - 0.15126}{\sqrt{\sin^2 17.79 + \cos^2 17.79 \sin^2 19.35}} \right] = 59.45 \approx 60^\circ$$

Para la Estación Receptora.

$$X_{RX} = 32.50^\circ \quad N$$

$$Y_{RX} = 117.3^\circ \quad O$$

$$Z_{SAT} = 116.8^\circ \quad O$$

$$A = Z - Y = 117.3 - 116.8 = 0.23$$

$$E_{RX} = \text{Ang Tang} \left[\frac{(\cos 0.23 \cos 32.5) - 0.15126}{\sqrt{\sin^2 0.23 + \cos^2 0.23 \sin^2 32.5}} \right] = 52.17^\circ \approx 53^\circ$$

Partiendo de una relación portadora a densidad de ruido total de 14 [dB-MHz], tenemos que

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_r = 14 \text{ dB-MHz} \quad \therefore \quad \left[\frac{P}{R_0} \right]_r = \text{Anti} \log \frac{14}{10} = 25.12$$

SATELITE TV-SAT (Alta Potencia):

La relación portadora a ruido ascendente se determino a partir de la ecuación 21 considerando que hay 8 portadoras en cada transponder y modulación QPSK cuyo ancho de banda es similar a la velocidad de transmisión que para este caso se tomara de 3 Mbs.

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = DF + \left[\frac{G}{T} \right]_{SAT} + 207.15 + 20 \log f_{MHz} - L_{FSA} - L_{LNA}$$

La densidad de flujo correspondiente es:

$$DF = DFS - BOI + 10 \log (1/n) + \text{Atenuador} = -102 - 8 + 10 \log (1/8) = -119.030 \text{ [dBW/m}^2\text{]}$$

sustituyendo valores

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = -119.03 + 2 + 207.15 - 20 \log 17.3 - 0.20 - 11.6$$

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_A = 53.56 \text{ dBHz} \quad \left[\frac{P}{R_0} \right]_A = \text{anti} \log \left[\frac{53.56}{10} \right] = 226938^3$$

La relación (P/R)_i se obtiene de la figura 8 considerando un back-off de 5 que es lo más que considera la tabla.

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_i = 16 \text{ dB} \quad \therefore \quad \left[\frac{P}{R_0} \right]_i = \left[\frac{P}{R_0} \right]_A + 10 \log \sqrt{T} = 16 + 10 \log 3 \times 10^6 = 80.78 \text{ dB-Hz}$$

$$\left[\frac{P}{R_0} \right]_i = \text{Anti} \log (80.78 / 10) = 11943215112$$

Por lo que la relación portadora a densidad de ruido descendente es:

$$\left[\frac{P}{R_o} \right]_r = \frac{1}{\frac{1}{R_{oA}} + \frac{1}{R_{o1}} + \frac{1}{R_{oD}}} \quad \left[\frac{P}{R_o} \right]_D = \frac{1}{\left[\frac{P}{R_o} \right]_r + \left[\frac{P}{R_o} \right]_1 + \left[\frac{P}{R_o} \right]_D} = \frac{1}{\frac{1}{25.12} + \frac{1}{226938.3} + \frac{1}{119432151.2}} = 25.123$$

$$\left[\frac{P}{R_o} \right]_D = 10 \log 25.123 = 14.001 \text{ dB} - 11z.$$

Las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente son:

$$L_S = 183.51 + 10 \log [1 + 0.42(1 - \cos X \cos A)] + 20 \log f_{MHz}$$

$$L_A = 183.51 + 10 \log [1 + 0.42(1 - \cos 32.5 \cos 0.23)] + 20 \log 12.8 = 205.93 \text{ dB}$$

La figura de mérito de la estación terrena considerando 1 Back-off de salida:

$$\left[\frac{P}{R_o} \right]_D = \text{PIRE} + \left[\frac{G}{T} \right]_{ET} - 1_{dB} - 1_{dB} - 1_{dB} - K \quad (\text{dB}) \quad (25)$$

$$\text{PIRE} = \text{PIRE}_{SAT} - \text{BOC} + 10 \log (1/n) = 65 - 4.5 + 10 \log (1/8) = 51.46 \text{ (dBw)} \quad (24).$$

Despejando de 25.

$$\left[\frac{G}{T} \right]_{ET} = \left[\frac{P}{R_o} \right]_D - \text{PIRE} + 1_{dB} + 1_{dB} + 1_{dB} + K + B = 14.001 - 51.46 + 205.93 + 3.4 + 0.09 - 228.6 + 10 \log VT \quad \text{dB}$$

$$\left[\frac{G}{T} \right]_{ET} = -56.64 + 10 \log 3 \times 10^6 = 8.1322 \text{ dB} - K$$

La figura de mérito también se determina como:

$$(G/T)_{ET} = G_{dB} - 10 \log (F_{1.4K} + T_A + \{ [1 - \text{antilog}(-L_{1.4dB}/10)] T_r \})$$

Considerando:

LNA de 30 K

La temperatura de antena para un ángulo de inclinación de 53° es de 16 K

El margen de lluvia descendente es de 3.4 dB

$T_r = 275 \text{ K}$

$$(G/T)_{ET} = G_{dB} - 10 \log (30 + 16 + 149.301)$$

$$G_{dB} - (G/T)_{ET} + 22.91 = 8.1322 + 22.91 = 31.0422 \text{ dB}$$

Por lo que el diámetro del plato parabólico es:

$$D = \text{Antilog} \left[\frac{31.04222 + 42.27 - 20 \log 12.8 \times 10^3}{20} \right] = 37 \text{ cm.}$$

A continuación el listado del programa desarrollado para determinar los diámetros restantes:

```
* Programa que determina el diametro del plato parabólico en la estación receptora Doméstica
* en banda Ku.
RESS="s"
DO WHILE RESS = "s"
CLS
CALL ENCABEZADO
CALL SATELITE
CALL ENCABEZADO
CALL TRANSMISORA (orbitad)
CALL RECEPTORA (orbitad)
CALL ENCABEZADO
CALL TELEVISION (bw)
CALL INTERMODULACION (vtdb,satelite%)
CALL ENCABEZADO
CALL ESTADO
CALL LLUVIA(x,zona",o,x,zona",o,(confia",o,(confia"%))
CALL ATMOSFERICAS(xangulo,xangulo,(xf,xf))
CALL ASCENDENTE(gtsat,d,(xldb,(lluvia,(xatmos)
CALL DESCENDENTE(gtsat,d,(xldb,(pradi,(pradi#,pirefrac),s,(xatmos,(xlluvia,(vtdb#)
CALL ANTENA(xangulo)
CALL ENCABEZADO
CALL DIAMETRO(xlluvia,(xatmos,(xgldb,(xf)
CLS
PRINT "          PARAMETRO          VALOR "
PRINT "-----"
PRINT " SATELITE " "satelite$"
PRINT USING" POTENCIA [Watts]          #####.##.potencia
PRINT USING" ORBITA [grados]          #####.##.orbita
PRINT USING" PIRE [db]          #####.##.pire
PRINT USING" DENSIDAD DE FLUJO [db/m²]          #####.##.dls
PRINT USING" ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDER [MHz]          #####.##.bw
PRINT USING" FIGURA DE MERITO [db/K]          #####.##.gtsat
PRINT " PORTADORAS EN EL TRANSPONDER          "n
PRINT USING" BACK OFF DE ENTRADA [db]          #####.##.boe
PRINT USING" BACK OFF DE SALIDA [db]          #####.##.boi
PRINT USING" POSICION DEL ATENUADOR          #####.##.atc
PRINT USING" VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbits/s]          #####.##.vt
PRINT USING" DENSIDAD DE FLUJO CORRESPONDIENTE [db/m²]          #####.##.df
PRINT USING" PIRE CORRESPONDIENTE [db]          #####.##.pirefrac
PRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL [db]          #####.##.tpdbs
PRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE [db]          #####.##.tsprdb
PRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERNO [db]          #####.##.pria1#
PRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE [db]          #####.##.rsprdb
PRINT USING" FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRESTRE [db/K]          #####.##.rsgldb
PRINT USING" GANANCIA ISOTROPICA DE LA ANTENA [db]          #####.##.gdb
PRINT USING" DIAMETRO DEL PLATO PARABOLICO [m]          #####.##.plato
INPUT " PULSE LA TECLA ENTER PARA CONTINUAR EL PROGRAMA " "pausa$"
PRINT
PRINT "-----"
PRINT " ESTACIONES TERRENAS "
PRINT " PARAMETRO          TRANSMISORA RECEPTORA "
PRINT "-----"
```

```

PRINT" UBICACION "tx$," rx$
PRINT" POLARIZACION "txpol$," rxpol$
PRINT USING" LONGITUD [grados] ### ## ## ##",txlon,rxlon
PRINT USING" LATITUD [grados] ### ## ## ##",txlat,rxlat
PRINT USING" FRECUENCIA [MHz] ### ## ## ##",txf,rxf
PRINT USING" ANGULO DE ELEVACION [GRADOS] ### ## ## ##",txangulo,rxangulo
PRINT USING" PERDIDAS POR LLUVIA [dB] ### ## ## ##",txlluvia,rxlluvia
PRINT USING" PERDIDAS ATMOSFERICAS [dB] ### ## ## ##",txatmos,rxatmos
PRINT "-----"
PRINT
PRINT
INPUT " DESEAS IMPRIMIR LOS RESULTADOS s/n " IMPRIS
IF IMPRIS="s" THEN
CLS
LPRINT "-----"
LPRINT " RESULTADOS "
LPRINT " PARAMETRO VALOR "
LPRINT "-----"
LPRINT " SATELITE "satellite$
LPRINT USING" POTENCIA [Watt] ### ## ## ##",potencia
LPRINT USING" ORBITA [grados] ### ## ## ##",orbita
LPRINT USING" PIRE [dB] ### ## ## ##",pire
LPRINT USING" DENSIDAD DE FLUJO [dB/m^2] ### ## ## ##",dfs
LPRINT USING" ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDER [MHz] ### ## ## ##",bw
LPRINT USING" FIGURA DE MERITO [dB/K] ### ## ## ##",gtsat
LPRINT " PORTADORAS EN EL TRANSPONDER "n
LPRINT USING" BACK OFF DE ENTRADA [dB] ### ## ## ##",boe
LPRINT USING" BACK OFF DE SALIDA [dB] ### ## ## ##",bol
LPRINT USING" POSICION DEL ATENUADOR ### ## ## ##",ate
LPRINT USING" VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbits/s] ### ## ## ##",vt
LPRINT USING" DENSIDAD DE FLUJO CORRESPONDIENTE [dB/K] ### ## ## ##",df
LPRINT USING" PIRE CORRESPONDIENTE [dB] ### ## ## ##",pirefrac
LPRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL [dB] ### ## ## ##",tprdb
LPRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE [dB] ### ## ## ##",txprdb
LPRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERNO[dB] ### ## ## ##",priat#
LPRINT USING" PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE [dB] ### ## ## ##",rxprdb
LPRINT USING" FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRRENA [dB/K]### ## ## ##",rgtgb
LPRINT USING" GANANCIA ISOTROPICA DE LA ANTENA [dB] ### ## ## ##",gdb
LPRINT USING" DIAMETRO DEL PLATO PARABOLICO [m] ### ## ## ##",plato
LPRINT "-----"
LPRINT " ESTACIONES TERRENAS "
LPRINT " PARAMETRO TRANSMISORA RECEPTORA "
LPRINT "-----"
LPRINT" UBICACION "tx$," rx$
LPRINT" POLARIZACION "txpol$," rxpol$
LPRINT USING" LONGITUD [grados] ### ## ## ##",txlon,rxlon
LPRINT USING" LATITUD [grados] ### ## ## ##",txlat,rxlat
LPRINT USING" FRECUENCIA [MHz] ### ## ## ##",txf,rxf
LPRINT USING" ANGULO DE ELEVACION [grados] ### ## ## ##",txangulo,rxangulo
LPRINT USING" PERDIDAS POR LLUVIA [dB] ### ## ## ##",txlluvia,rxlluvia
LPRINT USING" PERDIDAS ATMOSFERICAS [dB] ### ## ## ##",txatmos,rxatmos
LPRINT "-----"
ELSE
END IF
PRINT
INPUT "DESEAS OTRA INTERACCION s/n " RESS

```

```

LOOP
PRINT "FIN"
END

```

SUB ENCABEZADO

```

' Encabezado para la adquisición de los diferentes datos.
CLS
PRINT " Programa que determina el diametro minimo del reflector parabólico de la"
PRINT " estación doméstica receptora. Proporciona los datos solicitados, y confirma"
PRINT " su valor presionando la tecla enter al final."
PRINT
END SUB

```

SUB SATELITE

```

SHARED satlite$, potencia, orbita, pire, dfs, bw, n, gtsat
SHARED boi, boo, ate, orbitarad, df, pirefrac
PRINT TAB(20); " Datos del satelite"
LINE INPUT " Nombre del satelite " " satlite$"
INPUT " Potencia de transmisión en watis " potencia
DO WHILE potencia <= 0
    INPUT " Potencia debe ser mayor a 0, nuevo valor " potencia
LOOP
INPUT " Posición orbital (grados y centesima) " orbita
INPUT " PIRE en dB " pire
DO WHILE pire < 5
    INPUT " El Pire debe ser mayor a 5, nuevo dato " pire
LOOP
INPUT " Densidad de Flujo en Saturacion [dB-m²] " dfs
DO WHILE dfs >= -50
    INPUT " DFS debe ser menor a -50, nuevo valor " dfs
LOOP
INPUT " Ancho de Banda del transponder [MHz] " bw
DO WHILE bw <= 0
    INPUT " BW debe ser mayor a cero, nuevo dato " bw
LOOP
INPUT " Número de portadoras en el transponder " n
DO WHILE n <= 0
    INPUT " Número debe ser mayor a 0, nuevo valor " n
LOOP
INPUT " Figura de merito en [dB/K] " gtsat
INPUT " Back-Off de Entrada " boi
INPUT " Back-off de Salida " boo
INPUT " Posición del atenuador " ate
'Calculo de la densidad de flujo correspondiente
df=dfs-boi*(10*(LOG10(1/n)))+ate
'Calculo del pire
pirefrac= pire-booi*(10*(LOG10(1/n)))
'Conversion a radianes de la posición estacionaria
orbitarad=(3.141592654*orbita)/180
END SUB

```

```

SUB TRANSMISORA(orbitarad)
'Datos de la estación transmisora
SHARED tx$,txpol$,txlon,txlat,txangulo,txf,txfdb
PRINT " " 'Datos de la estación transmisora"
LINE INPUT " " 'Ubicación " rx$
LINE INPUT " " 'Polarización " txpol$
INPUT " " 'Longitud (grados y centesimas) " txlon
INPUT " " 'Latitud (grados y centesimas) " txlat
INPUT " " 'Frecuencia ascendente en Gigahertz " txf
DO WHILE txf < 10 OR txf > 20
PRINT " El programa solo funciona en banda Ku(rango de 10 a 20 [GHz])"
INPUT " "proporcionar nuevamente el valor en banda Ku " txf
LOOP
'Conversión de grados a radianes
txlonrad=(3.141592654*txlon)/180
txlatrad=(3.141592654*txlat)/180
'Calculo del angulo ascendente
x1=(cos(orbitarad-txlonrad))*cos(txlatrad)+0.15126
x2=((sin(orbitarad-txlonrad))^2)+((cos(orbitarad-txlonrad))^2)*((sin(txlatrad))^2))
txeleva=ATN (x1/(SQR (x2)))
txangulo = ((180*txeleva)/3.141592654)
'Frecuencia ascendente en dB
txfdb = 20*LOG10(txf)
END SUB

```

```

SUB RECEPTORA (orbitarad)
'Datos de la estación receptora
SHARED rx$,rxpol$,rxlon,rxlat,rxangulo,rxfl,rxfdb
PRINT
PRINT " " 'Datos de la estación receptora"
INPUT " " 'Ubicación " rx$
INPUT " " 'Polarización " rxpol$
INPUT " " 'Longitud (grados y centesimas) " rxlon
INPUT " " 'Latitud (grados y centesimas) " rxlat
INPUT " " 'Frecuencia descendente en Gigahertz " rxf
DO WHILE rxf < 10 OR rxf > 20
PRINT " El programa solo funciona en banda Ku(rango de 10 a 20 [GHz])"
INPUT " "proporcionar nuevamente el valor en banda Ku " rxf
LOOP
'Conversión de grados a radianes
rxlonrad=(3.141592654*rxlon)/180
rxlatrad=(3.141592654*rxlat)/180
'Calculo del angulo ascendente
x1=(cos(orbitarad-rxlonrad))*cos(rxlatrad)+0.15126
x2=((sin(orbitarad-rxlonrad))^2)+((cos(orbitarad-rxlonrad))^2)*((sin(rxlatrad))^2))
rxeleva = ATN (x1/(SQR (x2)))
rxangulo = ((180*rxeleva)/3.141592654)
rxfdb = 20*LOG10(rxf)
'Perdidas en el espacio libre en el enlace descendente
factor1=(cos(rxlatrad))*(cos(orbitarad-rxlonrad))
factor=LOG10(1+(0.42*(1-factor1)))
Ls=183.51+(10*factor)+rxfdb
END SUB

```

```

SUB TELEVISION (bw)
SHARED vt,vdb#,tpradi,tprdb
PRINT " Datos de la señal de televisión"
PRINT
PRINT " De las siguientes modulaciones"
PRINT " 1- Analógica, 2- BPSK, 3- QPSK 4- Alguna otra"
INPUT " Que modulación estas empleando" " mo
DO WHILE mo <= 3
    INPUT " El programa es valido para QPSK, Deseas Terminar s/n" " s$
    IF s$="s" THEN END
    INPUT " Para continuar teclea el número correspondiente a QPSK" " mo
LOOP
INPUT " Velocidad de transmisión en megabits por segundo" " vt
DO WHILE vt > bw OR vt <= 0
    INPUT " recordar que 0<VT<BW del transponder terminar s/n" " s1$
    IF s1$="s" THEN END
    INPUT " Proporciona VT que cumpla con la anterior condicion" " vt
LOOP
INPUT " Relacion de potencia a densidad de ruido total en dB-MHz " tprdb
DO WHILE tprdb <= 0
    INPUT " El dato anterior debe ser mayor a cero Terminar s/n" " s2$
    IF s2$="s" THEN END
    INPUT " Proporciona nuevamente el dato mayor a cero en dB-MHz" " tprdb
LOOP
'Relacion portadora a densidad de ruido adimensional
tpradi=EXP10(tprdb/10)
'Velocidad de transmisión en dB
vdb#=10*(LOG10(vt*1e6))
END SUB

```

```

SUB INTERMODULACION (vdb#,suechte$)
SHARED ipradi#,pria1#
INPUT " Relación portadora a ruido de intermodulación en dB-Hz" " prdb#
'Conversion de portadora a ruido a densidad de ruido
pria1#=(prdb#+vdb#)
ipradi#=(EXP10((pria1#-10)))
END SUB

```

```

SUB ESTADO
' Ubicación del transmisor y receptor en diferentes entidades federativas
SHARED izona#a, izoma#a, izconfia#a, izconfia#a
PRINT " De las siguientes entidades federativas"
PRINT
PRINT " 1- Aguascalientes      12- Guerrero      23- Quintana Roo"
PRINT " 2- B. California        13- Hidalgo      24- San Luis Potosi"
PRINT " 3- B. California Sur      14- Jalisco       25- Sinaloa"
PRINT " 4- Campeche                15- Edo. de Mexico 26- Sonora"
PRINT " 5- Coahuila                16- Michoacán     27- Tabasco"
PRINT " 6- Colima                  17- Morelos       28- Tamaulipas"
PRINT " 7- Chiapas                18- Nayarit       29- Tlaxcala"
PRINT " 8- Chihuahua              19- Nuevo Leon    30- Veracruz norte"

```

```

PRINT " 9- D.F.           20- Oaxaca           31- Veracruz sur"
PRINT "10- Durango       21- Puebla           32- Yucatan"
PRINT "11- Guanajuato     22- Queretaro        33- Zatecas"
PRINT
INPUT " Número donde se ubica la estación transmisora " rxet%
DO WHILE rxet% < 1 or rxet% > 33
INPUT " Proporciona nuevamente el dato de la estación transmisora " rxet%
LOOP
INPUT " Número donde se ubica la estación receptora domestica " rxet%
DO WHILE rxet% < 1 or rxet% > 33
INPUT " Proporciona nuevamente el dato de la estación receptora " rxet%
LOOP
' Ubicacion del estado con respecto a la zona geografica de lluvia
FOR I = 1 TO 2
SELECT CASE rxet%
CASE = 5,8,10,18,25,33 : zona% = 0
CASE = 2,3,19,26 : zona% = 1
CASE = 24,28,30 : zona% = 2
CASE = 9,13,15,17,21,22,29 : zona% = 3
CASE = 1,6,11,12,14,16 : zona% = 4
CASE = 7,20,27,31 : zona% = 5
CASE = 4,23,32 : zona% = 6
END SELECT
IF I=1 THEN rxzona% = zona%
rxet% = rxet%
NEXT I
rxzona% = zona%
' Ubicacion del porcentaje de confiabilidad
PRINT
PRINT " Los siguientes 6 números representan porcentajes de confiabilidad"
PRINT
PRINT " 0- 99.99%      2- 99.95%      4- 99.80%"
PRINT " 1- 99.98%      3- 99.90%      5- 99.50%"
PRINT
INPUT " ¿Que número deseas usar en el enlace ascendente " rxconfia%
DO WHILE rxconfia% < 0 or rxconfia% > 5
INPUT " El dato ascendente no es valido "nuevamente proporcionalo " rxconfia%
LOOP
INPUT " ¿Que número deseas usar en el enlace descendente " rxconfia%
DO WHILE rxconfia% < 0 or rxconfia% > 5
INPUT "El dato descendente no es valido "proporcionalo de nuevo " rxconfia%
LOOP
END SUB

SUB LLUVIA(rxzona%, rxzona%, rxconfia%, rxconfia%)
' CALCULO DE LAS PERDIDAS POR LLUVIA
SHARED rxlluvia, rxlluvia
DIM rxrain(6,5), rxrain(6,5)
' Matriz de perdidas en la transmission
FOR I = 0 TO 6
FOR J = 0 TO 5
READ rxrain(I,J)
NEXT J

```

```

NEXT I
DATA 8,6,6,5,3,3,5,3,1,5
DATA 5,4,4,5,2,5,1,3,1,0
DATA 12,7,11,10,9,2,6,8,3,6
DATA 11,6,10,2,8,2,6,3,4,2,2
DATA 12,5,11,2,10,7,8,5,9,3,6
DATA 12,2,11,3,10,5,8,2,5,8,2,6
DATA 13,9,12,3,11,8,9,6,2,9
'Matriz de pérdidas en la recepcion
FOR I = 0 TO 6
  FOR J = 0 TO 5
    READ rxrain(I,J)
  NEXT J
NEXT I
DATA 6 ,4,6 ,3,3,1,5,1 ,0
DATA 3,4 ,2,5 ,0,5,0 ,0 ,0
DATA 10,7,9 ,8 ,7,2,4,8,1,6
DATA 9,6 ,8,2 ,6,2,4,3,2,2,0,2
DATA 10,5,9,2 ,8,7,6,5,3,9,1,6
DATA 10,2,9,3 ,8,5,6,2,3,8,0,6
DATA 11,9,10,3,9,1,6,9,4 ,0,9
rxlluvia=rxrain(txzona%,txconfia%)
rxlluvia=rxrain(rxzona%,rxconfia%)
IF (txlluvia or rxlluvia) <= 0 THEN
  INPUT " Los datos proporcionados no aplican, desees otra interacción s/n" sol5
  IF sol5 = "n" THEN
    END
  ELSE
    CALL ESTADO
    CALL ENCABEZADO
    CALL LLUVIA (txzona%,rxzona%,txconfia%,rxconfia%)
  END IF
END IF
END SUB

SUB ATMOSFERICAS(rxángulo,txángulo,rsf,tsf)
'Determinación de las pérdidas atmosféricas.
DIM gases(10,4)
SHARED txatmos, rxatmos
'Matriz de pérdidas atmosféricas para diferentes ángulos de elevación
FOR I = 0 TO 10
  FOR J = 0 TO 4
    READ gases(I,J)
  NEXT J
NEXT I
DATA 4,5, 0,9, 0,25, 0,60, 0,043, 5, 1, 0,27, 0,75, 0,05
DATA 5,7, 1,2, 0,3, 0,8, 0,053, 7, 1,3, 0,31, 0,97, 0,056
DATA 7,9, 1,4, 0,33, 0,23, 0,06, 10, 1,6, 0,38, 0,28, 0,072
DATA 14, 1,9, 0,47, 0,34, 0,087, 21, 2,5, 0,62, 0,45, 0,11
DATA 38, 3,9, 0,91, 0,7, 0,20, 54, 7, 1,2, 0,9, 0,26
DATA 50, 7,5, 1,9, 1, 0,28
'Determinación de la pérdida atmosféricas ascendentes y descendentes.
y3=txángulo

```

```

f1=xf
FOR I=1 to 2
'selección de la columna en la matriz de pérdidas
  SELECT CASE y3
    CASE = 0 , <4.5 :columna=0
    CASE =4.5 , <8 :columna=1
    CASE =8 , <15 :columna=2
    CASE =15 , <45 :columna=3
    CASE =45 , <90.1 :columna=4
  END SELECT
'selección del renglon en la matriz de pérdidas atmosféricas
  K2=(f1)-fx(f1)
  IF K2>0.5 THEN
    K3=fx(f1)-9
  ELSE
    K3=fx(f1)-10
  END IF
  IF I=1 then
    columna=x=columna
    renglon=x=K3
  END IF
  f1=xf
  y3=rxángulo
NEXT I
renglon=x=K3
columna=x=columna
rxatmos= gases(renglon=x,columna=x)
txatmos= gases(renglon=x,columna=x)
END SUB

SUB ASCENDENTE(gtsat,df,txfdb,rxlluvia,txatmos)
'Calculo de la relación densidad a ruido ascendente.
SHARED txprdb,txpradi
txprdb=df/gtsat+ 207.15-(txfdb-rxlluvia-txatmos)
txpradi=EXP10(txprdb/10)

END SUB

SUB DESCENDENTE(tpradi,txpradi,ipradi)#,pirefrac,Ls,rxatmos,rxlluvia,vfdb#)
'Calculo de la relación portadora a densidad de ruido descendente en dB.
SHARED rxprdb,rxgtdb
rxpradi = 1/((1/tpradi)-(1/txpradi)-(1/ipradi#)))
rxprdb = 10*(LOG10(rxpradi))
'Calculo de la figura de merito de la estación terrena
rxgtdb=rxprdb-pirefrac +Ls+rxatmos+rxlluvia-228.6+vfdb#
END SUB

SUB ANTENA(rxángulo)
SHARED rxántena
DIM noise(34)

```

```

'Vector de variación típica de la temperatura de ruido de una antena
'en función del ángulo de elevación en la estación RX
'PRINT "rxángulo,rxángulo" rxángulo, rxángulo
FOR J= 0 to 34
  READ noise(J)
  rem PRINT noise(J);
NEXT J
DATA 44.17, 40.35, 27.31, 66, 28.61, 26.66, 24.44, 23.05, 21.66, 20.83
DATA 20.19, 16, 18.61, 18.05, 17.80, 17.50, 17.22, 16.94, 16.83, 16.77
DATA 16.55, 16.44, 16.33, 16.22, 16.11, 16.05, 16.15.88, 15.77, 15.66
DATA 15.55, 15.27, 15.14, 72, 14.44
'Determinación de la posición dentro del vector de pérdidas
Z1=(rxángulo/2.5)-fix(rxángulo/2.5)
IF Z1>0.5 THEN
  Z2=fix(rxángulo/2.5)+1
ELSE
  Z2=fix(rxángulo/2.5)+2
END IF
rxantena=noise(Z2)
END SUB

```

```

SUB DIAMETRO(rxlluvia,rxantena,rxgdb,rxl)
  SHARED gldb,plato
  'Temperatura de ruido debida a lluvia(tp)
  PRINT " Cuanto vale la temperatura de precipitación en KELVIN."
  INPUT " en caso de desconocerla teclea 275 " tr
  PRINT " Temperatura del LNA, al igual que antes, si la desconoces."
  INPUT " teclea 25 que es valor clásico" LNA
  'Cálculo de la temperatura de ruido debido al fenómeno de lluvia
  tp=tr*(1-EXP10(rxlluvia/-10))
  'Cálculo de la ganancia isotrópica de la antena
  gldb=rxgdb+(10*(LOG10(LNA+rxantena+tp)))
  'Cálculo del diámetro
  rxfmhz=20*(LOG10(rxl^3))
  plato1=(gldb+42.27-rxfmhz)/20
  plato=EXP10(plato1)
END SUB

```

RESULTADOS

PARAMETRO	VALOR
SATELITE	Solidaridad
PIRE [dB]	50.700
POTENCIA [Watts]	45.000
ORBITA [grados]	113.500
BACK OFF DE ENTRADA [dB]	8.000
BACK OFF DE SALIDA [dB]	4.500
PIRE CORRESPONDIENTE [dB]	35.408
DENSIDAD DE FLUJO [dB/m ²]	-100.570
FIGURA DE MERITO [dB/K]	7.550
POSICION DEL ATENUADOR	14.000
PORTADORAS EN EL TRANSPONDER	12
VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbps/s]	3.000
ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDER [MHz]	54.000
DENSIDAD DE FLUJO CORRESPONDIENTE [dB/K]	-105.362
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL [dB]	14.000
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE [dB]	74.756
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMOD. [dB]	80.771
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE [dB]	14.000
FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRENA [dB/K]	19.990
GANANCIA ISOTROPICA DE LA ANTENA [dBi]	36.199
DIAMETRO DEL PLATO PARABOLICO [m]	0.715

ESTACIONES TERRENAS

PARAMETRO	TRANSMISORA	RECEPTORA
UBICACION	D.F.	Tijuana
POLARIZACION	Lineal	Lineal
LONGITUD [grados]	99.010	117.300
LATITUD [grados]	19.350	32.500
FRECUENCIA [MHz]	14.000	11.728
ANGULO DE ELEVACION [grados]	61.909	51.954
PERDIDAS POR LLUVIA [dB]	11.600	0.000
PERDIDAS ATMOSFERICAS [dB]	0.060	0.053

RESULTADOS

PARAMETRO	VALOR
SATELITE	GALAXY 3R
PIRE [dB]	60.000
POTENCIA [watts]	120.000
ORBITA [grados]	95.000
BACK OFF DE ENTRADA [dB]	8.000
BACK OFF DE SALIDA [dB]	4.500
PIRE CORRESPONDIENTE [dB]	46.469
DENSIDAD DE FLUJO [dB/m ²]	103.000
FIGURA DE MERITO [dB/K]	2.000
POSICION DEL ATENUADOR	14.000
PORTADORAS EN EL TRANSPONDER	8
VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbits/s]	3.000
ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDER [MHz]	24.000
DENSIDAD DE FLUJO CORRESPONDIENTE [dB/K]	106.031
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL [dB]	14.000
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE [dB]	68.101
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMOD. [dB]	80.771
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE [dB]	14.000
FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRESTRE [dB/K]	12.296
GANANCIA ISOTROPICA DE LA ANTENA [dBi]	34.406
DIAMETRO DEL PLATO PARABOLICO [m]	0.533

ESTACIONES TERRESTRES

PARAMETRO	TRANSMISORA	RECEPTORA
UBICACION	D.F.	Tijuana
POLARIZACION	Lineal	circular
LONGITUD [grados]	99.010	117.300
LATITUD [grados]	19.350	32.500
FRECUENCIA [MHz]	14.700	12.800
ANGULO DE ELEVACION [grados]	66.345	45.167
PERDIDAS POR LLUVIA [dB]	11.600	3.500
PERDIDAS ATMOSFERICAS [dB]	0.072	0.056

RESULTADOS

PARAMETRO	VALOR
SATELITE	TV SAT
PIRE [dB]	65.000
POTENCIA [Watts]	200.000
ORBITA [grados]	116.800
BACK OFF DE ENTRADA [dB]	8.000
BACK OFF DE SALIDA [dB]	4.500
PIRE CORRESPONDIENTE [dB]	51.469
DENSIDAD DE FLUJO [dB/m ²]	-102.000
FIGURA DE MERITO [dB/K]	2.000
POSICION DEL ATENUADOR	14.000
PORTADORAS EN EL TRANSPONDER	8
VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbps/s]	3.000
ANCHO DE BANDA DEL TRANSPONDER [MHz]	27.000
DENSIDAD DE FLUJO CORRESPONDIENTE [dB/K]	-105.031
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO TOTAL [dB]	14.000
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO ASCENDENTE [dB]	67.648
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DE INTERMOD. [dB]	80.771
PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO DESCENDENTE [dB]	14.000
FIGURA DE MERITO DE LA ESTACION TERRENA [dB/K]	8.089
GANANCIA ISOTROPICA DE LA ANTENA [dB]	30.901
DIAMETRO DEL PLATO PARABOLICO [m]	0.356

ESTACIONES TERRENAS

PARAMETRO	TRANSMISORA	RECEPTORA
UBICACION	D.F.	Tijuana
POLARIZACION	Lineal	Circular
LONGITUD [grados]	99.010	117.300
LATITUD [grados]	19.350	32.500
FRECUENCIA [MHz]	17.300	12.800
ANGULO DE ELEVACION [grados]	59.552	52.174
PERDIDAS POR LLUVIA [dB]	11.600	3.400
PERDIDAS ATMOSFERICAS [dB]	0.110	0.056