



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DIFUSION DE TELEVISION VIA SATELITE**

**TECNOLOGIA Y EQUIPO DE MANUFACTURA NACIONAL**

# **Tesis Profesional**

**Que para obtener el Título de  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**p r e s e n t a n**

**HUMBERTO FLORES GONZALEZ**

**JORGE MORALES CARRILLO**



**Director de Tesis:  
DR. RODOLFO NERI VELA**

**MEXICO**

**1984**



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.

## I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1 . LA SEÑAL DE TELEVISION	1
1.1.- SEÑAL DE VIDEO	1
1.1.1.- Exploración	3
1.1.2.- Parpadeo	6
1.1.3.- Exploración entrelazada	7
1.2.- SEÑALES DE SINCRONIA	9
1.2.1.- Señal de sincronía horizontal	11
1.2.2.- Señal de sincronía vertical	12
1.3.- RESOLUCION	16
1.3.1.- Resolución vertical	16
1.3.2.- Resolución horizontal	17
1.3.3.- Ancho de banda	18
1.4.- SEÑAL CROMATICA DE VIDEO	19
1.4.1.- Colores primarios	20
1.4.2.- La señal de color	26
1.4.3.- Procesamiento de la señal de video	29
1.4.4.- Espectro de la señal	34
1.5.- SEÑAL DE AUDIO	37
CAPITULO 2 . COMUNICACION POR SATELITE	39
2.1.- ESTACIONES TERRENAS	41
2.1.1.- Figura de mérito	43
2.1.2.- Moduladores	46

	Página
2.1.3.- Convertidores	47
2.1.4.- Amplificadores de bajo ruido	52
2.1.5.- Amplificadores de alta potencia	57
2.1.6.- Antenas	65
2.2.- SATELITES	73
2.2.1.- Acceso al satélite	78
2.2.2.- Transpondedor	80
2.3.- ECUACIONES DE ENLACE	84
2.3.1.- Enlace ascendente	84
2.3.2.- Enlace descendente	88
2.3.3.- Relación de potencia de portadora a densidad de potencia de ruido	90
2.3.4.- Interferencia	91
2.3.5.- Relación (C/N)total	91
<b>CAPITULO 3 . TRANSMISION Y RECEPCION DE TELEVISION</b>	
<b>VIA SATELITE</b>	92
3.1.- CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION DE SEÑALES DE TELEVISION VIA SATELITE	94
3.1.1.- Características generales	94
3.1.2.- Video de transpondedor completo y Video de medio transpondedor	97
3.1.3.- Preacentuación y Desacentuación	104
3.1.4.- Potenciación	109
3.2.- ESTACIONES TERRESTRES RECEPTORAS UNICAMENTE DE TELEVISION	113
3.2.1.- Estaciones TVRO Regionales	115
3.2.2.- Estaciones TVRO Comunitarias • Individuales	125

	Página
CAPITULO 4 . EQUIPO PARA RECEPCION DE T.V.	
VIA SATELITE	131
4.1.- SCIENTIFIC-ATLANTA	132
4.2.- NIPPON ELECTRIC CO. LTD	142
4.3.- RESALT S.A.	148
4.4.- MACROMEX S.A.	153
4.5.- MEXSAT	159
CAPITULO 5 . DIFUSION DIRECTA DE TELEVISION	165
5.1.- SATELITES DE DIFUSION DIRECTA	168
5.1.1.- Satélites de difusión directa de alta potencia en los E.U.A.	170
CONCLUSIONES	174
APENDICE A   CALCULOS DE ENLACE PARA ESTACIONES TVRO	177
SECCION A-1   TVRO REGIONAL EN CD. OBREGON , SONORA.	180
SECCION A-2   TVRO REGIONAL EN LEON , GUANAJUATO	186
SECCION A-3   TVRO REGIONAL EN CD. DEL CARMEN , CAMPECHE	191
SECCION A-4   TVRO INDIVIDUAL EN CD. OBREGON , SONORA	196
SECCION A-5   TVRO INDIVIDUAL EN LEON , GUANAJUATO	200
SECCION A-6   TVRO INDIVIDUAL EN CD. DEL CARMEN , CAMPECHE	204

	Página
APENDICE B ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPO PARA RECEPCION DE T.V. VIA SATELITE	208
SECCION B-1 EQUIPO SCIENTIFIC-ATLANTA	209
SECCION B-2 EQUIPO NIPPON ELECTRIC CO.	242
BIBLIOGRAFIA	252

## INTRODUCCION

Cada día la utilización de satélites como medio de comunicación entre puntos distantes es más frecuente, pues a través de ellos se pueden transmitir señales de voz, datos, video y facsímil. Por tal motivo, es de gran importancia conocer cada una de estas aplicaciones de los satélites para su utilización y mejor aprovechamiento.

En esta tesis se hará un estudio acerca de una de las aplicaciones de los satélites, tanto de comunicación internacional como domésticos, que es la transmisión de la señal de televisión y de los diferentes sistemas de recepción de televisión vía satélite.

La televisión en sí, es un medio de comunicación por el cual es posible que un programa de contenido noticioso, cultural, político, deportivo, publicitario o de esparcimiento, se reciba inmediatamente después de haber sido transmitido, logrando establecer la comunicación entre el auditorio y la estación transmisora.

Ahora, para poder comprender cómo se lleva a cabo la transmisión de televisión vía satélite, en los dos primeros capítulos de este estudio se dará a conocer en qué consiste la señal de televisión y la forma general de operación de un sistema de comunicación vía satélite. Posteriormente, en el capítulo tercero se explicarán los parámetros y características de la señal de televisión que son necesarios para poder operar dentro del sistema de comunicación por satélite, así como de los diversos sistemas de recepción y distribución de este tipo de señales, efectuando los cálculos de enlace correspondientes.

El equipo para la comunicación vía satélite que se utiliza en las —  
estaciones terrenas en México y que se encuentra disponible a través de —  
las diferentes empresas establecidas en nuestro país es presentado en el —  
capítulo cuarto, profundizando en los equipos para estaciones terrenas —  
receptoras únicamente de televisión y en la integración de tecnología —  
nacional en dichos equipos.

Finalmente, en el último capítulo de este estudio, se explican las —  
características del sistema de radiodifusión directa de televisión vía —  
satélite, que se ha desarrollado en los últimos años en países como E.U., —  
y cuya aplicación a futuro tiende a ser de las más utilizadas.

## CAPITULO 1

## LA SEÑAL DE TELEVISION

## INTRODUCCION

Para evitar posibles confusiones con respecto a lo que se debe de entender por señal de televisión, es preciso definir el término inequívocamente. Definiremos a la señal de televisión como una señal compuesta, que está formada por tres señales: la señal de video, la señal de sincronización y la señal de audio.

La señal de video contiene información en forma eléctrica acerca de la imagen que ha sido enfocada en la cámara de televisión, y que después de ser transmitida será reproducida en el tubo de rayos catódicos (TRC) de un monitor o un receptor de televisión. La señal de video puede contener información de la imagen, en blanco y negro o en color.

La señal de sincronización es una señal que se superpone a la señal de video, y que sirve precisamente 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.

La señal de audio contiene la información del sonido asociado a la señal de video. En sistemas de radiodifusión de televisión y en sistemas de televisión por cable, la señal de audio y la señal de video son transmitidas juntas.

## 1.1.- SEÑAL DE VIDEO.

Para poder comprender mejor el proceso mediante el cual se forma la señal de video, empezaremos por analizar la manera en la cual se pueden representar las imágenes.

Una imagen monocromática fija puede ser expresada como una variación de la luminiscencia sobre un campo bidimensional, es decir, es una imagen tal, la luminiscencia es una función de dos variables independientes.

Cuando tratamos con imágenes monocromáticas en movimiento, nos encontramos con que la luminiscencia también es una función del tiempo, por lo cual en este caso la luminiscencia es una función de tres variables independientes.

De lo expresado anteriormente, podemos concluir que para poder convertir una imagen en una señal de video es necesario el conocer los valores instantáneos de la luminiscencia en cada punto de la imagen, y transformar dichos valores en una señal eléctrica variante con el tiempo.

El dispositivo encargado de transformar la imagen en señales eléctricas es el tubo recolector de la cámara de televisión. Actualmente existen diferentes tipos de cámaras de televisión, que se distinguen entre sí principalmente por el tipo de tubo recolector.

La diferencia entre los tubos recolectores de diferentes tipos está basada principalmente en la composición del material fotosensitivo sobre el cual golpea la luz, y en los medios usados para extraer la información eléctrica así producida.

La explicación de cómo se transduce una señal óptica en una señal eléctrica, se hará en base a la forma en cómo lo realiza el vidicon, que es uno de los tubos recolectores de uso más amplio hoy en día.

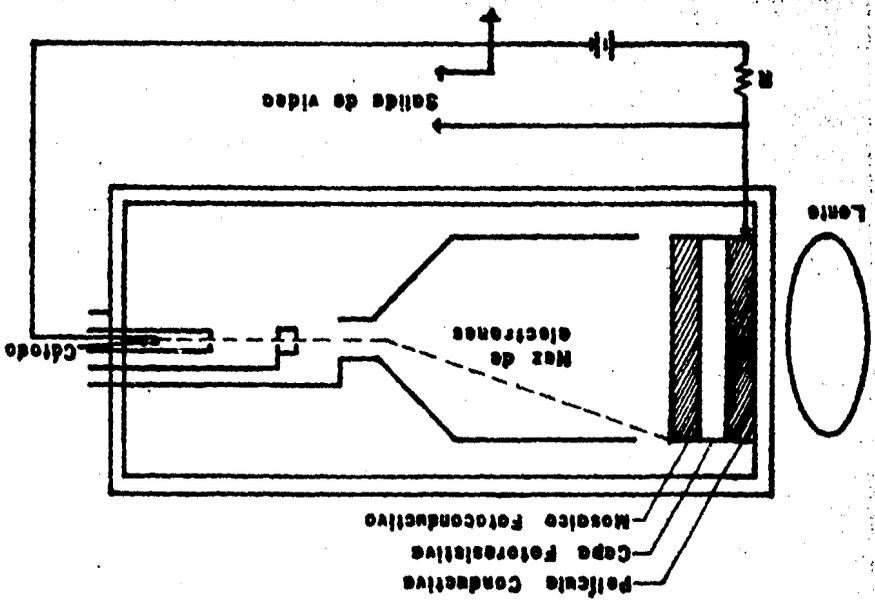
Sobre la superficie frontal del tubo recolector existen tres capas muy delgadas hechas de material fotosensitivo, sobre las cuales la imagen que se quiere transmitir es enfocada. Estas tres capas están colocadas una encima de la otra; la primera capa es de un material transparente conductor; la segunda es un semiconductor fotoresistivo, el cual exhibe una resistencia muy alta cuando no está iluminado, y una resistencia considerablemente más baja cuando es golpeado por fotones de luz; la tercera capa es un metal fotoconductor, el cual tiene alrededor de un millón de áreas separadas individualmente, las cuales actúan como pequeñas capacitores, teniendo la capa fotoresistiva como el dieléctrico y la película conductiva como el estrecho electrodos común. La carga es así variable y dependiendo de la cantidad de luz que golpea cada área (capacitor).

Todos los sistemas de exploración de televisión utilizan la exploración en líneas, es decir, existen dos procesos separados de exploración horizontal y vertical, uno moviendo el haz en forma horizontal y el otro en forma vertical.

1.1.1.- Exploración

El haz de electrones que un haz de electrones que está siendo generado por el cátodo del tubo recolector, golpea a uno de los pequeños capacitores, este se descargará a través de una resistencia de carga "R" produciendo en esta un voltaje que es proporcional a la intensidad de luz que ilumina la película. Para obtener la señal de video de la imagen completa, es necesario que el haz de electrones viaje por todas y cada una de las pequeñas líneas que forman la imagen, descargando así toda la información de la imagen y transmitiéndola en una señal eléctrica. Al proceso de barrido del haz de electrones a través de toda la superficie fotoselectiva, se le conoce como el nombre de exploración (scanning).

FIG. 1.1. Esquema del tubo vidíodo.



otro moviéndolo en forma vertical, formando así líneas de exploración ligeramente inclinadas, llamadas líneas de exploración horizontal.

Analizándolo más a fondo, vemos que en el proceso de exploración el haz de electrones arranca de la esquina superior izquierda y realiza su barrido sobre una línea de exploración hasta llegar al extremo derecho de la imagen; al llegar ahí es rápidamente regresado al lado izquierdo de la imagen para empezar el barrido de una línea de exploración inferior. Este movimiento es conocido como el retraso horizontal. El proceso continúa hasta que todas las líneas de exploración horizontal han sido barridas. Cuando esto ocurre, el haz de electrones debe moverse de la esquina inferior derecha a la esquina superior izquierda, para empezar la exploración de una nueva imagen; este movimiento es conocido como el retraso vertical.

La figura 1.2. es una ilustración simplificada de la ruta del haz de exploración sobre la superficie fotosensitiva del tubo recolector de una cámara de televisión. En el tubo de rayos catódicos de un monitor o un receptor de televisión deberán duplicarse exactamente las excursiones mostradas del haz para poder obtener una reproducción fiel de la imagen.

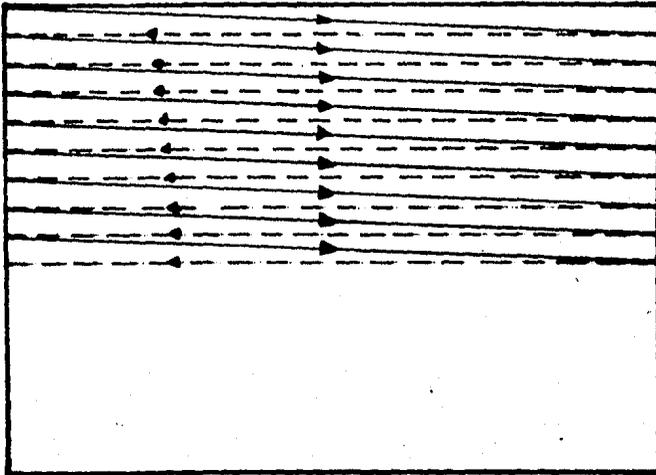


Fig. 1.2. Patrón de exploración simple.

Las líneas continuas mostradas en la figura representan la ruta del haz de exploración; las líneas punteadas sirven para indicar el retraso horizontal.

El retraso horizontal ocurre en un intervalo de tiempo muy corto con respecto al tiempo de exploración normal, y es normalmente "cortado" debido a que en ese intervalo se suspende el haz de electrones; por lo tanto, el tubo recolector de la cámara no desarrolla señal de salida durante el intervalo de retraso horizontal.

Exactamente el mismo fenómeno ocurre durante el retraso vertical, con la diferencia de que este intervalo es mucho más grande (es varias veces mayor que el tiempo de exploración horizontal).

En todos los sistemas de televisión, el movimiento horizontal del haz es mucho más rápido que el movimiento vertical. Es decir, la frecuencia de exploración horizontal es mucho más grande que la frecuencia de exploración vertical. La relación entre estas dos frecuencias es la que determina el número de líneas horizontales que existen en cada patrón explorado.

Es deseable producir un número relativamente grande de líneas horizontales por cada exploración vertical, debido a dos razones fundamentales:

- a) Para permitir que el haz descargue una cantidad máxima de la superficie fotosensitiva, dando una gran cantidad de información de la imagen.
- b) Mientras más grande es el número de líneas de exploración, se reduce su visibilidad individual en el monitor.

En lo que respecta a la frecuencia de exploración vertical, es deseable que ésta sea relativamente baja, porque de esta manera permitirá al haz inscribir un gran número de trazos horizontales sin necesitar una frecuencia de exploración horizontal excesivamente grande.

Hasta aquí hemos hablado en forma general de la manera en cómo se produce la señal de video; ahora bien, dependiendo del uso para el cual se requiera la señal de video, variarán los parámetros fundamentales de la señal como son: la frecuencia de exploración horizontal, la frecuencia de exploración vertical y el número de imágenes completas presentadas por segundo. Recordemos que la relación de la frecuencia horizontal entre la frecuencia vertical determina el número de líneas horizontales por imagen explorada.

Por ejemplo, los requerimientos para una señal de T.V. en circuito cerrado no son tan estrictos como los que existen para televisión comercial, pues generalmente la resolución requerida en la señal de video para T.V. -- comercial es mayor. En los casos en los que se utiliza la señal de video -- para investigación científica o aplicación médica los requerimientos de la señal aumentan considerablemente, pues para estos tipos de aplicación se -- requiere una resolución todavía más grande de la imagen, lo que hace que se deba de aumentar aún más el número de líneas horizontales por imagen explorada.

Puesto que nuestro interés está cifrado en la radiodifusión de televisión, analizaremos únicamente la configuración de la señal de video para -- sistemas de televisión comercial.

Los dos principales sistemas de radiodifusión de televisión que existen actualmente en el mundo, tienen las siguientes especificaciones:

a) Para el sistema de televisión americano se especifican 525 líneas de exploración horizontal, 30 imágenes completas por segundo y una relación de aspecto de 4 a 3.

b) Para el sistema europeo se especifican 625 líneas de exploración horizontal, 25 imágenes completas por segundo y una relación de aspecto de 4 a 3.

La relación de aspecto es otro factor importante de la señal de video y nos proporciona la relación ancho a alto de la imagen; la relación de aspecto usada mundialmente para sistemas de televisión comercial es de 4 a 3.

#### 1.1.2.- Parpadeo

El movimiento es un factor fundamental que debe ser transmitido por la señal de video. La sensación de movimiento continuo observada en el monitor o receptor de televisión es transmitida al espectador mediante un despliegue sucesivo de imágenes inmóviles, aprovechando el fenómeno de la persistencia de imágenes en la retina del ojo humano; es decir, se aprovecha el -- hecho de que cuando la retina es excitada por una impresión luminosa, ésta no desaparece instantáneamente, sino que lo hace en forma gradual, aunque -- en un intervalo de tiempo extremadamente corto (aproximadamente 40 milise-- gundos).

El número de imágenes inmóviles que son trazadas cada segundo en el monitor, es una función directa de la frecuencia de exploración vertical que ha sido utilizada en la cámara de televisión. Como ya se dijo anteriormente, es deseable que la frecuencia de exploración vertical sea relativamente baja, pero existe un límite, ya que la frecuencia vertical no puede ser demasiado baja, porque de ser así la escena reproducida en el monitor parecerá formada por imágenes inmóviles que están parpadeando sobre la pantalla una después de otra.

La "razón de imagen" se define como el número de imágenes completas que son trazadas por segundo. En el sistema americano de televisión se utiliza una razón de imagen de 30/s, mientras que el sistema europeo utiliza una razón de imagen de 25/s.

Ahora bien, el ver 30 o 25 imágenes por segundo da al observador una sensación de movimiento, pero tales razones de imagen no son suficientes para evitar que el ojo humano deje de percibir el parpadeo de las imágenes. Para evitar este problema es necesario incrementar la razón de imagen, o dicho de otra manera, el incrementar la frecuencia de exploración vertical.

Sin embargo, nos encontramos con que al incrementar la frecuencia de exploración vertical, se incrementa tanto el ancho de banda requerido para la señal de video, como la frecuencia de exploración horizontal; como estos incrementos no son deseables, fue necesario encontrar una solución que permitiera resolver el problema del parpadeo de las imágenes, sin que se alterasen la frecuencia de exploración horizontal ni el ancho de banda requerido.

La solución que se encontró para resolver este problema fue el utilizar los llamados campos de exploración entrelazados.

### 1.1.3.- Exploración entrelazada

La exploración entrelazada es un método que se utiliza en los sistemas de televisión para dar al espectador la sensación de que está viendo aparecer sobre la pantalla de su receptor imágenes continuas, evitando así la molesta sensación de parpadeo.

Para poder llevar a cabo la exploración entrelazada es necesario dividir cada imagen completa en dos partes, denominada cada una de ellas un campo.

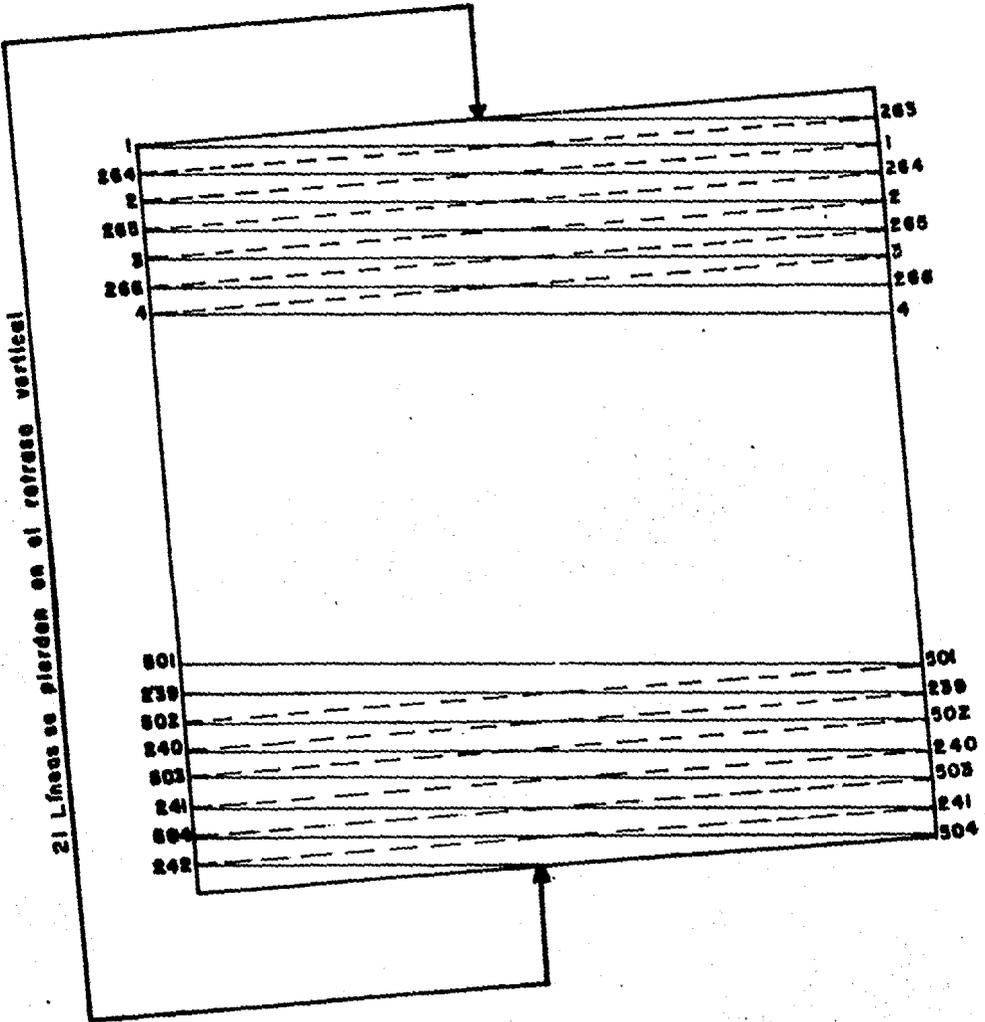


Fig. 1.3. Patrón de exploración entrelazada

Cada campo está formado por la mitad de las líneas de exploración que conforman la imagen completa. La frecuencia de exploración vertical de cada campo o frecuencia de parpadeo es exactamente el doble de la frecuencia de exploración vertical de la imagen completa.

En la exploración entrelazada las líneas que son exploradas por el segundo campo están situadas en medio de las líneas que fueron exploradas por el primer campo. Debido a que el número total de líneas por campo no constituye un número entero (262.5 ó 312.5), nos encontramos con que el primer campo termina su barrido a la mitad de una línea de exploración, empezando por la tanto el segundo campo a la mitad de una línea de exploración.

El proceso de exploración entrelazada no se lleva a cabo únicamente en el receptor de televisión, puesto que este proceso no es posible realizarlo durante la reproducción de la imagen si antes no ha sido llevado a cabo en el tubo recolector de la cámara de televisión al momento de producir la señal de video.

Con el proceso de exploración entrelazada conseguimos para el sistema de televisión americano, una frecuencia de parpadeo de 60 Hs. De esta manera se causa la impresión de estar trazando una imagen cada 1/60 de segundo, lo cual es suficiente para que el espectador tenga la sensación de estar viiendo una imagen continua.

Con este proceso la razón de imagen no se modifica, por lo cual no se altera la frecuencia de exploración horizontal ni el ancho de banda requerido, pero sí se elimina la sensación de parpadeo.

## 1.2.- SEÑALES DE SINCRONIA.

Para poder conseguir en el receptor de televisión una buena reproducción de las imágenes, es necesario superponer a la señal de video una señal de referencia que comanda los circuitos de deflexión horizontal y vertical, con el objeto de lograr que el barrido en el receptor reproduzca las excursiones del haz de electrones de la cámara de televisión. La señal de referencia recibe el nombre de señal de sincronía (o señal de sincronización), y está formada por la señal de sincronía horizontal y la señal de sincronía vertical.



Fig. 1.4. Niveles de voltaje para las señales de video y sincronía.

Debido a que las señales de sincronía deben resultar invisibles durante el despliegue de las imágenes en el receptor, es necesario cortar el flujo del haz de electrones durante el intervalo en el cual se presentan estas señales. Las señales de sincronía tanto horizontal como vertical están formadas por pulsos de corta duración, el nivel superior de dichos pulsos constituye el nivel de supresión o borrado mediante el cual el haz de electrones es cortado en el TEC del receptor de televisión, el nivel inferior de los pulsos constituye el nivel de sincronía que cuando es alcanzado habilita los circuitos de deflexión.

Para poder distinguir las señales de sincronía de la señal de video, se ha recurrido al uso de diferentes niveles de voltaje para cada una de estas señales. En la figura 1.4. se muestran los diferentes niveles correspondientes a la señal de video y a las señales de sincronía. El 100 % que

se indica para la señal compuesta corresponde al máximo voltaje pico a pico que es de 1 volt.

### 1.2.1.- Señal de sincronía horizontal

La señal de sincronía horizontal se encuentra localizada sobre la señal de video en el lugar correspondiente al intervalo de retraso horizontal. Esta señal sirve para provocar la conmutación de una línea a la siguiente; es decir, cuando esta señal aparece, indica que la línea de barrido horizontal ha terminado y que se requiere regresar el haz de electrones al lado izquierdo de la pantalla para empezar el barrido de una nueva línea.

La señal de sincronía horizontal consiste, como ya vimos, de dos niveles de voltaje; el primer nivel que se presenta al aparecer la señal de sincronía horizontal es el nivel de supresión, después de éste aparece el nivel de sincronía y para completar la señal vuelve a aparecer un nivel de supresión. El primer nivel de supresión que aparece en la señal de sincronía horizontal recibe el nombre de umbral anterior, y sirve para garantizar que el haz de electrones ha sido suspendido antes de que se inicie el retraso horizontal; una vez que el haz de electrones ha sido suspendido aparece el nivel de sincronía, el cual provoca el disparo de los circuitos de deflexión horizontal; el segundo nivel de supresión que aparece recibe el nombre de umbral posterior, este umbral es necesario para permitir en forma completa el retraso horizontal antes de que se tenga nuevamente la presencia del haz de electrones.

Cuando se maneja la señal de video cromática se incluye en el umbral posterior de la señal de sincronía la llamada ráfaga de color, la cual consiste de 8 ciclos de una onda senoidal con una frecuencia de 3 579 545 Hz. La ráfaga de color sirve para sincronizar el generador de la subportadora de color en el receptor.

La frecuencia de exploración horizontal en un sistema de televisión se obtiene mediante el producto del número de líneas de exploración utilizadas y el número de imágenes completas desplegadas por segundo; para el sistema americano de televisión la frecuencia de exploración horizontal es de:

$$525 \times 30 = 15\ 750 \text{ Hz.}$$

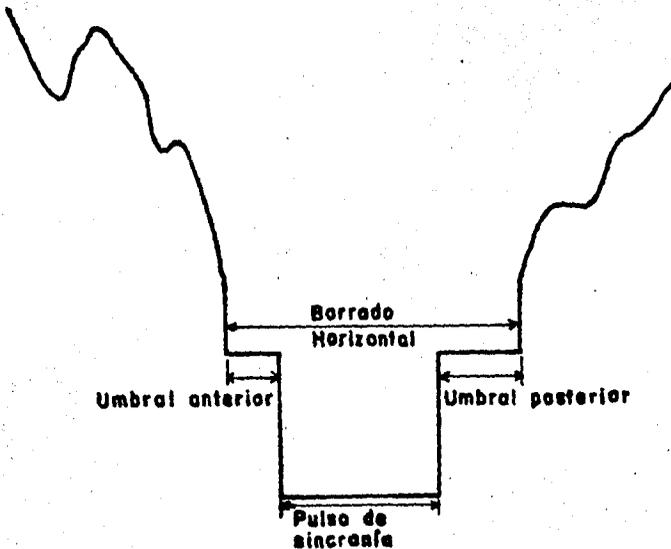


Fig. 1.5. Señal de sincronía horizontal.

El tiempo de línea, que es representado por la letra  $H$ , se obtiene del inverso de la frecuencia de exploración horizontal; para el sistema americano este tiempo es de  $63.5 \mu s$ .

De estos  $63.5 \mu s$   $10.2$  son utilizados por la señal de sincronía horizontal, lo cual quiere decir que únicamente  $53.5 \mu s$  están disponibles por líneas para transmitir la información de video, como se muestra en la figura 1.6..

#### 1.2.2.- Señal de sincronía vertical

La señal de sincronía vertical se encuentra localizada sobre la señal de video en el lugar correspondiente al intervalo de retraso vertical. La estructura de esta señal es mucho más compleja que la de la señal de sincronía horizontal; ello se debe a que no solo se requiere mantener la sincro-

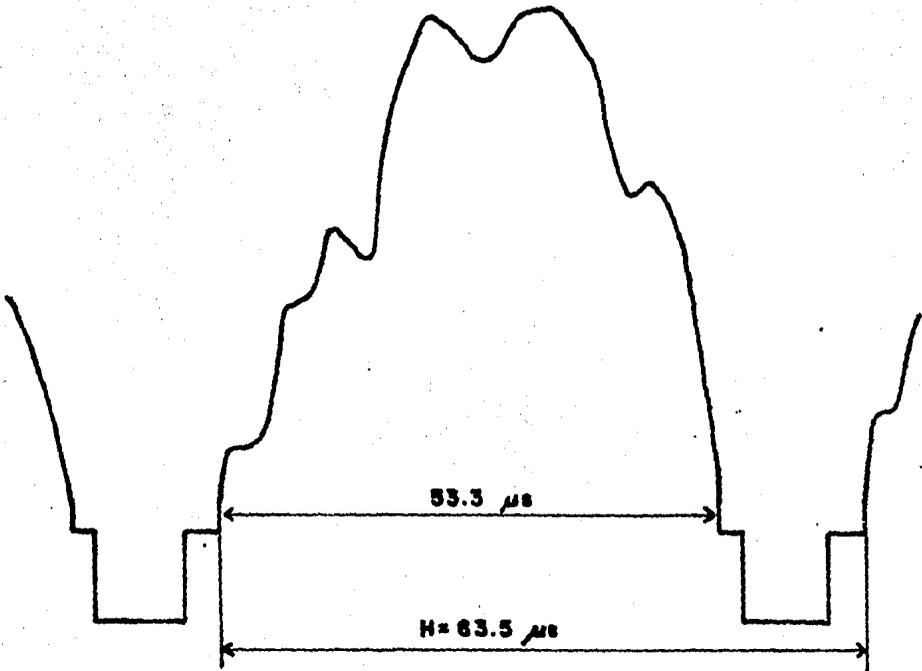


Fig. 1.6. Línea de exploración horizontal.

nfa vertical durante el retraso sino que también es necesario mantener la - sincronía horizontal; por lo tanto, el intervalo de tiempo durante el cual está presente la señal de sincronía vertical es mucho más grande que el intervalo de tiempo durante el cual está presente la señal de sincronía horizontal.

La señal de sincronía vertical sirve para realizar la deflexión vertical del haz de electrones cuando un campo ha sido terminado de barrer y es necesario regresar a la parte superior de la pantalla para iniciar el barrido de un nuevo campo.

A continuación analizaremos en forma sucesional la estructura de la - señal de sincronía vertical. En su inicio la señal de sincronía vertical - está compuesta por una serie de 5 pulsos de igualación que poseen una frecuencia de 31.5 KHz. Estos pulsos son usados para mantener el oscilador hori-

horizontal del receptor en sincronía durante el relativamente largo intervalo de retraso vertical.

Siguiendo a los pulsos de igualación aparece el pulso de sincronía vertical, el cual tiene una duración de  $190.5 \mu s$  y posee 5 "dentaduras" con una duración de  $4.4 \mu s$  cada una de ellas. Estas dentaduras son utilizadas para mantener el oscilador horizontal sincronizado durante el intervalo del pulso de sincronía vertical.

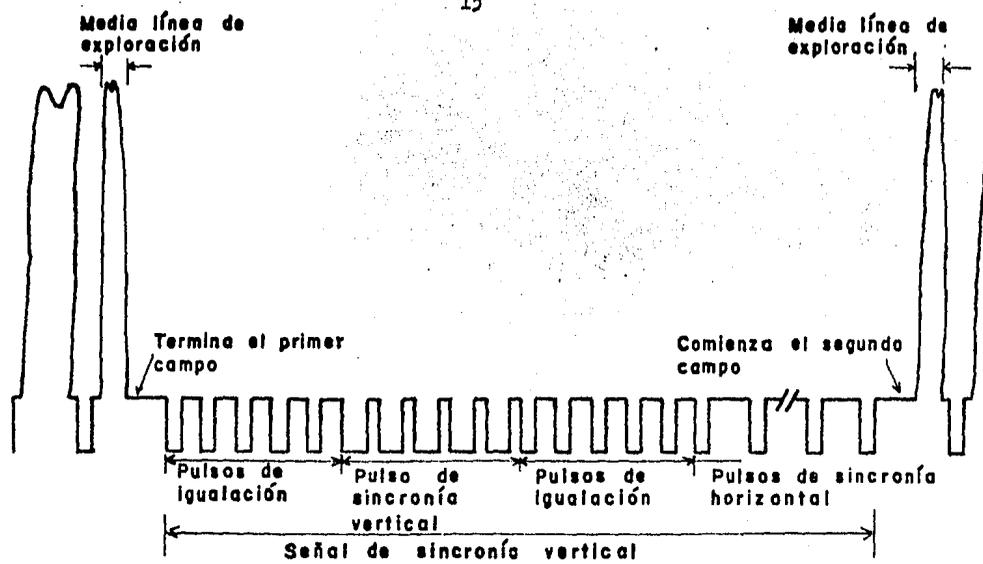
Después del pulso de sincronía vertical aparece otra serie de 5 pulsos de igualación, y después de estos aparecen pulsos de sincronía horizontal los cuales duran hasta que ha sido completado totalmente el retraso vertical.

Para evitar confusiones hay que distinguir perfectamente la señal de sincronía vertical del pulso de sincronía vertical. La señal de sincronía vertical tiene un tiempo de duración relativamente grande (alrededor de  $1000 \mu s$ ) que permite totalmente el retraso vertical. El pulso de sincronía vertical forma parte de la señal de sincronía vertical y sirve específicamente para disparar los circuitos de deflexión vertical.

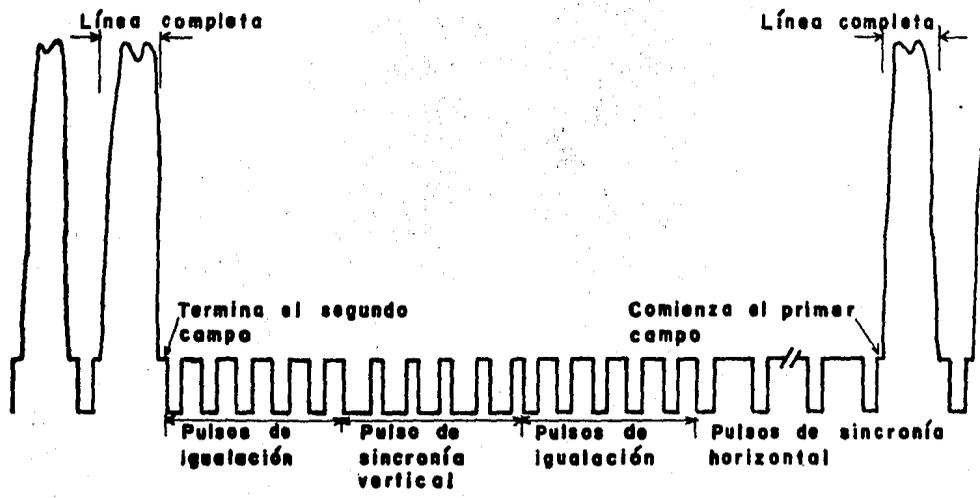
La información de video no puede ser transmitida durante el tiempo que dura la señal de sincronía vertical, por lo que se pierden varias líneas de exploración durante este intervalo. Por lo tanto, el número de líneas visibles o líneas que poseen información de video es menor que el número de líneas nominales del sistema.

En el sistema americano de televisión la señal de sincronía vertical dura  $1333.5 \mu s$ ; como este tiempo es equivalente a 21 líneas de exploración horizontal se puede ver que el número de líneas visibles es de 483 por cada imagen.

En la figura 1.7. se muestran las señales de sincronía vertical para campos entrelazados. En la figura 1.7.a. se observa la señal de sincronía vertical que aparece cuando el primer campo termina de ser barrido; debido a que como se explicó el primer campo termina a la mitad de una línea de exploración, la señal de sincronía vertical empieza a la mitad de una línea de exploración, y en el caso del sistema americano esta señal aparece a la mitad de la línea 242; como el segundo campo empieza su barrido a media línea de exploración, en la figura se observa que cuando esta señal de sincronía termina aparece únicamente media línea de exploración, que en el



a)



b)

Fig. 1.7. Señal de sincronía vertical para campos entrelazados.

caso del sistema americano esta señal termina a la mitad de la línea de exploración 263.

En la figura 1.7.b. se muestra la señal de sincronía vertical que aparece cuando el segundo campo de una imagen ha sido terminado de barrer y se requiere deflectar el haz para empezar el barrido del primer campo de una nueva imagen. Como se puede observar en la figura, las líneas de exploración inmediatamente antes y después de esta señal de sincronía, son líneas de exploración completas; para el caso del sistema americano, esta señal de sincronía empieza al finalizar la línea 504 y termina al empezar la línea 1 de la siguiente imagen.

### 1.3.- RESOLUCION.

#### 1.3.1.- Resolución vertical

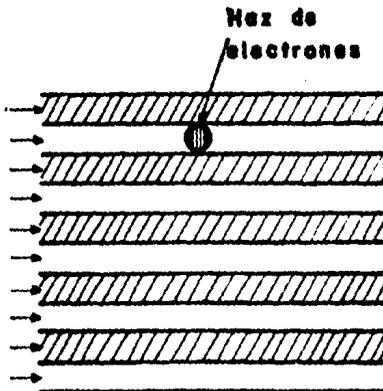
En televisión, la resolución vertical describe la capacidad del sistema para resolver líneas horizontales en una escena o cuadro, lo que limita la claridad de la imagen que se reproduzca. En forma cuantitativa, la resolución dependerá del número máximo de líneas de imagen discretas que se puedan distinguir.

Por ejemplo, en la figura 1.8. se tienen líneas alternadas blancas y negras. Si el haz de electrones coincide con cada línea, la resolución será máxima ya que la señal de video registra las líneas de blanco y negro en cada línea horizontal de exploración.

En cambio, como se muestra en la figura 1.9., si el haz de electrones no coincide con las líneas sino que está situado en el límite de las líneas de blanco y negro, la señal de video registra un color gris. Con esto se pierde la imagen original que se está reproduciendo y se disminuye la resolución.

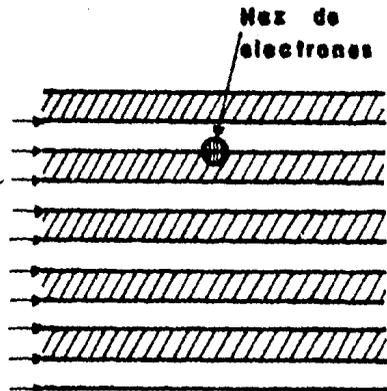
Entonces, el número de líneas de las cuales se puede resolver la imagen se reduce. Para calcular este número de líneas se considera el Factor de Kerr que, obtenido de estudios experimentales, nos indica que con una alineación arbitraria del haz de electrones se reduce la resolución a un 70 %.

Si llamamos  $N$  al número total de líneas de exploración horizontal, --



Trayectoria  
del haz

Fig. 1.8. Máxima resolución  
vertical.



Trayectoria  
del haz

Fig. 1.9. Disminución de la  
resolución vertical.

$N_p$  a las líneas de exploración que se pierden durante el retraso vertical -  
y  $N_v$  a las líneas de exploración de las cuales se pueda resolver la imagen,  
se tiene que:

$$N_v = 0.7(N - N_p)$$

### 1.3.2.- Resolución horizontal

La resolución horizontal indica la capacidad del sistema para resolver líneas verticales de resolución. Esta resolución depende del ancho de banda que se maneja en el sistema de televisión.

Considerando la figura 1.10. en donde tenemos líneas de resolución en blanco y negro verticalmente, se tendrá como señal de video en una línea horizontal de exploración una señal de pulsos generada por el haz de electrones. La frecuencia de los pulsos será directamente proporcional a la velocidad con que se haga el barrido de la línea horizontal y del número de líneas verticales de resolución que se tengan.

Si consideramos que la señal de video tiene un ancho de banda base  $B$  - y que es igual a la frecuencia máxima que puedan tener los pulsos generados por el haz de electrones que representan puntos blancos y negros en forma -

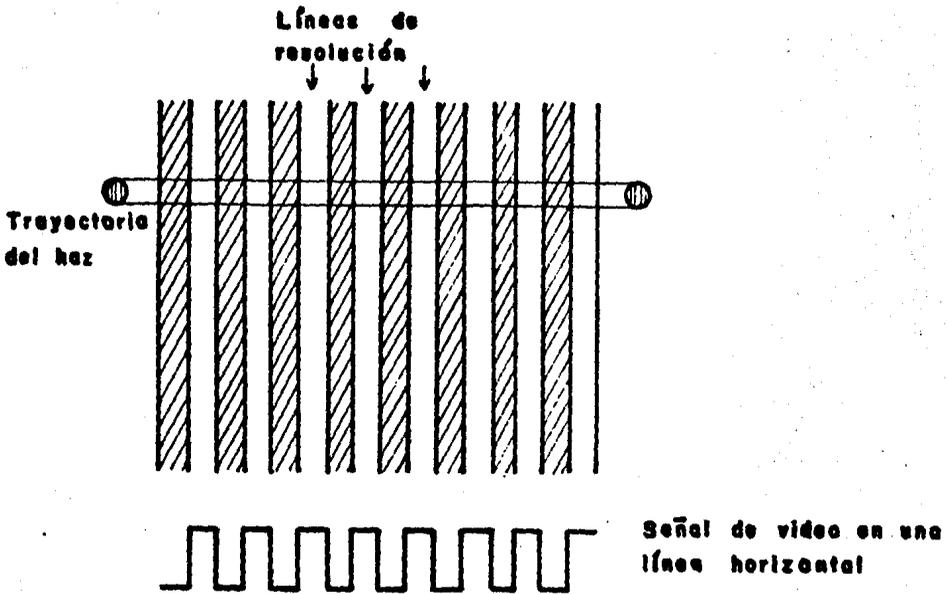


Fig. 1.10. Elementos de resolución horizontal.

alternada, se puede calcular el número de líneas verticales de resolución - de la siguiente manera:

$$N_h = 2B(T_l - T_h)$$

donde  $T_l$  es el tiempo de línea horizontal (también denominado por  $H$ ), y  $T_h$  es el tiempo de retraso horizontal.

Entonces, al hablar de la resolución horizontal de un sistema, se habla del número de elementos de resolución de los cuales se puede resolver la imagen, y cada elemento tiene un ancho tal que el número de elementos de resolución ocupa la línea horizontal de exploración completamente.

### 1.3.3.- Ancho de banda

Como nos hemos dado cuenta, el ancho de banda base de la señal de video esta relacionado directamente con la resolución que se tiene en el sistema. Se puede llegar a una expresión para calcular el ancho de banda

correspondiente, considerando las líneas de resolución vertical y horizontal.

Si llamamos A a la relación de aspecto, tenemos que está definida por la expresión:

$$A = \frac{N_h}{N_v} = \frac{\text{Ancho de imagen}}{\text{Altura de imagen}}$$

Substituyendo las ecuaciones correspondientes para  $N_h$  y  $N_v$ , y despejando el ancho de banda base de la señal de video, se tiene:

$$B = \frac{0.7(N - N_p) A}{2(T_l - T_h)}$$

Por ejemplo, consideremos el caso del sistema americano de televisión en donde se tiene:

$$\begin{aligned} N &= 525 \text{ líneas} \\ N_p &= 21 \text{ líneas por campo} \\ T_l &= H = 63.5 \mu\text{s} \\ T_h &= 10.2 \mu\text{s} \\ A &= 4/3 \end{aligned}$$

$$B = \frac{(4/3) (525 - 42) (0.7)}{2 (63.5 - 10.2) \times 10^{-6}} = 4.213 \text{ MHz}$$

#### 1.4.- SEÑAL CROMÁTICA DE VIDEO.

Hasta aquí hemos centrado nuestro análisis únicamente en la señal monocromática de video, y a través de este análisis hemos visto las técnicas y dispositivos que se requieren para un sistema de televisión en blanco y negro. Procederemos ahora a analizar la señal cromática de video.

Dado que la señal cromática de video contiene una mayor cantidad de información que la contenida por la señal monocromática (información de luminiscencia, tinte y saturación), la complejidad de un sistema de televisión en color es mucho mayor que la que se puede encontrar en un sistema de

televisión en blanco y negro. La complejidad es tal, que además del desarrollo de nuevos sistemas de exploración en el transmisor y en el receptor, de nuevas técnicas de modulación y de nuevos sistemas electrónicos, se tuvo — que investigar en el campo de la colorimetría y el de la fisiología del ojo humano, para poder lograr una buena calidad de las imágenes reproducidas en color.

Un punto importante que se tuvo que resolver para poder lograr la — transición del sistema de televisión en blanco y negro al sistema de televi sión en color, fué el de lograr la total y absoluta compatibilidad que se — necesitaba tener en ambos sistemas. Esta compatibilidad implica el que un — receptor de color debe ser capaz de reproducir en blanco y negro cualquier programa emitido con esas características, y un receptor monocromático debe reproducir en blanco y negro cualquier señal de color que este recibiendo; debiéndose tener en ambos casos una excelente reproducción de las imágenes. De lo expresado anteriormente, se concluye que el ancho de banda requerido por ambas señales de video (la cromática y la monocromática) debe ser — exactamente el mismo.

#### 1.4.1.- Colores primarios

Puesto que estamos tratando con la señal cromática de video, el primer paso para poder comprender bien la estructura de esta señal, es el analizar la forma mediante la cual es posible reproducir imágenes en las que se — observa toda una gama de colores, transmitiendo únicamente información co rrespondiente a tres colores. En efecto, sería lógico pensar que para poder reproducir fielmente una imagen en color es necesario transmitir informa— ción acerca de todos y cada uno de los colores que conforman la imagen; sin embargo, ésto no es así, pues únicamente se transmite la información corres pondiente a los colores azul, verde y rojo, llamados colores básicos o pri marios.

Ahora bien, se tiene que justificar el por qué de la utilización de — estos colores precisamente y no de otros. Para hacer dicha justificación — tenemos que examinar la forma en cómo se lleva a cabo el fenómeno de la — visión cromática en el ojo humano.

El fenómeno de la visión se realiza en el ojo humano mediante dos tipos de células situadas en la retina, que se denominan "bastoncillos" y "conos"; los primeros responden sólo a la sensación de brillo y actúan a bajos niveles de iluminación, por lo que no son sensibles al color; los conos actúan a elevados niveles de iluminación, y se ha comprobado que existen tres grupos fundamentales de conos que reaccionan respectivamente, a las frecuencias del rojo, el verde y el azul. Estos tres colores presentan la característica de que son linealmente independientes, es decir, ninguno de ellos se puede reproducir mediante la mezcla de los otros dos, pero a partir de ellos y de sus diferentes mezclas es posible formar toda la gama de colores a los cuales es sensible el ojo humano, de ahí su nombre de colores básicos o primarios.

Hasta ahora hemos hablado de las células que nos permiten la visión cromática, pero no se ha dicho nada acerca de la forma en cómo el ojo humano es capaz de distinguir los diferentes colores.

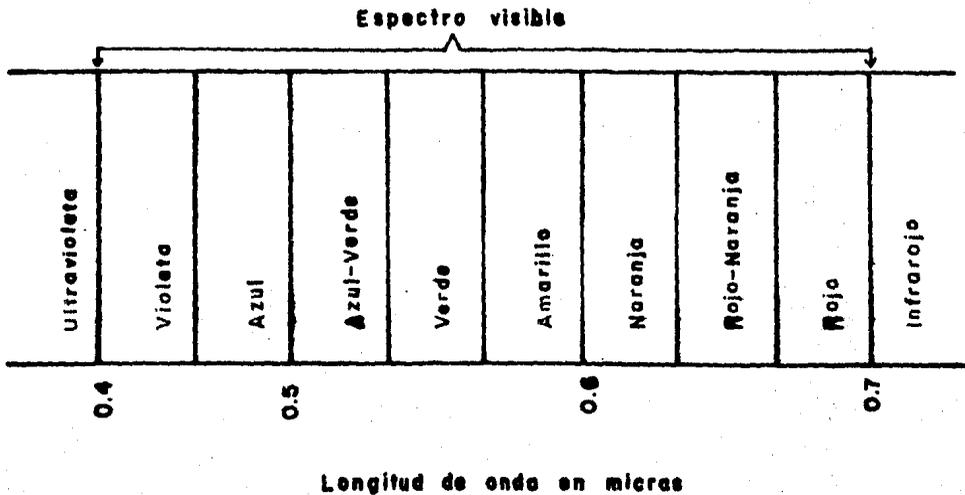


Fig. 1.11. Espectro de frecuencias de la luz visible.

Aunque el mecanismo exacto mediante el cual el ojo puede discernir los colores no es bien conocido, sí se ha establecido que la sensación de color está directamente relacionada con la frecuencia de la luz que está siendo observada; así, cuando existe un cambio en la frecuencia de las ondas electromagnéticas que constituyen la luz, éste se percibe como un cambio en el color que ven los ojos. Esto se debe a que cada color tiene una banda de frecuencias que lo caracterizan. En la figura 1.11. se muestra la banda de frecuencias de los colores visibles.

Ya hemos hablado de la forma en cómo el ojo humano es capaz de percibir la información cromática. Ahora analizaremos el proceso mediante el cual el ojo humano es capaz de recrear imágenes en color cuando sólo recibe información acerca de los tres colores primarios.

Los tres tipos diferentes de conos que forman en sí tres sistemas sensores, no son demasiado selectivos en la frecuencia, pues la banda en la cual ellos son capaces de responder es relativamente amplia, existiendo inclusive traslape entre las bandas de frecuencias correspondientes a los tres sistemas sensores.

El traslape más considerable se encuentra en las frecuencias correspondientes al rojo y al verde; así podemos ver, por ejemplo, que los sensores verdes muestran adicionalmente a su respuesta propia a la frecuencia verde una respuesta a las frecuencias roja y azul, debiéndose notar que la sensibilidad es notablemente menor en estas áreas.

Dado que existen sensores únicamente para las frecuencias correspondientes al rojo, verde y azul, la pregunta que surge es: ¿Cómo es posible que podamos ver toda la gama de colores?. Para poder responder a esta pregunta se debe recordar que mediante la mezcla de los colores primarios es posible obtener todos los demás colores: así por ejemplo, el color amarillo se obtendrá de la mezcla del verde y el rojo.

Por lo tanto, cuando un color es observado, la frecuencia característica de este color llega a nuestros ojos y dependiendo del color específico, excita a uno u otro, o a todos los grupos de conos. Por ejemplo, cuando el color amarillo es observado, la banda de frecuencias correspondiente a este color excita los sensores verde y rojo de nuestra retina, dando una respuesta tal que el cerebro interpreta la sensación resultante como el color amarillo.

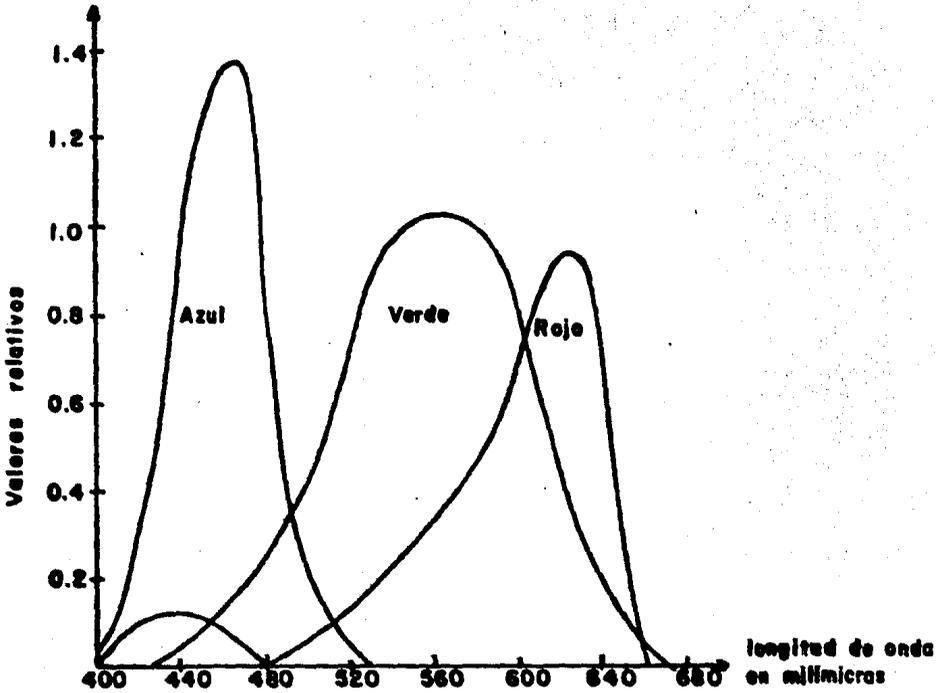


Fig. 1.12. Cantidad relativa de los colores primarios.

La figura 1.12. es una representación gráfica de la cantidad relativa de los tres colores primarios necesaria para estimular los tres sistemas — receptores, con el objeto de lograr una gama completa de colores.

Las características importantes del ojo humano que son aprovechadas — en los sistemas de televisión en color para lograr una buena calidad en la reproducción de las imágenes, son:

- a) El fenómeno de colores aditivos.
- b) La tendencia de integrar pequeñas unidades de color que se encuentran muy cerca en un solo color.

El fenómeno de colores aditivos se refiere a lo siguiente; cuando dos colores son proyectados sobre una pantalla, la luz reflejada reproduce fielmente los colores originales; si permitimos ahora que una porción de los dos colores se traslape, la luz reflejada por el área traslapada nos dará la sensación de estar viendo un color diferente a los dos colores originales; debe ser notado que la frecuencia que constituye el nuevo color no está presente y éste solo puede ser visto debido a que las frecuencias de los dos colores traslapados excitan los conos en una manera semejante a como lo haría la frecuencia proveniente del nuevo color, de ahí que la sensación sea la misma y nos permita ver un color que en realidad no está presente.

La figura 1.13. muestra el principio de color por adición, y los porcentajes de brillantez correspondientes a los tres colores primarios y a sus mezclas.

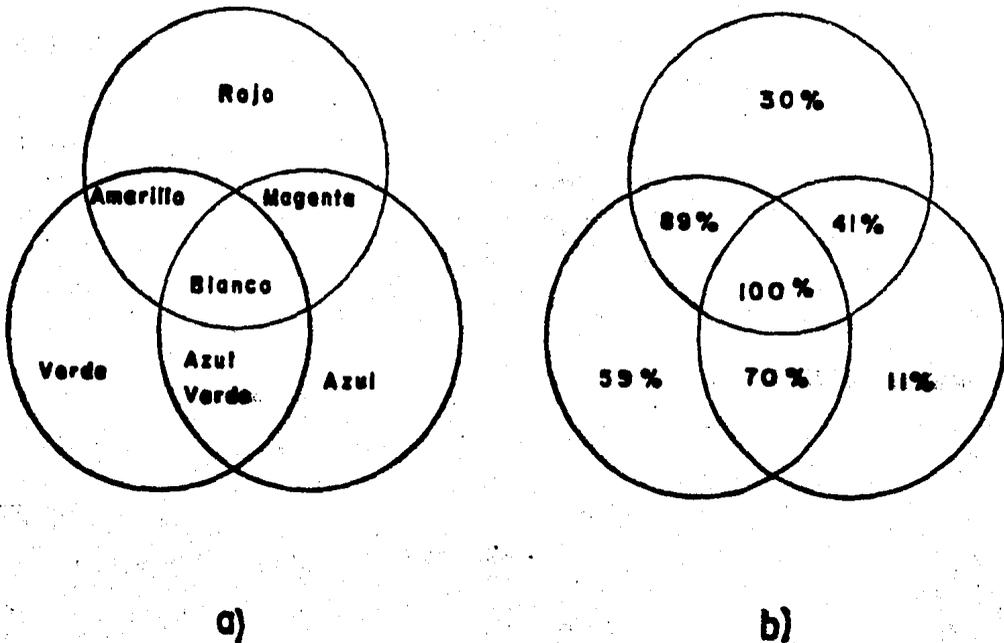


Fig. 1.13. a) Colores aditivos  
b) Porcentajes de brillantez.

El diagrama anterior muestra que la luz blanca puede ser obtenida mediante la mezcla apropiada de los tres colores primarios. Sin embargo, es importante notar que cuando la luz blanca es producida por cantidades iguales de los tres colores primarios, si éstos son examinados individualmente, la brillantez que presentan no es la misma; así, el verde parecerá ser el más brillante debido a la gran sensibilidad del ojo en esta área, el siguiente color más brillante será el rojo y el azul aparecerá como el menos brillante. Este hecho tiene una gran importancia para la composición de una señal cromática de video, por ello se han adoptado en el sistema de televisión en color porcentajes de brillantez para los tres colores primarios. La luz blanca es tomada como el 100 % y los valores adoptados son los siguientes:

COLOR	% DE BRILLANTEZ
verde	59 %
rojo	30 %
azul	11 %

El fenómeno de colores aditivos está muy relacionado con la tendencia del ojo humano de integrar en un solo color pequeñas unidades de color que se encuentran muy cerca entre sí. Esta tendencia es muy importante, pues a partir de ella ha sido posible desarrollar los receptores actuales de televisión en color. Estos receptores están constituidos por cientos de miles de pequeños triángulos que están formados cada uno de ellos por tres puntos muy cercanos, correspondiendo a cada uno de los puntos un color primario.

Cuando estos pequeñísimos triángulos, llamados tríadas, son iluminados y nos entregan su información de color, la cercanía entre los puntos de cada tríada hace que el ojo humano integre la información y vea sólo una fuente luminosa cuyo color depende de la intensidad relativa de cada uno de los puntos.

Es necesario que al definir un color se pueda hacer mediante determinados parámetros característicos; estos parámetros son: el tinte, la saturación y la brillantez. El tinte está definido por la longitud de onda o la frecuencia de la radiación monocromática 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 nos indica la cantidad de luz blanca que ha sido agregada a un color puro; cuando la saturación es del 100 % nos indica que ninguna cantidad de luz blanca está presente. Del concepto de saturación se deriva el que dos colores puedan parecer distintos, teniendo la misma frecuencia y presentando idéntica brillantez; por ejemplo, un verde oscuro y un verde claro nos parecen distintos no obstante que los dos están formados por la misma frecuencia de color verde y tienen la misma brillantez. La diferencia entre ambos se debe a que en el segundo caso ha sido agregada al color verde una cantidad grande de luz blanca.

La brillantez o intensidad representa la cantidad de luz que es recibida por el ojo; es importante notar que la brillantez de un color particular puede ser variada sin afectar el tinte o la saturación de éste.

#### 1.4.2.- La señal de color

Desde que se inició la investigación en el campo de la televisión en color, se estableció como premisa fundamental el que el sistema cromático elegido fuese totalmente compatible con el sistema monocromático existente. La total y absoluta compatibilidad se logró mediante la utilización de un ancho de banda igual para los dos sistemas, con la utilización de una estructura tal en la señal de video cromática que haga posible que un receptor monocromático sea capaz de reproducir en blanco y negro cualquier señal de color que reciba.

Existen tres técnicas mediante las cuales es posible transmitir la señal de color; 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. A causa de la compatibilidad necesaria, la frecuencia de la subportadora ha sido elegida para ser un múltiplo impar de la mitad de la frecuencia de líneas; para los sistemas de 625 líneas la frecuencia de la subportadora de color es de 4.43 MHz, y para los sistemas de 525 líneas es de 3.58 MHz.

La diferencia existente entre las tres técnicas mencionadas consiste en la forma en la cual cada una de ellas procesa el tinte y la saturación. A continuación se da el nombre de las tres técnicas y sus principales características:

a) NTSC (National Television System Committee).-Es la técnica utilizada en América y Japón. En ella, la amplitud del vector en el plano IQ es utilizada para mandar la información de saturación, y la fase para mandar la información de tinte. Debido a que en esta técnica la subportadora es suprimida, es necesario un medio para sincronizar el demodulador de color: para ello se envía una ráfaga de color en el umbral posterior de cada señal sincronía horizontal, consistente de 8 ciclos de la frecuencia subportadora de color.

b) SECAM (Séquential Couleur á Memoire).-Este sistema fue desarrollado en Francia; en él el tinte y la saturación del color son transmitidos alternativamente durante líneas de exploración sucesivas usando modulación en frecuencia de la subportadora. El receptor necesita una línea de retardo para presentar las dos señales simultáneamente.

c) PAL (Phase Alternation Line).-Sistema desarrollado en Alemania en el cual se utiliza la inversión de fase para una de las dos componentes cromáticas, en cada línea alternada.

Debido a que la técnica para transmisión de televisión en color utilizada en México es la de NTSC, enfocaremos hacia ella nuestro análisis.

El primer paso para formar la señal de video consiste en llevar a cabo la exploración de la imagen en el tubo recolector de la cámara de televisión. Cuando el sistema de televisión es en blanco y negro, la única información que nos interesa son los valores de luminiscencia, pero cuando tratamos con sistemas de televisión en color, aparte de la información de luminiscencia se debe de transmitir información acerca del tinte y la saturación de los colores que conforman la imagen. Como ya hemos visto, no es necesario transmitir la información referente a todos y cada uno de los colores presentes en la imagen, pues basta con transmitir únicamente la información referente a los tres colores primarios.

Debido a la mayor cantidad de información que se maneja en los sistemas cromáticos, las cámaras de televisión en color son mucho más complejas que las cámaras de televisión en blanco y negro.

La cámara de televisión en color está formada por un sistema de tres cámaras monocromáticas cada una de las cuales produce la señal de video correspondiente a uno de los tres colores primarios; para poder llevar a cada una de éstas cámaras cada uno de los colores primarios, la cámara de televisión en color posee un conjunto de filtros ópticos que separa cada color dentro de sus componentes rojo, verde y azul. Una vez que cada color primario ha llegado a su correspondiente cámara monocromática, es necesario llevar a cabo el proceso de exploración, el cual es efectuado simultáneamente en las tres cámaras, logrando así que el haz de cada tubo recolector descargue el mismo punto de la imagen en el mismo instante. Las tres señales de video resultantes son procesadas para formar las señales de luminiscencia, tinte y saturación, las cuales conforman la señal cromática de video.

Así como la cámara, el receptor de color también tiene características muy especiales que lo diferencian por completo del receptor monocromático. El tubo de rayos catódicos utilizado actualmente en todos los receptores de televisión en color independientemente de la técnica que se use para la transmisión, es el denominado tubo de imagen de máscara de sombra o máscara perforada. El tubo posee tres cañones de electrones que están dispuestos en la parte posterior sobre los tres vértices de un triángulo equilátero imaginario cuyo centro coincide con el eje del tubo, y cada uno de estos tres cañones está gobernado por la señal correspondiente a un color primario. Sobre la superficie frontal del tubo existen cientos de miles de trifadas, cada una de estas trifadas está compuesta por tres pequeños puntos de fósforo (su diámetro aproximado es de 0.43 mm) correspondiendo cada punto a un color primario.

A aproximadamente 15 mm de la superficie frontal del tubo se encuentra localizada una placa metálica que dispone de un orificio circular por cada trifada localizada en la pantalla, así el número de orificios y de trifadas es el mismo. El tubo está diseñado de tal manera que durante el proceso de barrido los haces de electrones provenientes de los tres cañones penetran sucesivamente por todos y cada uno de los orificios, iluminando cada haz únicamente a los puntos de fósforo correspondientes a su color. La placa metálica o máscara utilizada sirve para evitar la interacción que los haces pueden producir en trifadas adyacentes.

#### 1.4.3.- Procesamiento de la señal de video

Dado que cualquier color puede quedar definido completamente mediante tres parámetros característicos que son el tinte, la saturación y la luminiscencia o brillantez, se han escogido éstos para formar la señal cromática de video. Debido a la compatibilidad necesaria entre los sistemas de televisión en color y los sistemas de televisión en blanco y negro, la señal de luminiscencia proveniente de un sistema cromático debe ser exactamente igual a la señal de luminiscencia obtenida de un sistema monocromático, puesto que si ésto no fuera cierto un receptor monocromático no podría reproducir en blanco y negro las señales cromáticas que recibe.

En párrafos anteriores de este capítulo se indicó que cuando los colores rojo, verde y azul son utilizados para formar el color blanco, el porcentaje de brillantez de cada uno de ellos no es el mismo; si se toma la brillantez del color blanco como el 100 % y se examina la brillantez individualmente de los colores primarios nos encontramos con que al verde le corresponde una brillantez del 59 %, al rojo del 30 % y al azul del 11 %. Por esta razón, la señal de luminiscencia utilizada en la televisión en color está formada por un 59 % de la señal de video correspondiente al verde, un 30 % de la señal correspondiente al rojo y un 11 % de la señal correspondiente al azul. Por lo tanto, si denominamos a la señal de luminiscencia por la letra Y y a las señales de color rojo, verde y azul por las letras R, V y A respectivamente, tenemos que la señal de luminiscencia se puede representar por:

$$Y = 0.59 V + 0.30 R + 0.11 A$$

Para poder obtener los valores apropiados de cada una de las señales primarias de color, se pasan éstas por un circuito que es conocido como la matriz de luminiscencia. La forma más sencilla para representar esta matriz es la presentada en la figura 1.14..

Una vez analizada la forma en cómo se obtiene la señal de luminiscencia en los sistemas cromáticos de televisión, sólo nos resta estudiar la manera en como se transmite la información de color en dichos sistemas.

Ya hemos hablado de que para poder reproducir una imagen cromática es necesario tener la información acerca del tinte y la saturación de los colores. Ahora bien, el tinte y la saturación no se pueden transmitir como

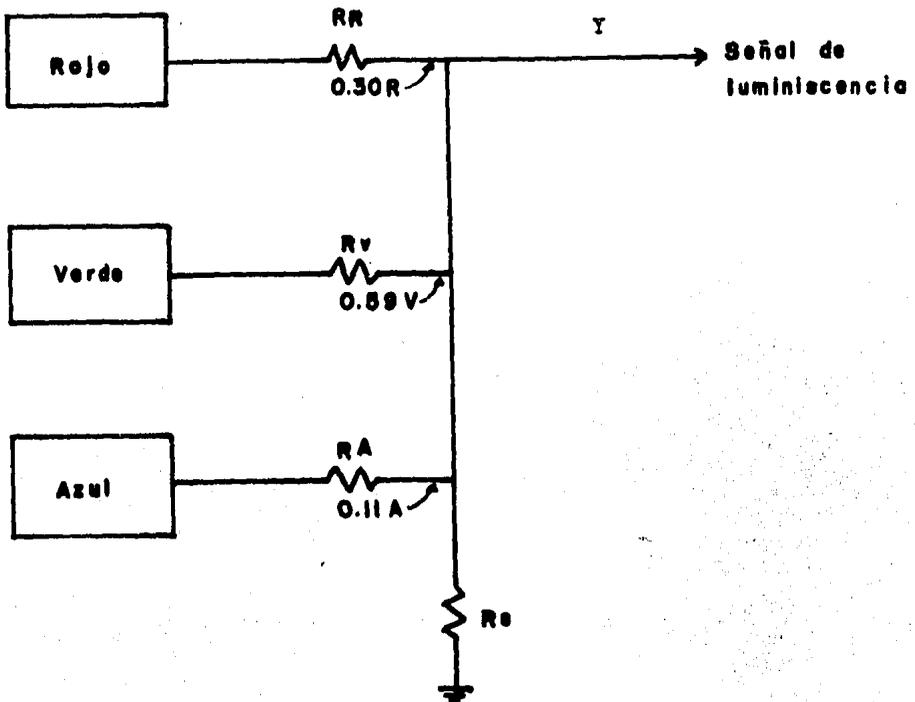


Fig. 1.14. Matriz de luminiscencia.

señales en los sistemas de televisión en color; debido a ésto, lo que se transmite son las llamadas señales diferenciales de color, las cuales se componen de una combinación de las tres señales correspondientes a los colores rojo, verde y azul. Mediante éstas señales diferenciales de color es posible obtener en el receptor la información acerca del tinte y la saturación de los diferentes colores.

Cada una de las técnicas existentes para la transmisión de televisión en color utiliza dos señales diferenciales de color; en el caso de la técnica de NTSC, estas señales reciben el nombre de señales "I" y "Q".

Las señales I y Q se definen en función de las señales rojo, verde y azul, mediante las siguientes ecuaciones:

$$I = 0.60 R - 0.28 V - 0.32 A$$

$$Q = 0.21 R - 0.52 V + 0.31 A$$

Dado que para la transmisión de las señales cromáticas o señales diferenciales de color se utiliza la modulación en cuadratura, las señales I y Q tienen entre ellas una fase de  $90^\circ$ , por lo cual las podemos utilizar como ejes coordenados para definir por completo un plano sobre el cual se localizarán todos los colores a los cuales es sensible el ojo humano. Por ejemplo si la cámara de televisión estuviera explorando una imagen completamente roja, los valores de las señales cromáticas serían:  $I = 0.60$ ,  $Q = 0.21$ .

Como la cámara de color está diseñada para que cada una de sus tres cámaras monocromáticas entregue una señal de 1 volt para colores completamente saturados, tendremos para el caso anterior que los valores de I y Q son:  $I = 0.60$ ,  $Q = 0.21$ . Si estos valores los llevamos al plano IQ obtenemos un vector que representa al color rojo, cuya magnitud nos da la información referente a la saturación y su fase la referente al tinte (en este caso tendremos saturación del 100% y tinte rojo).

Rojo = 0.63  $71^\circ$   
 Verde = 0.59  $208^\circ$   
 Azul = 0.45  $314^\circ$

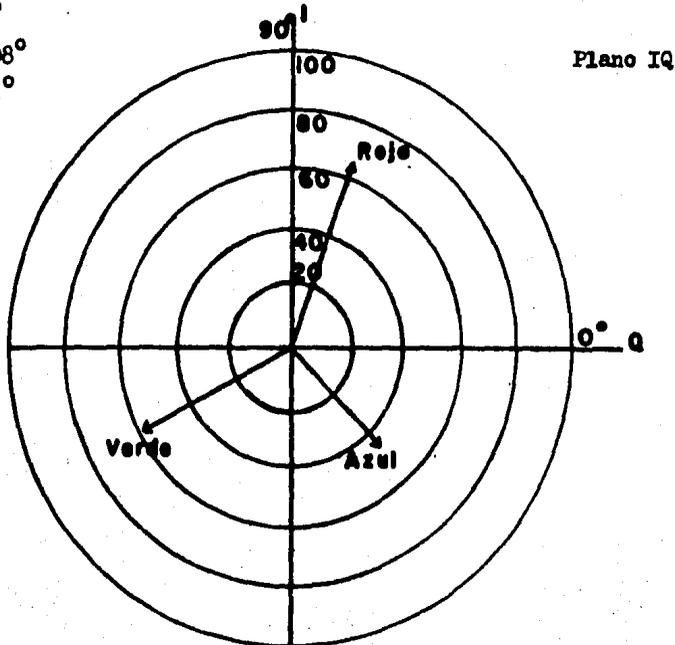


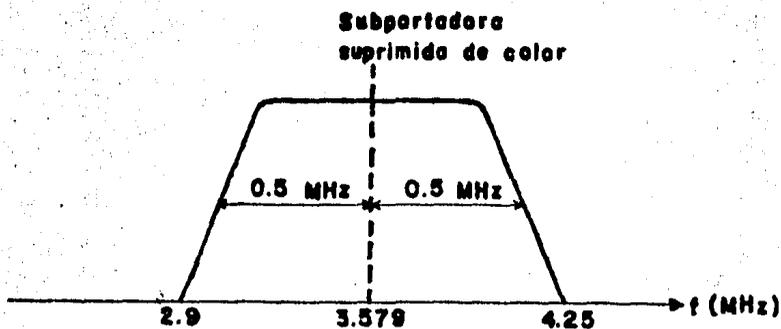
Fig. 1.15. Localización de los vectores de color

De una manera análoga a la explicada anteriormente se obtienen las señales I y Q correspondientes a los otros dos colores primarios. En la figura 1.15. se presenta el plano IQ, mostrándose la localización de los vectores que corresponden a los tres colores primarios.

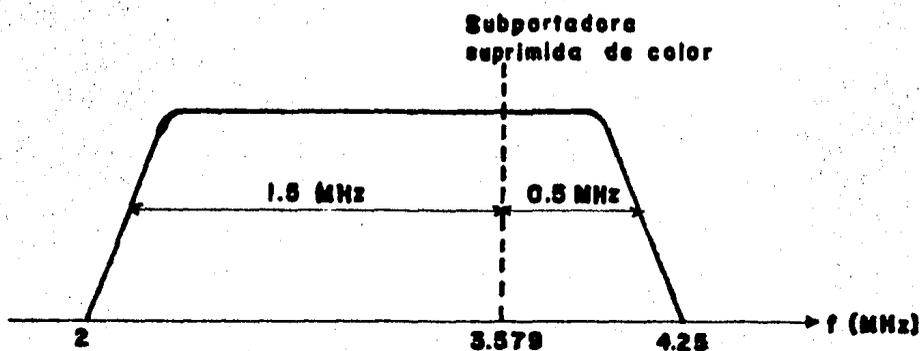
Las señales I y Q correspondientes a los restantes colores a los cuales es sensible el ojo humano se obtendrán conforme los diferentes valores que toman las señales de color R, V y A, de acuerdo a la imagen que explore la cámara, pudiéndose así transmitir y recibir la información del tinte y la saturación correspondientes a los diferentes colores que conforman las imágenes.

El ancho de banda ocupado por las señales cromáticas I y Q no es tan grande como el ocupado por la señal de luminiscencia; la razón es que el ojo humano no es capaz de distinguir los colores que están representados en una señal de video por frecuencias superiores a los 1.5 MHz (frecuencia dada en banda base); ésto es debido a que las frecuencias superiores en la señal de video a los 1.5 MHz representan elementos de alta resolución, es decir, elementos que son físicamente pequeños; recordaremos que el ojo humano no es capaz de distinguir el color en objetos de tamaño muy reducido, por lo que en estos casos el objeto se ve únicamente como una fuente luminosa. Debido a esta causa, en el sistema de NTSC únicamente los elementos de la escena que producen una frecuencia de video baja o abajo de los 1.5 MHz son transmitidos como color, y todos aquellos elementos con frecuencias de video superiores son transmitidos como información de luminiscencia únicamente.

La señal cromática Q es transmitida sobre la subportadora de color como una señal de doble banda lateral con un ancho de banda de 1 MHz; la señal cromática I es transmitida como banda lateral residual modificada, es decir, posee doble banda lateral para frecuencias inferiores a los 0.5 MHz alrededor de la subportadora de color y banda lateral única inferior para las frecuencias situadas entre 0.5 y 1.5 MHz a la izquierda de la subportadora de color, como se muestra en la figura 1.16..



a) Señal Q



b) Señal I

Fig. 1.16. Señales cromáticas I y Q.

Como puede observarse, en las frecuencias situadas entre 0.5 y 1.5 MHz a la izquierda de la subportadora de color sólo existe una señal cromática, que es la señal I. La razón para esto consiste en que los elementos relativamente pequeños de las imágenes de color que son representados por las frecuencias de 0.5 a 1.5 MHz pueden ser representados satisfactoriamente por la utilización de únicamente dos colores, y ha sido determinado que si esos dos colores son el rojo-naranja y el azul-verde, la reproducción de la —

imagen es satisfactoria. Como el eje coordenado que representa a la señal cromática I está situado precisamente en la región correspondiente a estos dos colores, nos encontramos con que los elementos de color que tengan las señales de video, situados entre los 0.5 y 1.5 MHz de frecuencia en banda base, pueden y son transmitidos utilizando únicamente la señal I.

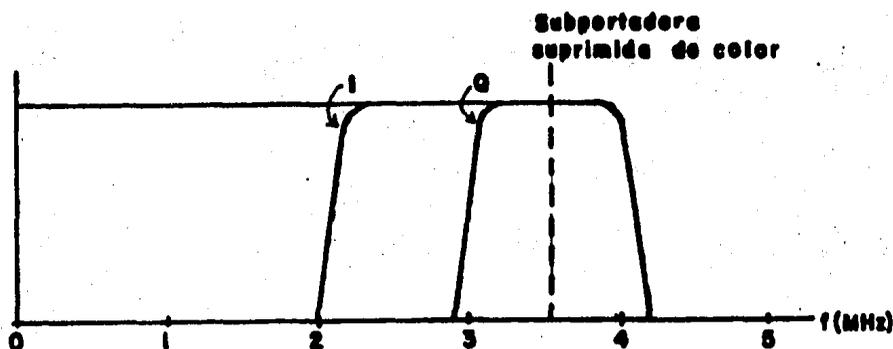


Fig. 1.17. Señal cromática de video.

#### 1.4.4.- Espectro de la señal

Sabemos que debido a la compatibilidad requerida entre los sistemas de televisión en color y los sistemas de televisión en blanco y negro, el ancho de banda utilizado por ambos sistemas es el mismo. Ahora bien, si la señal cromática de video transmite una cantidad mayor de información que la que se transmite por una señal monocromática haciendo uso del mismo ancho de banda, la pregunta que surge es: ¿Cómo es posible esto?

Para poder responder a esta pregunta es necesario analizar el espectro de frecuencias de la señal de video.

El espectro de la señal monocromática de video ha sido obtenido en forma experimental, y se ha demostrado que éste no es continuo como podría pensarse, puesto que la energía de la señal está agrupada alrededor de las armónicas correspondientes a la frecuencia de exploración horizontal; las líneas espectrales situadas a ambos lados de estas armónicas están espaciadas una de otra 60 Hz, siendo así armónicas de la frecuencia de campo como se puede apreciar en la figura 1.18. Debido a esta constitución del espectro de la señal monocromática de video, vemos que existen áreas vacías, las cuales se pueden aprovechar para poner en ellas otro tipo de información.

En los sistemas de televisión en color se aprovechan esas áreas vacías localizadas en el espectro para poner en ellas la información correspondiente al color. Ahora bien, como la información de color debe quedar situada precisamente en las áreas espectrales vacías, y estas áreas se encuentran localizadas en zonas cuyas frecuencias son múltiplos impares de la mitad de la frecuencia de línea, la frecuencia subportadora de color también debe ser una frecuencia que sea un múltiplo impar de la mitad de la frecuencia -

$f_H$  = frecuencia horizontal

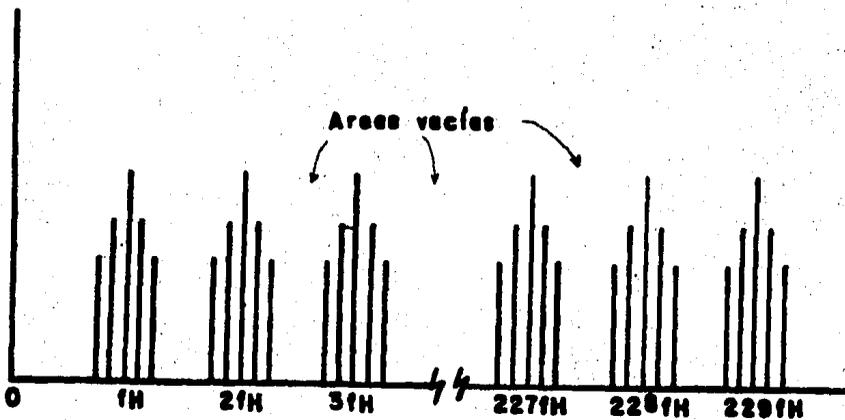


Fig. 1.18. Espectro de la señal monocromática de video.

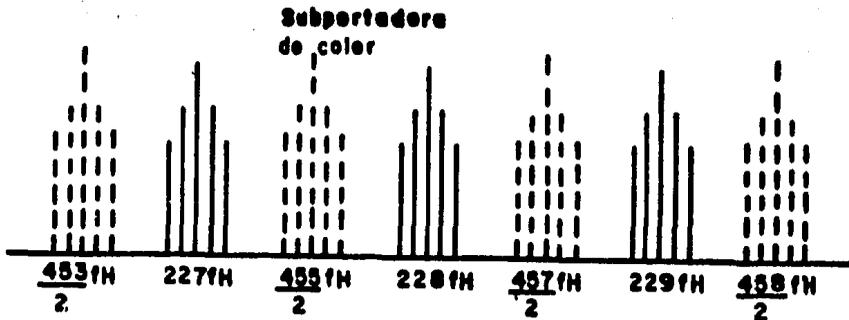


Fig. 1.19. Espectro de la señal cromática de video.

- Información de luminiscencia (igual a la señal monocromática)
- - - Armónicas de color

de línea. Por otra parte, la frecuencia subportadora de color debe ser lo suficientemente alta para evitar la interferencia con la señal de luminiscencia; por lo tanto, la subportadora de color debe estar lo más cercano posible al límite superior de la banda de video. Para el sistema de la NTSC se escogió una frecuencia subportadora de color que está situada entre la 227ava y 228ava armónicas, por lo cual la frecuencia es de:

$$15\,750\text{ Hz} \times 227.5 = 3\,583\,125\text{ Hz}$$

Sin embargo para evitar problemas de interacción con la portadora de audio, la frecuencia subportadora de color se ha corrido a 3 579 545 Hz.

En la figura 1.19. se muestra el espectro de la señal cromática, donde podemos observar la información de luminiscencia más la información de color, y se puede observar que la luminiscencia no varía con respecto a la misma información en el espectro de la señal monocromática.

### 1.5.- SEÑAL DE AUDIO.

Existen dos métodos para transmitir la señal de audio asociada a la señal de video; el primero consiste en transmitir juntas la señal de audio y la señal de video ocupando la señal compuesta un ancho de banda de 6 MHz; el segundo método consiste en transmitir en forma separada ambas señales.

El primer método es utilizado en los sistemas comerciales de radiodifusión de televisión, en los sistemas de televisión por cable y en general en los sistemas de transmisión punto a multipunto. Por ejemplo, en los sistemas comerciales de radiodifusión de televisión, las dos portadoras ( audio y video) son combinadas en un diplexor antes de ser alimentadas a la antena radiante para su emisión. En estos sistemas se utilizan diferentes tipos de modulación para cada una de las dos señales; para la señal de video se utiliza la modulación en banda lateral residual y para la señal de audio se utiliza la modulación en frecuencia con una desviación límite de  $\pm 25$  KHz; esto se hace para evitar la interferencia entre ambas señales en el receptor.

En el sistema americano de televisión el ancho de banda disponible para canal de transmisión es de 6 MHz; de éstos, los primeros 1.25 MHz corresponden a la banda lateral residual inferior, los siguientes 4.25 MHz corresponden a la banda lateral superior, localizándose la portadora de audio a 4.5 MHz de la portadora de video, como puede observarse en la figura 1.20.

El segundo método se utiliza en los sistemas de transmisión de televisión punto a punto, como es el caso por ejemplo de la transmisión internacional de televisión utilizando el sistema INTELSAT.

La transmisión separada de audio y video provee las siguientes ventajas:

- a) Incremento en la banda de guarda entre video y audio.
- b) Mayor control sobre la distorsión por intermodulación.
- c) Permite el preénfasis individual.

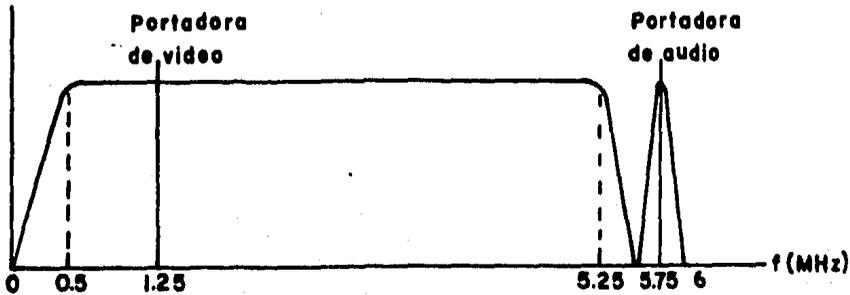


Fig. 1.20. La señal de televisión.

Ahora bien, la categorización de los métodos de transmisión del audio en función de los sistemas punto a punto o punto a multipunto, no es demasiado rígida en el caso de la transmisión de televisión vía satélite, puesto que hay sistemas punto a punto que utilizan la transmisión conjunta del audio y video. El análisis profundo de la forma en cómo se transmite la señal de televisión por satélite queda fuera de los objetivos de este capítulo, pero dicho análisis se hará en los siguientes capítulos.

## CAPITULO 2

## COMUNICACION POR SATELITE

## INTRODUCCION

El sistema de comunicación por satélite se utiliza para enlazar lugares distantes cuando no conviene utilizar un sistema de microondas terrestres. El sistema de comunicación por satélite consiste básicamente de una estación terrena transmisora, el satélite como estación repetidora y una estación terrena receptora, además de las trayectorias del enlace ascendente y descendente respectivamente, como se muestra en la figura 2.1.

La señal es generada por un usuario y a través de un sistema terrestre se enlaza con la estación terrena transmisora. Para el enlace ascendente se considera el equipo que procesa la señal y la transmite, asociado a la estación transmisora y su antena, la trayectoria de propagación ascendente, la antena receptora del satélite y el receptor del transpondedor del satélite. El transpondedor convierte la señal de la frecuencia ascendente a la frecuencia descendente correspondiente, y la retransmite a la estación terrena receptora. Para el enlace descendente se considera el transmisor del transpondedor, la antena transmisora del satélite, la trayectoria de propagación descendente y la antena con el equipo asociado a la estación terrena receptora. En la estación terrena receptora se procesa la señal recuperándola, y se envía al usuario por medio de un sistema terrestre.

Las bandas de frecuencias que se utilizan para la comunicación por satélite, están situadas abajo de 14.5 GHz. Las frecuencias abajo de 10 GHz son utilizadas ya que presentan una menor atenuación a través de la atmósfera, y la tecnología para su manejo está bien desarrollada. Las frecuencias mayores a 10 GHz presentan una mayor atenuación por lluvia en la atmósfera, pero se utilizan para evitar la interferencia con los servicios terrestres que utilizan frecuencias abajo de 10 GHz.

Los sistemas existentes para comunicación por satélite operan principalmente en las bandas de 4 y 6 GHz para uso comercial, y en las bandas de 7 y 8 GHz para uso militar. Los sistemas recientes como el utilizado por el satélite INTELSAT V operan en las bandas de 12 y 14 GHz además de las bandas de 4 y 6 GHz.

En este estudio se manejará la señal de televisión como la señal a transmitir, y para mostrar un sistema de comunicación utilizaremos un sistema que opera en la banda C de frecuencias de 6/4 GHz, que indica que se maneja la banda de 5.925 a 6.425 GHz en el enlace ascendente y una banda de 3.7 a 4.2 GHz en el enlace descendente. Más adelante, también analizaremos el sistema que opera en la banda Ku de frecuencias de 14/12 GHz, que utiliza la banda de 14 a 14.5 GHz en el enlace ascendente y la banda de 11.7 a 12.2 GHz en el enlace descendente.

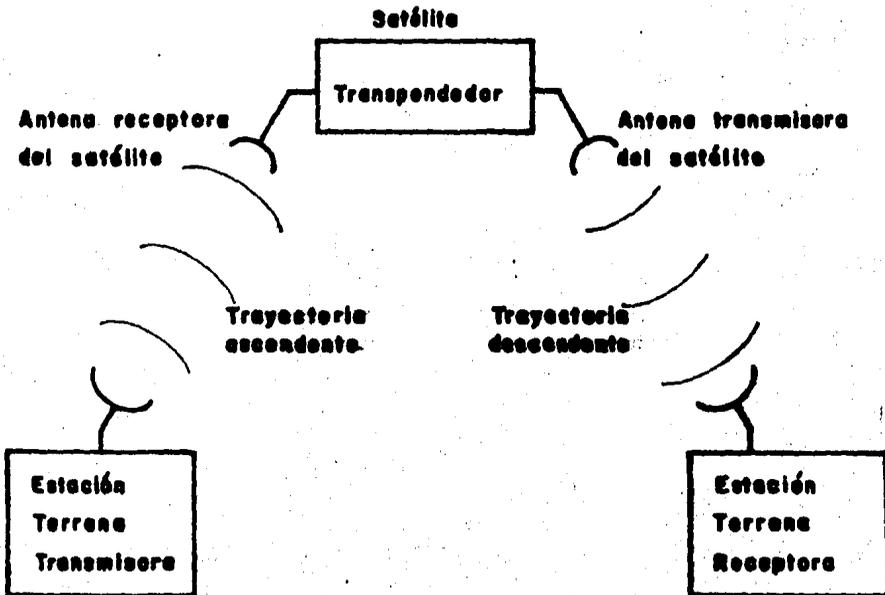


Fig. 2.1. Sistema de comunicación por satélite.

## 2.1.- ESTACIONES TERRENAS.

Las estaciones terrenas pueden operar como estaciones transmisoras, — estaciones receptoras o bien como estaciones transmisoras y receptoras. Las estaciones terrenas en sí están integradas por una gran cantidad de equipo electrónico y de comunicaciones, pero para entender su funcionamiento tomaremos sólo los bloques de transmisión y de recepción de las respectivas — estaciones, considerando que se transmite la señal de T.V. y que será recuperada en la recepción. Consideraremos a la señal de T.V. como una señal de video y audio.

En la figura 2.2. se muestra en forma simplificada el diagrama de bloques de la transmisión. La señal de T.V. se somete inicialmente a un proceso de preacentuación + para las componentes de alta frecuencia, y se mezcla con una señal de dispersión de energía. La preacentuación se utiliza para — mejorar la relación señal a ruido, mientras que la señal de dispersión — modula la frecuencia portadora con una onda triangular para ampliar el — espectro de frecuencias. Esto reduce la interferencia con la red terrestre de microondas y otros enlaces por satélite, que también utilizan la banda C de frecuencias.

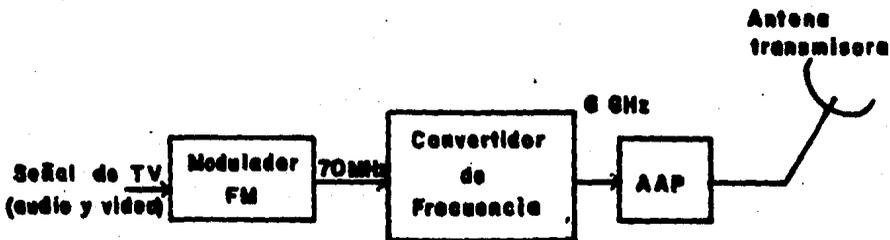


Fig. 2.2. Diagrama de bloques de la transmisión.

La señal de T.V. pasa por un modulador de FM donde modula a una frecuencia intermedia (FI) de 70 MHz, con un ancho de banda de modulación de — 36 MHz. La señal de frecuencia intermedia es convertida a una frecuencia —

+ En el capítulo 3 se describe este proceso.

mayor de radiofrecuencia (RF), correspondiente a la frecuencia portadora - del enlace ascendente de 6 GHz. Después del convertidor, la señal es amplificada por un amplificador de alta potencia (AAP), que suministra la potencia necesaria para radiar la señal en forma efectiva, por medio de la antena transmisora hasta el satélite.

La antena transmisora debe ser de diámetro adecuado para proporcionar una alta ganancia, y un ancho de haz estrecho en el patrón de radiación — para evitar la interferencia con otros sistemas de comunicación por satélite.

El bloque de transmisión se caracteriza por un parámetro conocido como la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE), y que está definido por la siguiente expresión:

$$\text{PIRE (Watts)} = P_o G_a$$

donde:  $P_o$  es la potencia a la salida del transmisor, en Watts

$G_a$  es la ganancia de potencia de la antena transmisora.

Es conveniente expresar la ecuación en decibeles, de donde se tiene:

$$\text{PIRE (dBw)} = P_o \text{ (dBw)} + G_a \text{ (dB)}$$

donde:  $P_o \text{ (dBw)} = 10 \log_{10} P_o \text{ (Watts)}$

$G_a \text{ (dB)} = 10 \log_{10} G_a$

En la figura 2.3. se puede observar el diagrama de bloques en forma — simplificada de la recepción. Está formado por la antena receptora de la — estación terrena, un amplificador de bajo ruido (ABR) y un receptor. El — receptor comprende un convertidor a baja frecuencia y un demodulador; también se tienen un discriminador y dos procesadores de señal, uno para el — vídeo y otro para el audio de la señal de T.V..

La señal transmitida por el satélite es captada por la antena receptora en la radiofrecuencia correspondiente a la frecuencia del enlace descendente de 4 GHz, para luego ser amplificada por un amplificador de bajo — ruido. Este amplificador aporta una pequeña cantidad de ruido durante la — amplificación, determinante para establecer la temperatura de ruido del — sistema receptor. La amplificación es necesaria, pues se tienen pérdidas de potencia en la señal durante el enlace descendente y la conducción por guía de onda o cable desde la antena hasta el receptor. Por esta razón, el amplificador de bajo ruido se debe colocar lo más cerca posible de la antena — receptora, disminuyendo pérdidas y la temperatura de ruido del sistema.

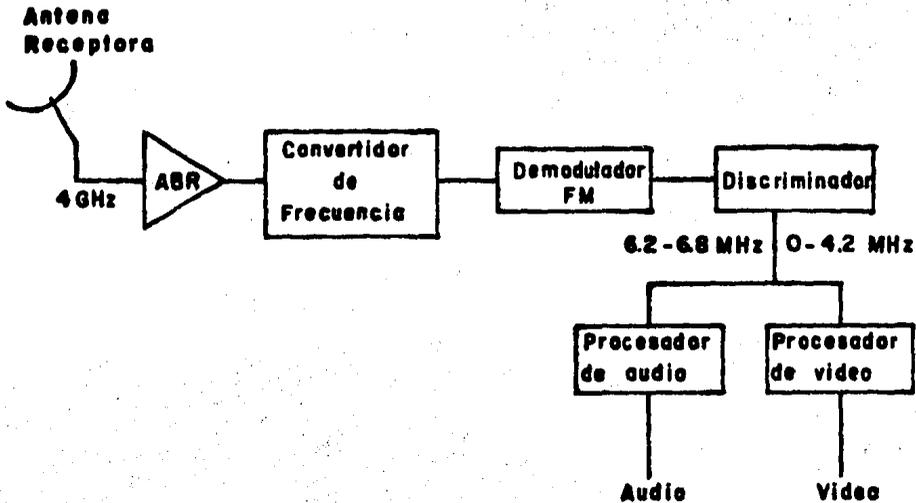


Fig. 2.3. Diagrama de bloques de la recepción.

Después de que la señal ha sido amplificada, alimenta a un convertidor a baja frecuencia; donde la frecuencia portadora del enlace descendente se traslada a la frecuencia intermedia (FI) de 70 MHz. En seguida la señal — pasa a un demodulador de FM, donde se elimina la frecuencia intermedia por demodulación y se realiza el proceso de desacentuación<sup>+</sup>. Para un solo — canal de recepción como es el caso de la figura 2.3., después de la demodulación se puede obtener, a través de un procesador de video y un discriminador de audio, la señal de banda base de video y de audio respectivamente.

#### 2.1.1.1.- Figura de mérito

Las estaciones terrenas se caracterizan por un parámetro denominado — figura de mérito, que está referido al sistema receptor de la estación. La figura de mérito describe la capacidad de la estación terrena para recibir las señales del satélite, y está definida por la siguiente expresión:

$$\text{Figura de mérito} = \frac{G}{T} = \frac{\text{Ganancia de la antena receptora}}{\text{Temperatura de ruido en el receptor (K)}}$$

+ Este proceso se describe en el capítulo 3.

expresada en forma logarítmica se tiene:

$$\frac{G}{T} \left( \frac{\text{dB}}{\text{K}} \right) = G \text{ (dBi)} - T \text{ (dB-K)}$$

donde:  $G \text{ (dBi)} = 10 \log_{10} G$

$T \text{ (dB-K)} = 10 \log_{10} T \text{ (K)}$

$G$  es la ganancia de la antena a la entrada del amplificador de bajo ruido, expresada en decibeles relativos a un radiador isotrópico (dBi); en general se considera como un estándar el referir la ganancia de la antena a un radiador isotrópico, por lo cual se pueden utilizar indistintamente los decibeles (dB) y los (dBi) en este caso.  $T$  es la temperatura de ruido del sistema receptor referido a la entrada del amplificador de bajo ruido, expresada en decibeles relativos a un grado Kelvin (dB-K).

De acuerdo a las recomendaciones de la CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radio), se dan valores de la figura de mérito para los diferentes tipos de estaciones terrenas. Así para las estaciones terrenas que operan con el sistema de comunicación internacional del consorcio INTELSAT (International Telecommunication Satellite), se tiene:

a) Estación terrena estándar A, que utiliza una antena con diámetro de 30 metros; debe cumplir en condiciones de cielo despejado, para cualquier frecuencia en la banda de 3.7 a 4.2 GHz, con una figura de mérito de acuerdo a la expresión:

$$\frac{G}{T} \quad 40.7 + 20 \log_{10} \left( \frac{f}{4} \right) \quad (\text{dB/K})$$

con  $f$  en GHz.

b) Estación terrena estándar B, que utiliza una antena con diámetro de 11 metros; debe cumplir con una figura de mérito, en condiciones de cielo despejado, en cualquier frecuencia de la banda de 3.7 a 4.2 GHz, de acuerdo a la expresión:

$$\frac{G}{T} \quad 31.7 + 20 \log_{10} \left( \frac{f}{4} \right) \quad (\text{dB/K})$$

con  $f$  en GHz.

c) Estación terrena estándar C, que utiliza una antena con diámetro de 17 metros; debe cumplir, en cualquier frecuencia de la banda de 11.7 a 12.2 GHz, con los valores de figura de mérito establecidos por los siguientes criterios:



Fig. 2.4. Antena de 11 metros de diámetro para estaciones terrenas estándar B de INTELSAT.

- no ser menor a 39 (dB/K) durante el 90 % del tiempo de operación
- tener un mínimo de 29.5 (dB/K) para el tiempo restante de operación.

Se hace notar que las antenas utilizadas en las estaciones terrenas, son antenas de reflector parabólico como la mostrada en la figura 2.4.. El diámetro del plato reflector parabólico depende del tipo de estación terrena y de los servicios que proporciona.

Las estaciones terrenas que operan con satélites domésticos, no cumplen con las especificaciones antes mencionadas, tanto en diámetro de antenas como en la figura de mérito. Este tipo de estaciones, como las de TVRO, se estudiarán en el siguiente capítulo.

### 2.1.2.- Moduladores

En la estación terrena transmisora, la señal de televisión en banda base que se quiere transmitir, pasa a través de un modulador de FM para tener la señal de T.V. en una frecuencia intermedia, para que posteriormente ésta frecuencia intermedia sea convertida a la frecuencia portadora del enlace ascendente del sistema, por medio de un convertidor a alta frecuencia.

La señal de televisión que entra al modulador de FM, modula en frecuencia a una portadora de 70 MHz (frecuencia intermedia) que es suministrada por un oscilador local. A la salida del modulador se tiene como resultado a la frecuencia intermedia de 70 MHz modulada en FM, con su respectivo ancho de banda de modulación. Para difusión de T.V. la portadora modulada puede ocupar un ancho de banda de 36 MHz que corresponde al ancho de banda de un transpondedor, centrado a la frecuencia portadora del enlace (cabe mencionar que no todos los transpondedores tienen un ancho de banda de 36 MHz).

Se manejan técnicas adyacentes a la modulación, como el uso de preatención, para asegurar que la señal no pierda la información debido a las posibles interferencias. Estas técnicas serán explicadas en el siguiente capítulo.

La modulación en frecuencia es más eficiente en términos de conservación de ancho de banda, pero tiene la desventaja de acumular ruido durante el enlace; por lo que, además de tener que reducir al mínimo las aportaciones de ruido, se debe ampliar la desviación de frecuencia para mejorar la relación señal a ruido.

En la estación terrena receptora donde se recibe la señal, se tiene un demodulador de FM para eliminar la modulación de la frecuencia intermedia de 70 MHz, y poder recuperar la señal de T.V. a través del discriminador y procesador en el receptor.

### 2.1.3.- Convertidores

Para un sistema de comunicación por satélite en la banda C, en la etapa de transmisión de la señal se utiliza un convertidor a alta frecuencia, el cual traslada la señal modulada en FM (frecuencia intermedia modulada) a la frecuencia portadora del enlace ascendente del sistema (en la banda de 6 GHz). En la recepción de la señal se utiliza un convertidor a baja frecuencia, para trasladar la señal recibida en la frecuencia portadora del enlace descendente del sistema (en la banda de 4 GHz) a la frecuencia intermedia, para después seleccionar y recuperar la señal deseada que se ha transmitido a través del satélite.

Un convertidor traslada una señal de paso banda a una nueva frecuencia central. El diagrama de un convertidor a alta frecuencia se muestra en la figura 2.5..

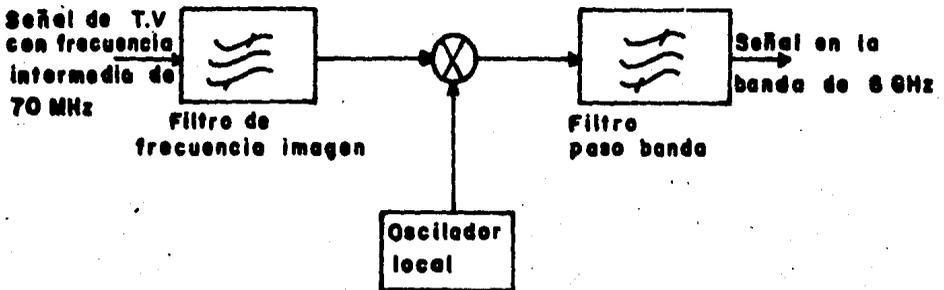


Fig. 2.5. Convertidor a alta frecuencia.

Para transmitir un canal de T.V., la frecuencia intermedia modulada en FM se multiplica por una frecuencia que es proporcionada por un oscilador local, y que es igual a la frecuencia intermedia más la frecuencia portadora del enlace ascendente. A la salida del convertidor a alta frecuencia, se tiene a la señal de T.V. sobre la frecuencia portadora del enlace; esta frecuencia portadora ha sido elegida previamente y se encuentra dentro de la banda de frecuencias del enlace ascendente. De esta manera, la señal se traslada a una frecuencia portadora mayor como puede apreciarse en la figura 2.6..

El filtro paso banda centrado a la nueva frecuencia portadora, elimina los términos indeseables que resultan de la multiplicación de frecuencias. Entonces, la señal que se toma a la salida del convertidor es la señal en la banda lateral inferior, como se observa en la figura 2.6..

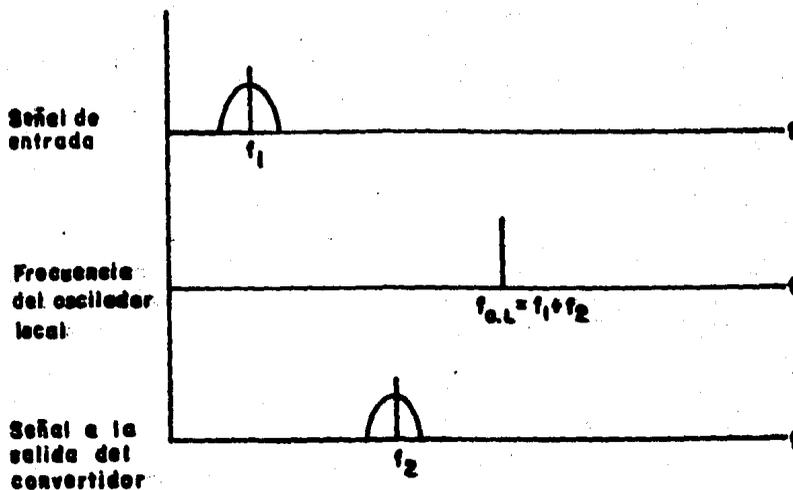


Fig. 2.6. Conversión a alta frecuencia.

Un problema que presentan los convertidores es que también pueden trasladar la frecuencia imagen de la frecuencia de entrada. La frecuencia imagen y la frecuencia de entrada al convertidor, están igualmente separadas de la frecuencia del oscilador local del convertidor, como se observa en la figura 2.7.. Si existe una señal cualquiera sobre la frecuencia imagen, ésta también será trasladada a la nueva frecuencia portadora; ocasionando interferencia con la señal existente y de nuestro interés en la nueva frecuencia portadora. Este problema se soluciona utilizando un filtro de frecuencia imagen sintonizado con la frecuencia del oscilador local, que elimina las posibles señales en la frecuencia imagen antes de que sea convertida a la nueva frecuencia, evitándose así la interferencia.

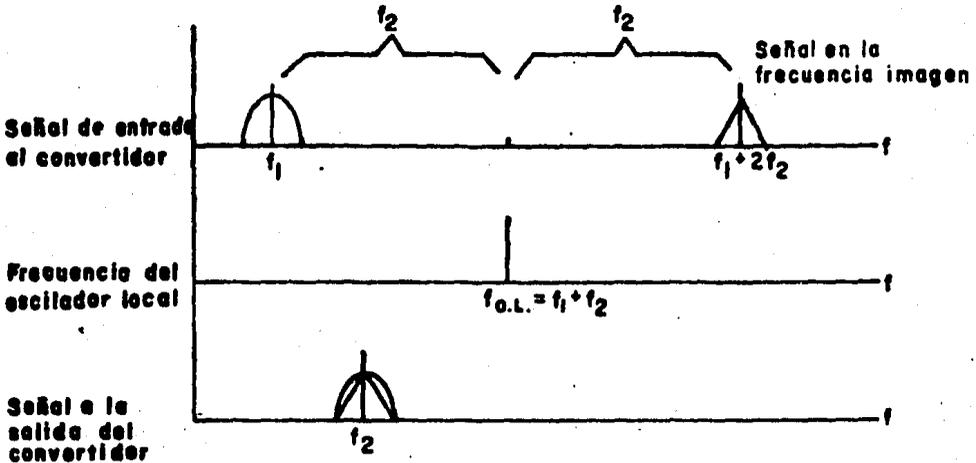


Fig. 2.7. Conversión de la señal de entrada y su frecuencia imagen.

En la recepción, el convertidor a baja frecuencia traslada la señal, en la frecuencia portadora del enlace descendente, a la frecuencia intermedia para después recobrar la señal de T.V. en el canal deseado mediante el proceso adecuado. Generalmente se habla de un convertidor a baja frecuencia en la recepción, pero en realidad la conversión se realiza con un proceso de doble conversión o de doble frecuencia intermedia.

Generalmente los convertidores a baja frecuencia de doble conversión, se encuentran dentro del receptor en la estación terrena, por lo que la señal que se recibe en la antena y que es amplificada por el amplificador de bajo ruido, se conduce a través de cable coaxial hasta uno o varios receptores, como se muestra en la figura 2.8. .

En este caso, en el receptor se lleva a cabo la doble conversión a baja frecuencia. El primer convertidor recibe la banda de frecuencias del enlace descendente, de donde se selecciona la frecuencia del canal de T.V. deseado, por medio de un selector que ajusta la frecuencia del oscilador local y del filtro paso banda. De ésta manera, sólo la banda de la frecuencia del canal de interés se mezcla con la frecuencia del oscilador local, dando como resultado la primera baja frecuencia intermedia. El segundo convertidor toma ésta primera frecuencia intermedia y la traslada a una segunda frecuencia intermedia que es la de 70 MHz, de donde se toma la señal para demodularla y recuperar la señal de T.V. a través del procesamiento adecuado.

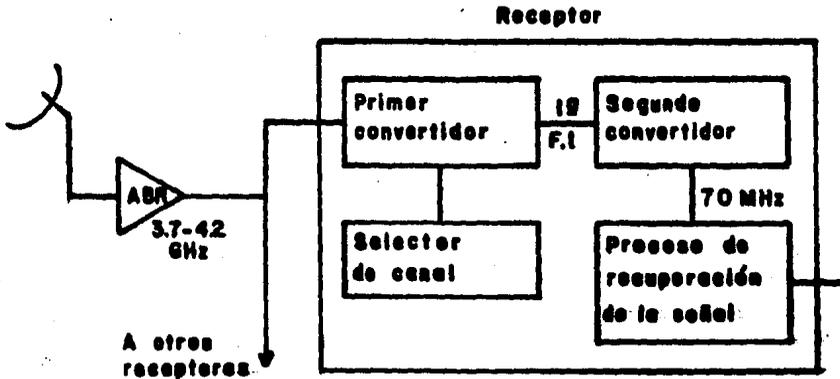


Fig. 2.8. Conversión típica en el receptor.

Una alternativa para las estaciones receptoras y que está siendo utilizado en los sistemas de recepción de T.V. comunitarios, es el de colocar un convertidor a baja frecuencia junto al amplificador de bajo ruido y otro convertidor en el receptor, como lo muestra la figura 2.9. . El ampli

ficador de bajo ruido y el primer convertidor se encuentran integrados en un solo bloque, que se denomina convertidor de bajo ruido.

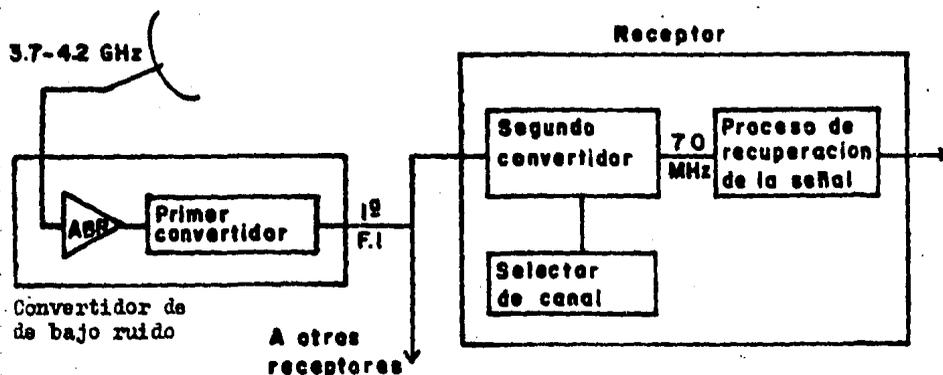


Fig. 2.9. Conversión a través del Convertidor de bajo ruido y el Receptor.

El convertidor de bajo ruido se coloca en la estructura de la antena. La banda de frecuencias que recibe la antena entra al convertidor de bajo ruido donde se amplifica y se convierte a una primera banda de frecuencias intermedias, que se transmite por cable coaxial hasta uno o varios receptores. La figura 2.10. muestra la primera conversión en que, por ejemplo, se utiliza una frecuencia del oscilador local de 3430 MHz, dando el traslado de la banda de frecuencias que se recibe. La banda de frecuencias intermedias depende de la diferencia entre la frecuencia de entrada al convertidor y la frecuencia del oscilador, en este caso la banda de recepción de 3.7 a 4.2 GHz se traslada a la banda de FI de 270 a 770 MHz como se indica.

La selección del canal de T.V. no se realiza en el primer convertidor, ya que la señal se puede distribuir a uno o varios receptores. Entonces, la selección del canal se realiza en el segundo convertidor localizado en cada uno de los receptores, donde se ajusta la frecuencia del oscilador local y el filtro paso banda centrado a la frecuencia del canal deseado por medio de un selector. Se tiene entonces, sólo la conversión de la frecuencia intermedia del canal a la segunda frecuencia intermedia de 70 MHz, de donde se recuperará la señal de T.V. con el proceso adecuado.

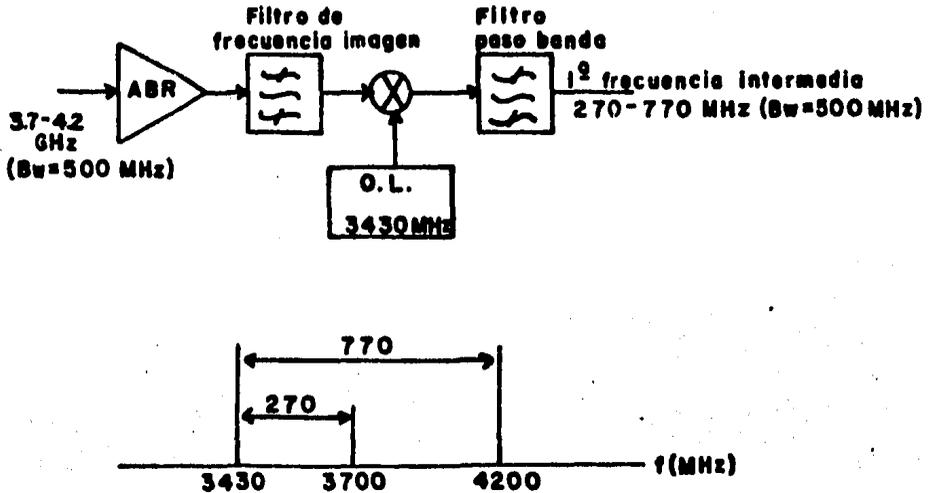


Fig. 2.10. Primera conversión a frecuencia intermedia.

#### 2.1.4.- Amplificadores de bajo ruido (ABR)

El amplificador de bajo ruido debe proporcionar una alta ganancia y un bajo nivel de ruido para aumentar la figura de mérito. El amplificador es un componente de importancia dentro de la estación terrena receptora, ya que su temperatura de ruido y ganancia, así como la ganancia de la antena influyen grandemente en la figura de mérito.

En las primeras estaciones terrenas se utilizaron amplificadores paramétricos que daban una baja temperatura de ruido, pero su costo era muy elevado. En la actualidad se han desarrollado amplificadores que utilizan transistores de efecto de campo de Arsenurio de Galio (GaAsFET) con un bajo nivel de ruido.

Como la señal que se recibe en la antena es muy débil, el amplificador debe introducir poco ruido en la amplificación de la señal. Asimismo, debe proporcionar una ganancia suficiente de manera que las pérdidas que se tienen en la línea de transmisión de la antena al receptor, no afecten el nivel de energía de la señal considerablemente, evitándose perderla.

Por esta razón el amplificador ABR se coloca lo más cerca posible de la antena receptora. Se puede colocar junto al alimentador o recolector de

la señal situado en el punto focal del reflector de la antena parabólica; o bien en la parte posterior del reflector de la antena, conectándose con el alimentador a través de guía de onda. El amplificador ABR está cubierto de manera que pueda soportar los cambios atmosféricos, así como las interferencias de otras señales de radiofrecuencia.

El amplificador ABR se utiliza también como una conexión entre la guía de onda utilizada en la antena y el cable coaxial de la línea de transmisión hacia el receptor. En la figura 2.11. se puede apreciar la estructura de un amplificador de bajo ruido ABR, también llamado LNA.

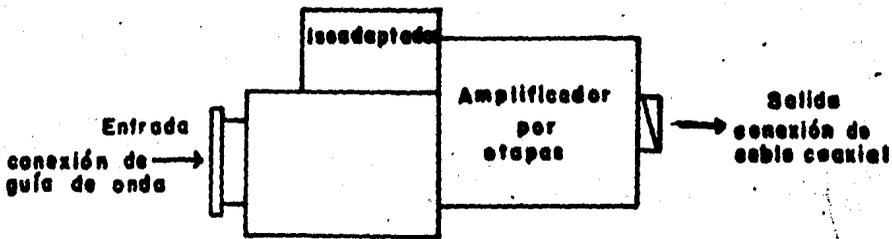


Fig. 2.11. Amplificador de bajo ruido (ABR ó LNA).

En la entrada del ABR se tiene un isoadaptador, que consiste de una sección de aislamiento y otra de transición de guía de onda a coaxial. El aislador protege a los transistores del amplificador de las posibles reflexiones de la señal. El isoadaptador proporciona el cambio o transición del modo de transmisión de guía de onda al modo coaxial de operación, que se requiere para poder alimentar la señal al amplificador.

A continuación se tiene el amplificador por etapas, como se muestra en la figura 2.12.; en este caso por ejemplo, se tienen dos etapas de transistores GaAsFET seguidas de cuatro etapas de transistores bipolares. En las etapas de amplificación se utiliza un voltaje regulado para la polarización que es proporcionado por un oscilador, después de un rectificado y filtrado.

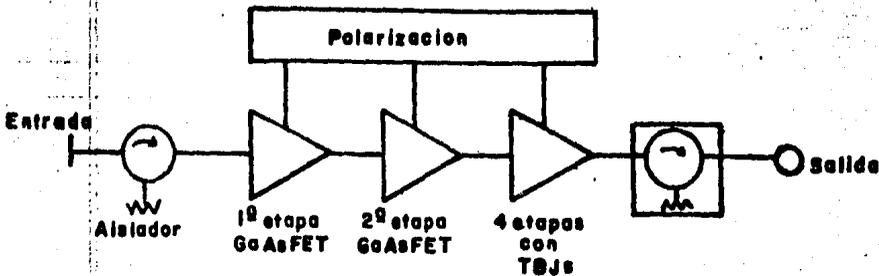


Fig.2.12. Esquema del amplificador de un ABR.

La red activa de transistores bipolares se utiliza para lograr la estabilidad de temperatura de los transistores GaAsFET. Las dos primeras etapas con FET sirven para proporcionar la figura de ruido requerida en el amplificador, además proporcionan una alta impedancia de entrada a las etapas de amplificación. Un GaAsFET como amplificador puede dar una figura de ruido tan baja como 0.6 dB a una frecuencia de 4 GHz, dando una ganancia de 14 dB.

Finalmente, a la salida del amplificador se tiene una etapa de aislamiento para obtener un bajo valor de VSWR (Relación de voltaje en la onda estacionaria), disminuyendo las reflexiones de la señal. Un bajo valor de VSWR se considera cuando los valores son menores a 1.35 : 1 en la banda de 3.7 a 4.2 GHz. Del bloque de aislamiento final se toma la salida del amplificador ABR a través de un conector a cable coaxial.

El parámetro característico del ABR es la temperatura de ruido, que se relaciona directamente con la figura de ruido mediante la expresión:

$$T_{\text{ABR}} = T_0 (F - 1) \quad (K)$$

donde:  $F$  es la figura de ruido total en el ABR

$T_0$  es la temperatura ambiente en grados Kelvin ( $^{\circ}K \approx K$ )

$T_{\text{ABR}}$  es la temperatura de ruido del ABR.

La temperatura de ruido es la cantidad de ruido térmico que un equipo o circuito introduce a un sistema de comunicación, expresada en grados referidos al cero absoluto (grados Kelvin). El ruido térmico es generado por la aceleración del movimiento de electrones en el circuito.

La figura de ruido (NF) es un parámetro que nos indica la cantidad de ruido que afecta a la relación señal a ruido (S/N), y que es producido por un circuito. Es decir, compara la relación señal a ruido de entrada con la relación señal a ruido de salida en el circuito, y que se define mediante la expresión:

$$NF = \frac{(S/N)_{\text{entrada}}}{(S/N)_{\text{salida}}}$$

La relación (S/N) indica la cantidad en que el nivel de la señal — excede a su correspondiente nivel de ruido. Cuando la figura de ruido es — referida a la temperatura ambiente de  $T_0 = 290 \text{ }^\circ\text{K}$ , se representa únicamente por la letra (F).

Entonces, cada etapa de amplificación tendrá su figura de ruido que lo caracteriza y su ganancia correspondiente. El número de etapas amplificadoras es determinado por la figura de ruido que se desee en el ABR, ya que — las pérdidas por el isoadaptador y acoplamiento son pequeñas comparadas con la suma de las figuras de ruido de las etapas amplificadoras.

Los amplificadores ABR están diseñados para mantener la figura de — ruido a una frecuencia determinada, dependiendo de la temperatura ambiente, para establecer la temperatura de ruido con que debe operar. Como la fre— cuencia de operación en la banda C es de 3.7 a 4.2 GHz, se tienen variacio— nes de la figura y temperatura de ruido para la que fueron diseñados los — ABR. En la figura 2.13. se pueden observar las curvas de comportamiento de amplificadores ABR de 100 K y 80 K, fabricados por "Scientific-Atlanta", y con una temperatura ambiente de  $25^\circ\text{C}$ . Se observa que la figura de ruido, y en consecuencia la temperatura de ruido, se incrementan conforme aumenta — la frecuencia. La curva muestra el comportamiento de un ABR diseñado para — una figura de ruido mínima a través de la banda de frecuencias, es por eso — que aparentemente no se llega a tener el valor específico de temperatura de ruido, como en el caso del ABR de 100 K, que lo caracteriza.

A una diferente temperatura ambiente la figura de ruido del ABR cambia por lo que la temperatura de ruido también cambia, como se muestra en la — figura 2.14.. En esta gráfica observamos las variaciones de temperatura y — figura de ruido para un ABR de 100 K de "Scientific-Atlanta", a tres tempe— raturas ambiente.

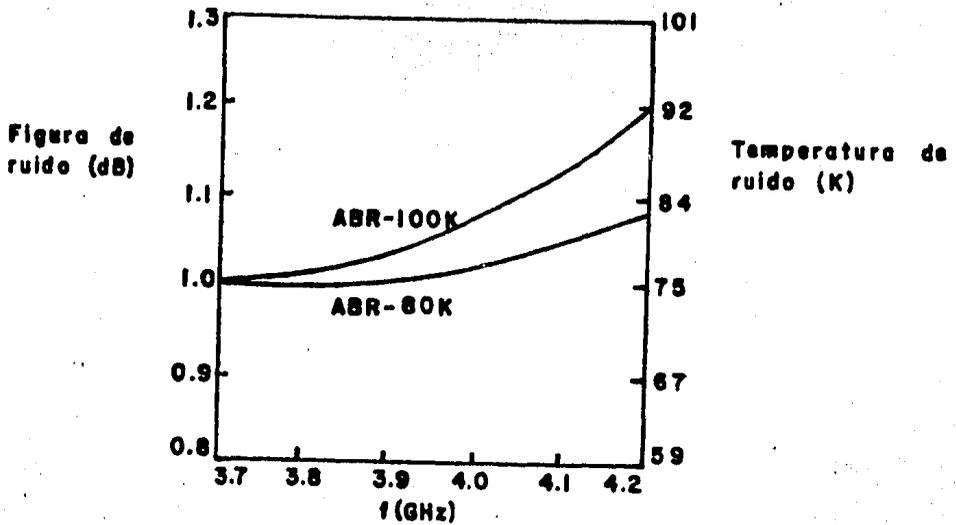


Fig. 2.13. Gráfica de Figura y Temperatura de ruido v.s. Frecuencia.

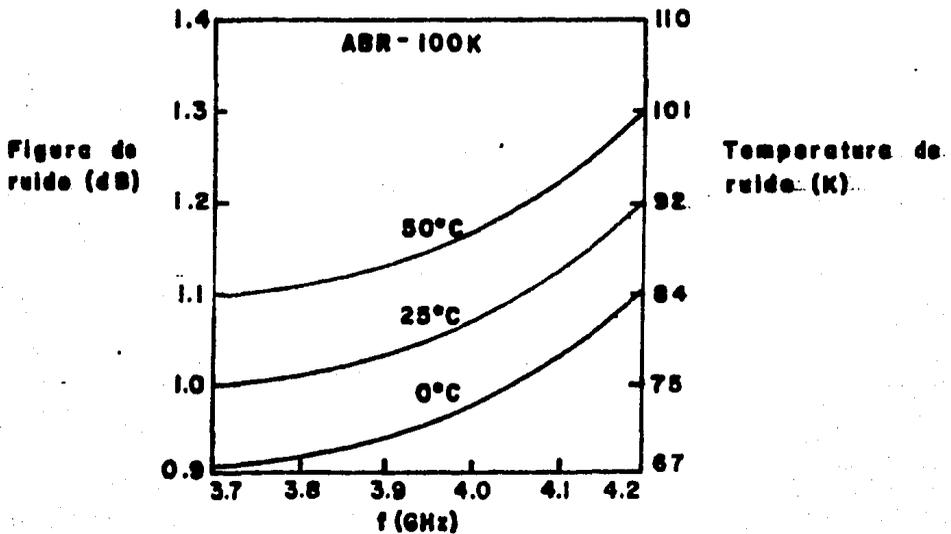


Fig. 2.14. Gráfica de Figura y Temperatura de ruido v.s. Frecuencia a diferentes temperaturas.

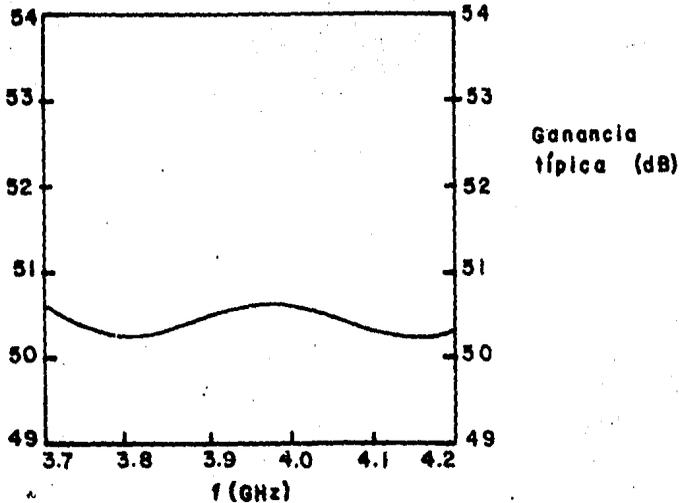


Fig. 2.15. Gráfica de Ganancia del ABR v.s. Frecuencia.

Se observa que a mayor temperatura ambiente se incrementa la temperatura de ruido. Por ejemplo, para una temperatura ambiente de  $50^{\circ}\text{C}$  la temperatura de ruido se incrementa 10 K de la correspondiente a la temperatura ambiente de  $25^{\circ}\text{C}$ , mientras que a  $0^{\circ}\text{C}$  la temperatura de ruido se redujo 8 K. Entonces es importante establecer la temperatura ambiente en la cual estará operando el amplificador de bajo ruido.

En la figura 2.15. podemos observar cómo varía la ganancia del ABR respecto a la frecuencia. Se observa que la variación de la ganancia se mantiene dentro de un rango adecuado, de aproximadamente  $\pm 0.25$  dB. Esta variación puede ser compensada por un control automático de ganancia en el receptor.

### 2.1.5.- Amplificadores de alta potencia (AAP)

En las estaciones terrenas transmisoras, se utilizan los amplificadores de alta potencia para proporcionar a la señal que se desea transmitir, la energía suficiente para ser radiada por la antena transmisora, de manera que se reciba en el satélite con una cantidad de energía considerable.

Los amplificadores de alta potencia utilizan tubos electrónicos para la generación de ondas de alta frecuencia, para poder amplificar la energía

de la onda de la señal al nivel requerido. Los tubos electrónicos como el Klystron y el Tubo de onda progresiva, generan una onda de alta frecuencia de potencia que proporciona el incremento de energía en la onda de la señal que está manejando y que se desea amplificar en potencia.

#### AAP - Klystron

Un AAP-Klystron es un amplificador de alta potencia que utiliza el tubo Klystron, pero no sólo está constituido por éste, sino que además tiene circuitos y componentes para asegurar su buen funcionamiento de amplificación. Los amplificadores AAP-Klystron que fabrica NEC (Nippon Electric Co.) se componen, como puede observarse en la figura 2.16., de un preamplificador de estado sólido, dispositivos de acoplamiento para la entrada y salida de la señal de radiofrecuencia al AAP, el tubo Klystron como amplificador de potencia, el sistema de enfriamiento, fuentes de poder y el sistema de control colocado en un panel de mando.

El aislador a la entrada del AAP proporciona un VSWR menor a 1.20 : 1, de manera igual que el aislador en la salida. El preamplificador tiene dos etapas de amplificación con transistores FET, que proporcionan una ganancia de 20 a 25 dB por etapa, y que se utiliza para estabilizar el nivel que se requiere de la señal de entrada para el Klystron.

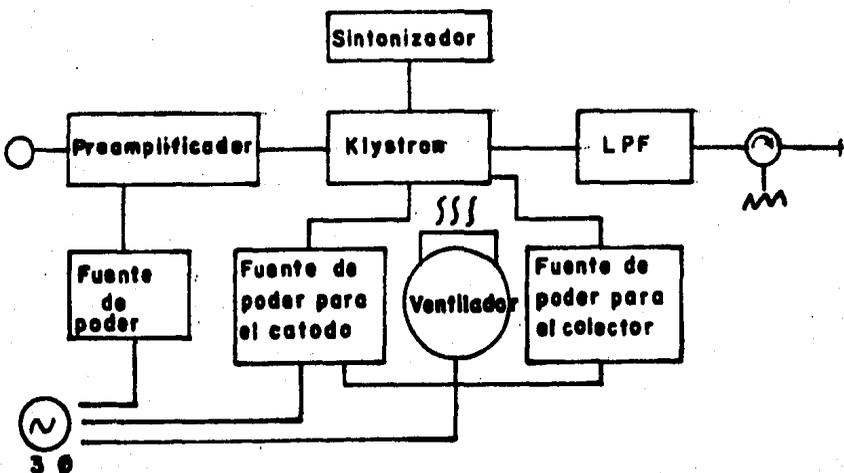


Fig. 2.16. Estructura de un AAP-Klystron.

El Amplificador de alta potencia requiere de fuentes de poder para proporcionar la energía a los diferentes dispositivos. Una fuente de voltaje controlado se requiere para el preamplificador y los circuitos de control. Se utiliza una fuente de poder para el calentamiento previo del Klystron, que además proporciona la potencia y voltaje promedio que el cátodo del Klystron necesita para su operación. El colector del Klystron utiliza la fuente de alto voltaje para controlar las variaciones de voltaje y regular el voltaje del haz de electrones.

En los AAP de NEC el sistema de enfriamiento es por aire forzado, utilizando un ventilador que se coloca cerca del colector del Klystron. En algunos casos, por ejemplo en los AAP de mayor potencia (12 Kw), se utiliza Helio líquido para el sistema de enfriamiento.

Para entender cómo se lleva a cabo la amplificación de alta potencia en el tubo Klystron, analizaremos cómo funciona a través de un estudio sencillo.

En los tubos de vacío, se considera el tiempo en que los electrones se desplazan desde el cátodo hasta el ánodo. Este tiempo depende de la separación y voltaje aplicado a los electrodos, teniendo su correspondiente velocidad de electrones. Al aplicar un voltaje alterno a los electrodos con una frecuencia alta, el tiempo de desplazamiento puede ocasionar que el voltaje y la corriente de salida se encuentren fuera de fase. El Klystron ajusta el tiempo de desplazamiento de los electrones, de manera que no haya defasamiento de voltaje y corriente a la salida, cuando se utiliza una alta frecuencia.

La estructura básica del tubo Klystron se muestra en la figura 2.17.. Dentro del tubo de vacío se tiene el cañón electrónico con el cátodo, que produce el haz de electrones. En este caso, se muestran dos cavidades de resonancia que se sintonizan a la frecuencia a la cual se debe operar el tubo Klystron. Se tiene también un colector donde inciden los electrones que viajan a una alta velocidad en línea recta, cruzando las cavidades desde el cátodo donde se genera el haz de electrones. En las cavidades, el espaciamiento entre los extremos superior e inferior se reduce cerca de la ubicación del haz, lo que ayuda a incrementar la magnitud de la componente de campo eléctrico en el haz de electrones, pues lo concentra.

Si la primera cavidad o cavidad formadora se energiza para tener la alta frecuencia o radiofrecuencia, los electrones que cruzan las placas de la cavidad sufren una aceleración durante la parte positiva del ciclo de oscilación de la frecuencia, y un retardo durante la parte negativa del ciclo. Este fenómeno, origina amontonamientos de electrones a medida que los electrones acelerados aventajan a los retrasados; esto es, que debido a la diferencia de velocidad los electrones se amontonan en un punto situado a una distancia  $D$  de la cavidad formadora, aumentando la densidad del haz de electrones en ese punto. La distancia  $D$  depende de la velocidad inicial de los electrones, la amplitud del campo eléctrico y del período de dicho campo en el haz. La densidad de electrones en el haz, a la distancia  $D$ , varía periódicamente con el tiempo debido a la frecuencia de oscilación. En estas condiciones, el haz de electrones tiene una componente de corriente que varía en amplitud a la frecuencia de la cavidad formadora.

A la distancia  $D$  se localiza la segunda cavidad resonante o cavidad recolectora, y que debido a la corriente variable del haz que cruza las placas de la cavidad, induce un voltaje variable entre ellas. Si la cavidad recolectora está sintonizada a la misma frecuencia que la cavidad formadora, entonces el haz transfiere la energía hacia la cavidad recolectora y ésta la entrega a la señal de radiofrecuencia que se desea amplificar, como una potencia útil de salida. Se tiene entonces, que la energía cinética de la corriente se transfiere a potencia útil de la onda de alta frecuencia.

Los AAP-Klystron de NEC pueden dar potencias de salida desde 400 W. hasta 12 Kw, dependiendo de la frecuencia de operación. Para la banda C de

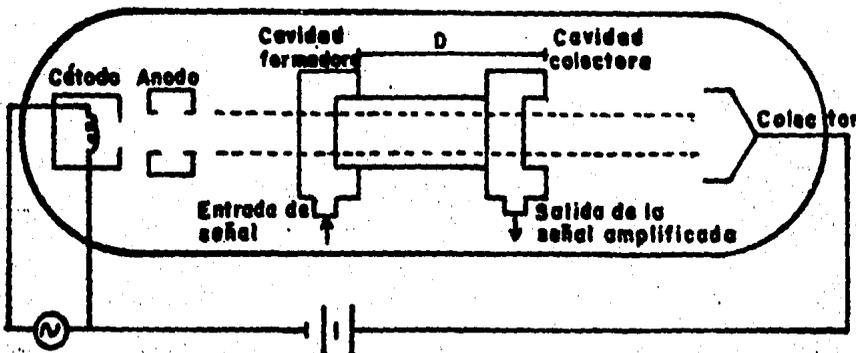


Fig. 2.17. Estructura básica de un Klystron.

frecuencias de 5.925 a 6.425 GHz, se tienen AAP-Klystron con potencia de salida de 400 W, 1.5 Kw y 3 Kw.

Estos AAP, tienen un ancho de banda de 40 a 45 MHz por canal o señal de radiofrecuencia, y son sintonizables para cualquier frecuencia dentro de la banda de 6 GHz. La sintonización de la radiofrecuencia en el AAP, se logra por medio de un sintonizador de tornillo deslizable, o con un sintonizador de perilla.

Los AAP-Klystron de NEC utilizan cuatro cavidades de resonancia, ya que su respuesta a la frecuencia es mejor a los de dos cavidades.

#### AAP-TOP

Un AAP-TOP es un amplificador de alta potencia que utiliza el tubo de onda progresiva TOP, también llamado TWT (Traveling wave tube); generalmente son utilizados para transmitir multiportadoras en FIM/FM.

NEC fabrica amplificadores AAP-TOP que están siendo utilizados en estaciones terrenas estándar A de INTELSAT. Estos amplificadores de NEC están equipados con un preamplificador de estado sólido, el TOP como amplificador de potencia, fuentes de poder, sistemas de control y protección, sistema de enfriamiento y su panel de mando, como puede observarse en la figura 2.18..

El AAP tiene un aislador de entrada que proporciona un bajo nivel de VSWR, alrededor de 1.20 : 1. El preamplificador de estado sólido con transistores FET y dos etapas de amplificación, proporciona una ganancia total de más de 40 dB y sirve para estabilizar la señal que entra al TOP.

La señal de radiofrecuencia que maneja el TOP, después de amplificarla en potencia, se pasa a través de un filtro paso bajas que elimina las armónicas no deseadas que se generan por intermodulación. Después del filtro se tiene un aislador, dando un bajo nivel de VSWR. La señal de salida del AAP es conducida por guía de onda hasta el alimentador de la antena transmisora.

Una fuente de poder se utiliza para el colector del TOP, para controlar su voltaje y la corriente de disparo que se presenta. En los TOP de hélice, se utiliza una fuente de poder para proporcionar la corriente en la hélice. El voltaje de la hélice se sobrepone al voltaje del colector y en general están al mismo potencial. El preamplificador y el sistema de control

requieren de una fuente regulada de poder; también se utiliza una fuente de poder para el calentamiento previo del TOP y el electromagneto que se utiliza en el TOP de hélice.

El sistema de enfriamiento es a través de aire forzado, utilizando un ventilador. El sistema de enfriamiento puede ser interno, es decir, que se encuentra localizado dentro del mismo gabinete que el TOP; o puede ser externo, donde el ventilador se coloca en un gabinete aparte del gabinete del TOP, y se interconectan por un ducto de aire. Generalmente se utiliza el sistema interno para altitudes bajas de operación, de 1000 a 2900 m.; mientras que el sistema externo se utiliza en grandes altitudes, de 2700 a 4000 m..

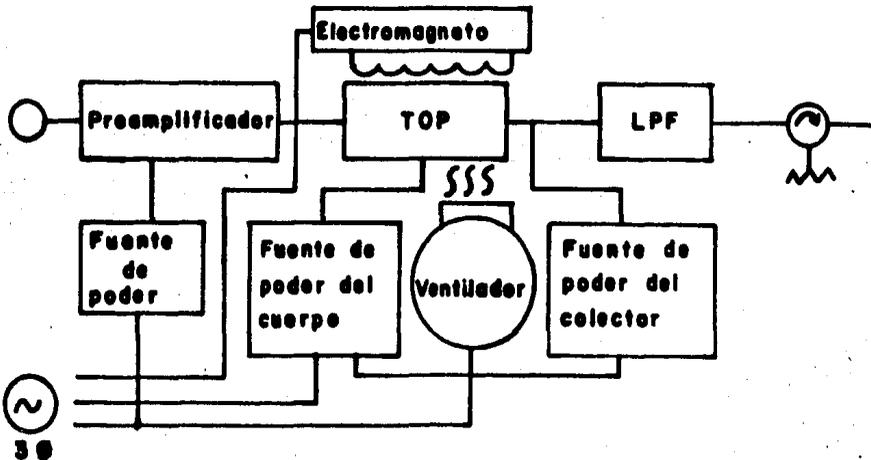


Fig. 2.18. Estructura de un AAP-TOP.

Analizaremos ahora, cómo se logra la amplificación de potencia en un tubo de onda progresiva. El TOP es un dispositivo de estructura diferente a la del Klystron. El TOP depende de la interacción entre el campo eléctrico del haz de electrones y del campo eléctrico de una onda de la señal que viaja a la misma velocidad del haz, en el tubo al vacío. La estructura básica de un TOP se muestra en la figura 2.19..

El TOP utiliza un tubo largo con un cañón electrónico que genera el haz de electrones. Como el haz tiene que recorrer una mayor distancia es

necesario que se enfoque hacia el centro del tubo; ésto se logra aplicando un campo magnético longitudinal a lo largo del haz y es proporcionado por un electro-imán que rodea al tubo.

En éste caso, analizamos un TOP que utiliza una hélice para la amplificación de potencia de la radiofrecuencia. Entonces, dentro del tubo, el haz de electrones pasa a través de la hélice conductora con pocas espiras, que se conectan a las líneas de entrada y salida de la señal por amplificar, mediante acopladores coaxiales o guía de onda con sus respectivos aislamientos. La corriente a través de la hélice forma un campo eléctrico — que se desplaza a lo largo de su eje, ocupando la misma posición que la del haz de electrones. La corriente fluye a la velocidad de la luz, pero — la velocidad del campo eléctrico axial producido es una fracción de esta — velocidad y depende de las características de la hélice (diámetro y número de vueltas por unidad de longitud sobre el eje).

La operación correcta del tubo requiere que el número de vueltas y el diámetro sean tales que la velocidad del campo eléctrico axial sea igual — a la del haz de electrones.

El campo eléctrico de la señal que ocupa el mismo espacio que el haz de electrones cambia su polaridad cíclicamente. Cuando pasa del ciclo positivo al negativo aumenta la velocidad de los electrones, y cuando pasa del ciclo negativo al positivo retarda a los electrones amontonándolos en el — haz. Como la señal de radiofrecuencia y los electrones tienen la misma velocidad, quedan estacionarios uno respecto al otro por lo que el amontonamiento aparece a intervalos de una longitud de onda de la señal. La magnitud del efecto es acumulativo, de modo que los amontonamientos crecen en — forma progresiva conforme la onda viaja a lo largo del tubo.

Considerando el flujo de corriente, el efecto del amontonamiento aparece como una onda superpuesta que tiene la misma frecuencia de la señal — de radiofrecuencia de entrada y que se incrementa progresivamente en intensidad a lo largo del tubo. Esta nueva onda tiene la misma frecuencia por — lo que se combina con la señal original en la salida del TOP, siendo la — salida total la suma de ambas. La onda de salida es más grande en amplitud o magnitud que la original, por lo tanto se tiene un aumento de potencia — en la señal de radiofrecuencia.

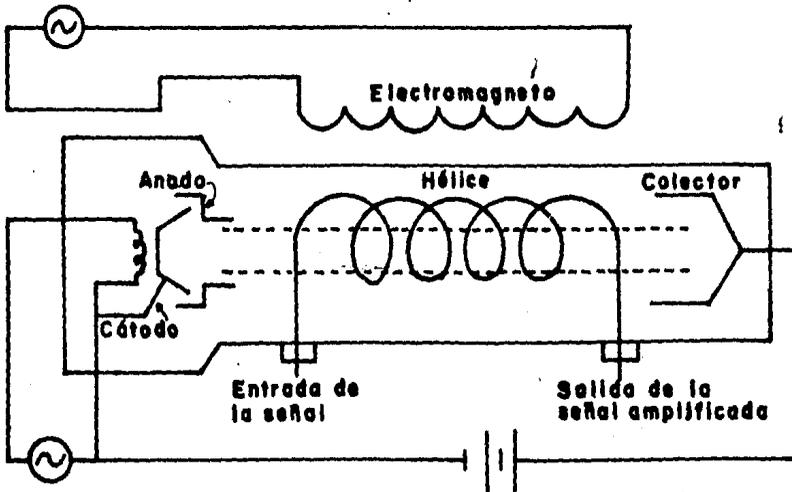


Fig. 2.19. Estructura básica de un TOP de hélice.

Los AAP-TOP de NEC para trabajar en la banda C de 6 GHz, pueden proporcionar potencias de salida de 400 W, 700 W, y de 1, 3, 6 y 12 Kw. Estos amplificadores de alta potencia manejan un ancho de banda de 500 MHz, e inclusive pueden tener un ancho de banda de 575 MHz, en la banda de 6 GHz.

NEC divide sus amplificadores AAP-TOP en dos series, dependiendo del tipo de alimentación de energía que tengan. Los AAP-TOP de la serie A estándar son los que se alimentan con una línea trifásica, y tienen el ventilador de enfriamiento en forma interna. Los AAP-TOP de la serie A opcional, tienen el ventilador en forma externa.

Los amplificadores AAP-TOP de la serie B estándar se alimentan con una línea monofásica y tienen el ventilador en forma interna. Estos amplificadores solo dan potencias de salida de 400 y 700 W. También se tiene la serie B opcional con ventilador en forma externa.

### 2.1.6.- Antenas

La antena es uno de los componentes de más importancia en una estación terrena, ya que es el medio para transmitir la señal al satélite y de recibir la señal que transmite el satélite. La antena no sólo proporciona la ganancia necesaria para cumplir los propósitos de la transmisión, sino también debe dar las características de radiación eliminando interferencia — con señales no deseadas de otros satélites, y dar la discriminación de polarización de señales.

Los requerimientos de la antena que se deben considerar son la ganancia de potencia, temperatura de ruido, VSWR, polarización, patrón de radiación, aislamiento, y relación de potencia. Los parámetros de operación del sistema de comunicación establecen las especificaciones electromagnéticas y estructurales necesarias para la antena.

#### Ganancia y Directividad

La ganancia de una antena es la medida de la potencia radiada por la antena comparada con la potencia radiada por una antena isotrópica, si ambas antenas están alimentadas con la misma potencia. La potencia radiada total es siempre menor a la potencia de alimentación, debido a las pérdidas que se tienen en la antena.

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{potencia radiada por la antena}}{\text{potencia radiada por la antena isotrópica}}$$

La directividad de la antena, en una dirección específica, es generalmente relacionada con la ganancia de la antena por la siguiente expresión:

$$G = \eta D$$

donde  $\eta$  es la eficiencia óhmica, definida por  $\eta = \frac{P_r}{P_o}$  con  $\eta < 1$  siendo  $P_r$  la potencia radiada por la antena y  $P_o$  la potencia de alimentación de la antena.

Las estaciones terrenas utilizan antenas de plato o reflector parabólico con una alta ganancia, ya que la señal que se recibe del satélite es débil en potencia y se necesita recolectar la mayor cantidad de la señal — que sea posible. Es por eso que se prefiere utilizar antenas de gran apertura. La ganancia de una antena tipo parabólica esta dada por la siguiente expresión:

$$G = 10 \log \left( \frac{4\pi A \eta_a}{\lambda^2} \right) \quad (\text{dB})$$

donde:  $A$  es el área de apertura en  $\text{m}^2$   
 $\lambda$  es la longitud de onda en  $\text{m}^2$   
 $\eta_a$  es la eficiencia de la antena

#### Área efectiva

El área de apertura de una antena no siempre está captando con la misma intensidad la potencia que incide en ella, es por eso que se considera un área de apertura efectiva de antena. El área efectiva se define 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 situada la antena. El área de apertura se define por la expresión:

$$A_e = \frac{\text{potencia recibida a la salida de la antena (Watts)}}{\text{densidad de potencia alrededor de la antena (Watts/m}^2\text{)}}$$

El área de apertura de la antena está relacionada con el 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 siguiente expresión:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

#### Impedancia de entrada y VSWR

La impedancia de entrada de una antena es un factor importante para lograr una adecuada interacción 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 o el dispositivo al que se conecta, para aprovechar al máximo la potencia. Esto se logra cuando las impedancias de los dispositivos o la línea es igual a la impedancia de la antena. Cuando no se tiene un buen acoplamiento, es decir las impedancias son diferentes, hay pérdidas de potencia debidas a la reflexión de la señal.

La potencia reflejada relativa a la potencia incidente en la línea —

está determinada por:

$$\frac{P_r}{P_o} = \left| \frac{Z_a - Z_o}{Z_a + Z_o} \right|^2$$

donde:  $Z_o$  es la impedancia característica de la línea

$Z_a$  es la impedancia de la antena.

Al tener una reflexión de la señal en 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 por la expresión:

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

La relación entre la señal incidente y la señal reflejada se conoce como coeficiente de reflexión, y está dada por:

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

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

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

Para las estaciones terrenas se especifica un VSWR de 1.3 : 1 o mejor, que corresponde a un coeficiente de reflexión de 0.1304. El coeficiente de reflexión es importante ya que determina las pérdidas por desacoplamiento de la antena. Las pérdidas por desacoplamiento se determinan por:

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

El coeficiente de reflexión se relaciona con las pérdidas de retorno, que es la forma de representar el VSWR en forma logarítmica en dB, mediante la expresión: Pérdidas de retorno =  $-20 \log |\Gamma|$  (dB)

### 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.

Se tiene polarización lineal si el vector de intensidad de campo eléctrico describe las variaciones como una línea. Se pueden tener dos vectores

de intensidad en forma ortogonal y tendrán cada uno, una polarización lineal si se encuentran en fase. Si se combinan dos polarizaciones lineales de la misma amplitud y una diferencia de fase de  $+90^\circ$ , se tendrá una polarización circular. La polarización elíptica se obtiene de la misma manera que la circular, pero en este caso las amplitudes de los vectores son diferentes.

Los satélites domésticos utilizan generalmente la polarización lineal, mientras que los satélites de comunicación internacional INTELSAT utilizan polarización circular.

#### Re-utilización de las frecuencias

Para el mejor aprovechamiento del ancho de banda utilizado en el sistema de comunicación y aumentar la capacidad del sistema, se ha explotado el re-uso o re-utilización de las frecuencias, aislando las características de la polarización de la antena en forma ortogonal. Esto es, se utiliza una doble polarización de la antena para permitir la utilización de señales independientes en el mismo enlace de comunicación, en la misma banda de frecuencias. Con esto, se duplica la capacidad del ancho de banda del sistema. Por ejemplo, un satélite con 24 transpondedores y un ancho de banda de 500 MHz, duplica su capacidad mediante la re-utilización de frecuencias; es decir, utilizando polarizaciones ortogonales el ancho de banda de cada transpondedor se utiliza dos veces, una para cada tipo de polarización. De esta manera tendremos operando 12 transpondedores con polarización vertical y 12 transpondedores con polarización horizontal, permitiendo un ancho de banda total disponible de 1 000 MHz.

Para tener un adecuado aislamiento entre las señales ortogonales y así evitar la interferencia, y consecuentemente mantener una buena relación de señal a ruido, se utilizan antenas de alta calidad y un compensador de frecuencia tanto en el satélite como en la estación terrena.

La medición de la discriminación de la polarización caracteriza la capacidad de la antena del sistema para aislar las señales ortogonales. La discriminación de polarización es definida como la relación de potencia que se transmite o se recibe en la polarización principal y la potencia recibida en la polarización ortogonal.

Hay ciertos factores en el sistema de la antena que ocasionan una depolarización de la señal. Por ejemplo, el medio anisotrópico de propagación ocasiona que se pierda la polarización original por efecto de refracción. Los vientos de gran corriente afectan la dirección de propagación en que está apuntando la antena al satélite, y si el satélite y la antena de la estación terrena no están alineados se tendrá una degradación de la polarización cruzada. La señal también sufre una depolarización debido a la rotación de Faraday en la ionósfera y a la presencia de la lluvia. También se tiene una depolarización de la señal al utilizar las polarizaciones cruzadas o en cruces, ya que por efecto mutuo se tiene una deformación de los vectores de intensidad de la onda.

#### Envolvente de radiación o patrón de radiación

El patrón de radiación de una antena debe cumplir con lo dispuesto por la CCIR y tiene las mismas características para radiación como recepción. El patrón de radiación tiene un lóbulo principal donde se concentra la mayor cantidad de energía y es el que se dirige hacia el punto de enlace. Pero también se tienen lóbulos laterales en donde hay energía que se está radiando, y representa una envolvente de radiación de la antena.

Para la envolvente de los lóbulos laterales, la CCIR da las siguientes especificaciones: En ángulos mayores de  $1^\circ$  a partir del eje del lóbulo principal se requiere que no más del 10% de los picos de los lóbulos laterales excedan una envolvente descrita por la siguiente expresión:

$$G = 32 - 25 \log \Theta \quad (\text{dB}) \quad \text{para } 1^\circ \leq \Theta \leq 48^\circ$$

$$G = -10 \quad (\text{dB}) \quad \text{para } \Theta > 48^\circ$$

donde:  $G$  es la ganancia de la envolvente de los lóbulos laterales relativa a una antena isotrópica y  $\Theta$  es el ángulo en grados entre el eje del lóbulo principal y la dirección considerada. En la figura 2.20. se observa la característica de la envolvente, y que se debe cumplir para los sistemas en la banda C y banda Ku.

Recientemente, en 1983, la FCC (Federal Communication Commission) de los Estados Unidos aprobó un espaciamiento de  $2^\circ$  entre satélites en el arco orbital geostacionario. Para ello, se ha especificado que las estaciones terrenas deberán tener una envolvente de  $29 - 25 \log \Theta$  en lugar de  $32 - 25 \log \Theta$  para reducir las interferencias.

Ahora, las antenas que operan con estaciones terrenas para la comunicación internacional por satélite, se rigen por los requerimientos estándar de la CCIR. Para este caso, se permite que picos de los lóbulos laterales se excedan hasta 10 dB de la envolvente, como se puede notar en la figura 2.20. .

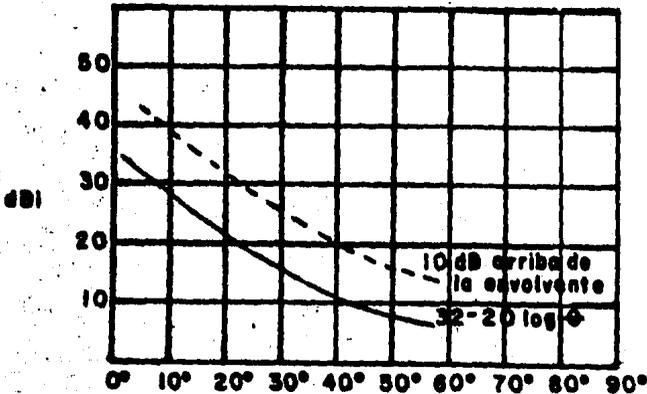


Fig. 2.20. Envolvente de lóbulos laterales.

#### Tipos de antenas

Muchos tipos de antenas se están utilizando hoy en día, sin embargo, se pueden agrupar en dos categorías: antenas de un solo haz de radiación, y antenas de haces múltiples. Las antenas de un solo haz como la mostrada en la figura 2.21., son aquellas que generan un solo haz dirigido hacia el satélite por un mecanismo de direccionalidad de la antena. Las antenas de haces múltiples son aquellas que generan varios haces de radiación empleando un reflector común con múltiples alimentadores. La mayoría de las estaciones terrenas utilizan las antenas de un solo haz, siendo las más usadas las antenas de reflector parabólico de punto focal, antenas de reflector doble como la tipo Cassegrain, y en forma mínima las antenas de reflector tipo corneta.

En las antenas de reflector parabólico de punto focal, el alimentador

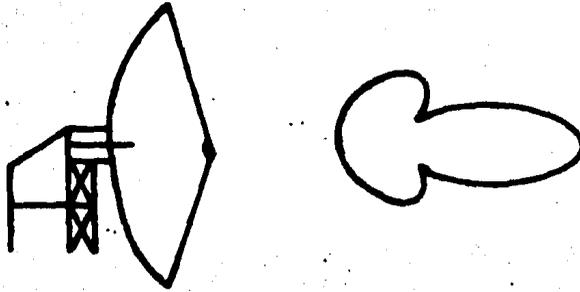


Fig. 2.21. Antena de un solo haz.

está situado en el punto focal de la parábola que describe el reflector de la antena, como se observa en la figura 2.22.. Este tipo de antenas se utiliza generalmente para sistemas de recepción.

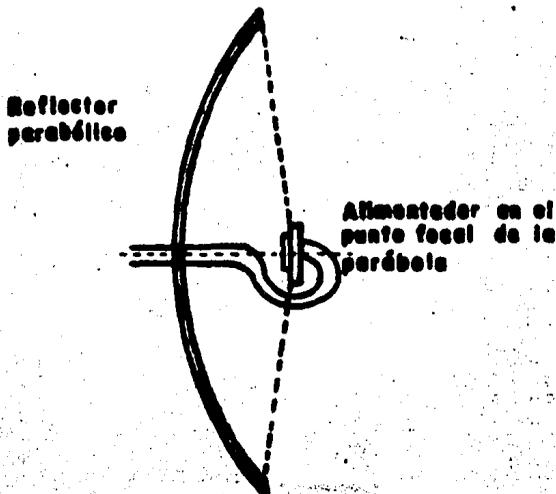


Fig. 2.22. Antena con alimentador en el punto focal.

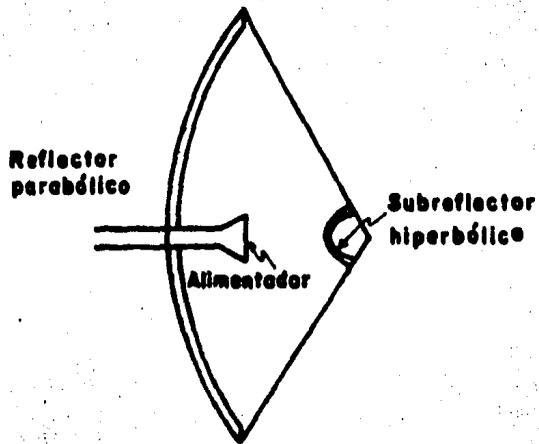


Fig. 2.23. Antena tipo Cassegrain clásica.

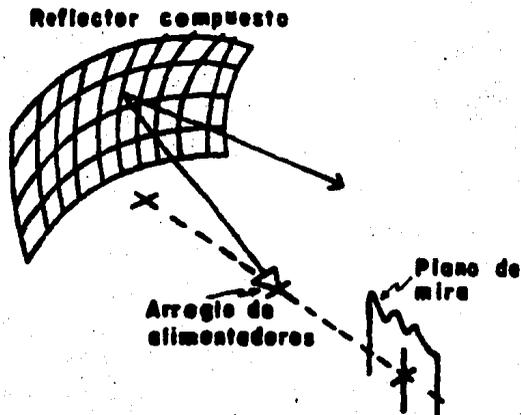


Fig. 2.24. Antena tipo Torus.

Las antenas tipo Cassegrain, que son las más utilizadas, están formadas por un reflector principal tipo parabólico y un subreflector tipo hiperbólico, como se muestra en la figura 2.23. El subreflector hiperbólico tiene geoméricamente dos focos, y para efectos de operación uno de los focos es el foco real del sistema que coincide con el centro del alimentador, mientras que el segundo foco o foco virtual coincide con el punto focal del reflector parabólico. En el foco virtual se encuentra situado el subreflector hiperbólico. Haciendo arreglos a la antena Cassegrain clásica, se logra aumentar la eficiencia y por lo tanto mejorar la ganancia de la antena.

Las antenas de haces múltiples no son muy utilizadas en las estaciones terrenas, a menos que se desee recibir simultáneamente señales de varios satélites con una sola antena. La antena tipo Torus y la antena tipo Cassegrain de haces múltiples son las que se han desarrollado en los últimos años, y son las que se utilizan en estos casos. La antena tipo Torus que se muestra en la figura 2.24., tiene un reflector con un contorno circular en el plano de mira, y un contorno parabólico en el plano ortogonal. Los alimentadores están situados en el plano de mira y pueden ser inclinados y acomodados para cubrir un arco de la órbita donde se encuentran los satélites geosíncronos, de donde se desea recibir la señal.

Hay que hacer notar que en este tipo de antena se utiliza un arreglo de alimentadores en lugar de uno solo, para lograr el patrón de radiación deseado en los haces. El reflector compuesto de la antena tipo Torus tiene un campo de vista equivalente al de varias antenas, por lo que permite recibir simultáneamente señales de varios satélites situados en el arco orbital geostacionario.

## 2.2.- SATELITES.

Desde que el primer satélite fue lanzado al espacio hasta la actualidad, se han desarrollado diferentes tipos de satélites, tanto en diseño como en servicios. De esta manera, se tienen sistemas de satélites comerciales, experimentales, militares y móviles.

El sistema comercial incluye a los satélites internacionales y los satélites domésticos. Los satélites internacionales INTELSAT constituyen el

sistema global de comunicación y están situados en las regiones de los océanos Índico, Atlántico y Pacífico. Los satélites domésticos proporcionan la comunicación sobre una región establecida y en general se utilizan para servicio nacional.

El primer satélite doméstico fue el llamado ANIK, desarrollado por TELESAT de Canadá. En la actualidad se tienen también varios satélites domésticos de Estados Unidos, entre ellos, el WESTAR, el RCA SATCOM, el COMSTAR y últimamente el GALAXY; en lo que se refiere a la región del mundo que le corresponde a México, como se observa en la figura 2.25.. Algunos otros países poseen satélites propios como el PALAPA de Indonesia y el INSAT de la India, que operan en su correspondiente región del mundo.

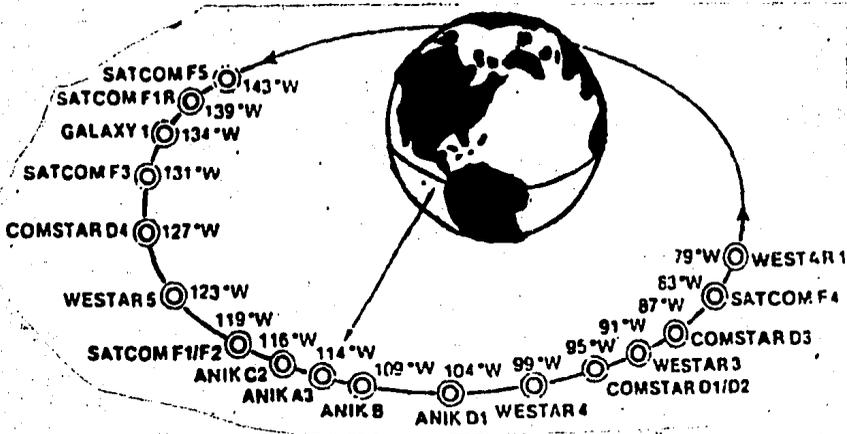
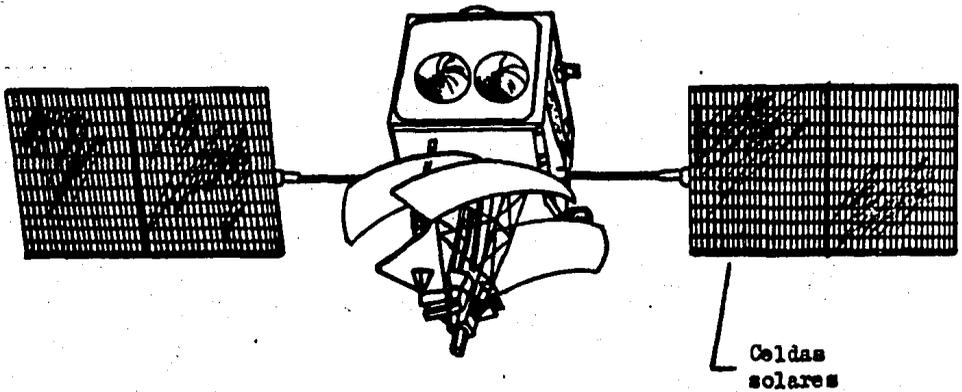


Fig. 2.25. Satélites en la órbita geostacionaria.

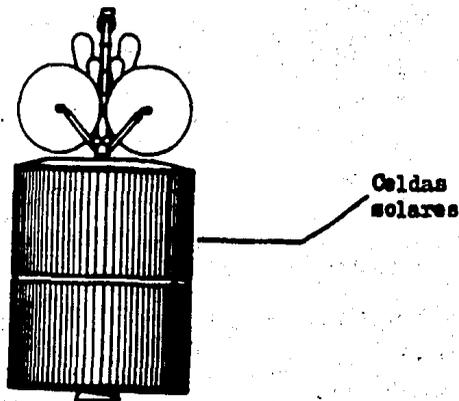
Los satélites se alimentan de energía solar a través de los paneles de celdas solares donde la transfieren a energía eléctrica. Los satélites como el RCA SATCOM y el INTELSAT V tienen colocados los paneles siempre orientados al sol y de manera independiente las antenas están orientadas hacia la tierra continuamente, como se puede observar en la figura 2.26..

Los satélites INTELSAT I al IV-A, los WESTAR, ANIK y COMSTAR tienen su cuerpo en forma cilíndrica, por lo que los paneles se sitúan sobre la su-

perficie del cilindro. De esta manera no todas las celdas solares están orientadas al sol. El cuerpo cilíndrico gira continuamente sobre sus ejes de estabilización, manteniendo la orientación de las antenas hacia la tierra. Al girar el cuerpo, una tercera parte del total de las celdas está recibiendo la energía solar a un tiempo, y todas las celdas están iluminadas en forma periódica. También se utilizan baterías en caso de que ocurra un eclipse del satélite por la tierra, para proporcionar la energía que necesite. En la figura 2.26. se puede ver como están las celdas solares colocadas en el INTELSAT IV.



a) Satélite SATCOM.



b) Satélite INTELSAT IV.

Fig. 2.26. Colocación de las celdas solares en los satélites.

Los satélites pueden ser utilizados para la comunicación, de acuerdo a la capacidad de sus circuitos para la retransmisión de canales de voz y de T.V. . Los satélites de INTELSAT han aumentado su capacidad conforme se han desarrollado sus modelos.

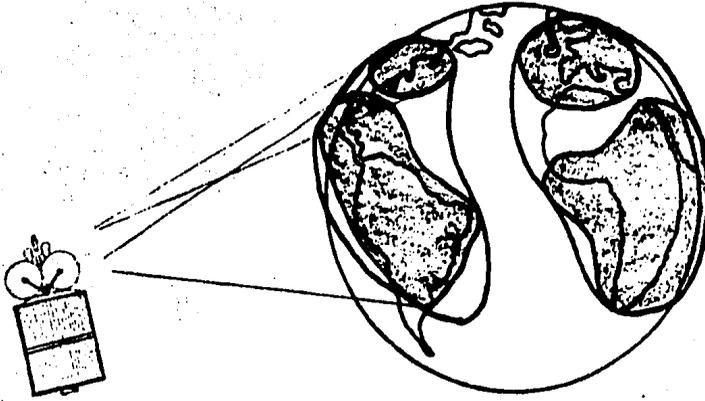
Los satélites INTELSAT IV tienen una capacidad de 4 000 circuitos para voz y 2 canales de T.V.; están equipados con 12 transpondedores, cada uno con un ancho de banda de 36 MHz. Los INTELSAT IV-A tienen una capacidad de 6 000 circuitos para voz y 2 canales de T.V.; utilizan el re-uso de frecuencias dando un total de 20 transpondedores, cada uno con un ancho de banda de 36 MHz. INTELSAT IV e INTELSAT IV-A están diseñados para trabajar en las bandas de 6/4 GHz.

El satélite INTELSAT V tiene una capacidad de 12 000 circuitos para voz y 2 canales de T.V.; están diseñados para operar en las bandas de 6/4 GHz y de 14/11 GHz. INTELSAT V-A tiene una capacidad de 15 000 circuitos para voz y 2 canales de T.V. .

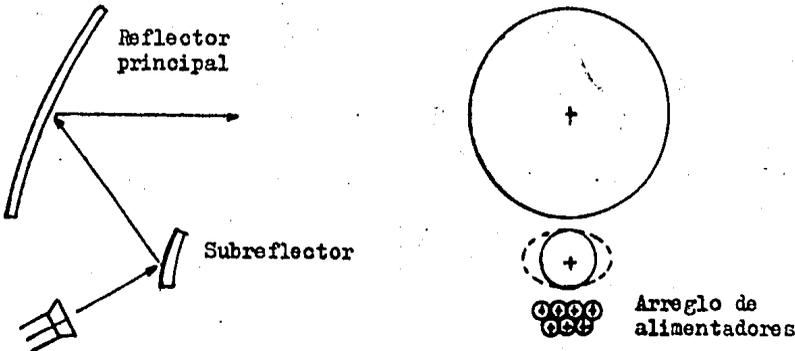
Los satélites síncronos pueden sufrir ligeras desviaciones de su posición original. Es por eso que una estación de control y telemetría sigue su movimiento continuamente. Si el satélite sufre una variación en su posición, la estación de control manda una señal al satélite para accionar pequeños cohetes de propelente, que impulsan al satélite de manera que recobre la posición original.

Las antenas de un solo haz se utilizan generalmente en satélites domésticos, mientras que las antenas de haz múltiple son convenientes en satélites como INTELSAT y en los sistemas regionales de un área grande de servicio.

Las antenas de haz múltiple que utilizan los satélites, cubren una región específica por medio de antenas parabólicas con un arreglo de alimentadores. Las antenas de un solo haz pueden ser del tipo parabólico o del tipo corneta. Para telemetría se utilizan generalmente antenas omnidireccionales. En la figura 2.27. se puede observar como funciona una antena de haz múltiple.



b) Zonas de cobertura en la región del Océano Atlántico del INTELSAT IV, a través de sus antenas.



a) Configuración de la antena

Fig. 2.27. Antena de haz múltiple.

### 2.2.1.- Acceso al satélite.

La señal de interés que se tiene en la estación terrena, modula en frecuencia (FM) a la frecuencia intermedia. Esta frecuencia modulada se convierte a la frecuencia portadora o radiofrecuencia correspondiente para transmitir la señal.

Un mismo satélite es compartido por varias estaciones terrenas, por lo que se utilizan técnicas de acceso múltiple para aprovechar en forma adecuada los recursos de potencia y de ancho de banda del satélite. Las técnicas más utilizadas son las de Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y el Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Estas técnicas para sistemas por satélite son análogos a los utilizados en sistemas terrestres, ya que las diferentes estaciones terrenas que participan en el enlace, son las que se multiplexan. El acceso que se utiliza para satélites comerciales es el FDMA, utilizándose el TDMA también pero en menor escala. De esta forma, se tiene un formato FM/FDMA para la señal.

En FDMA, la capacidad que tiene el ancho de banda de un transpondedor, puede ser dividida conforme se desea utilizar. El ancho de banda del transpondedor se puede dividir en varias bandas de gran capacidad, donde cada una maneja los grupos o supergrupos de voz. También se puede dividir en un gran número de pequeñas bandas, donde cada una maneja un solo canal de voz.

Un canal de televisión ocupa generalmente todo el ancho de banda de un transpondedor de 36 MHz, y puede ser utilizado por una sola estación terrena. En ocasiones se pueden transmitir dos canales de T.V. en el mismo transpondedor, cada uno ocupando la mitad del ancho de banda, y pueden ser utilizados por estaciones diferentes con la técnica de FDMA.

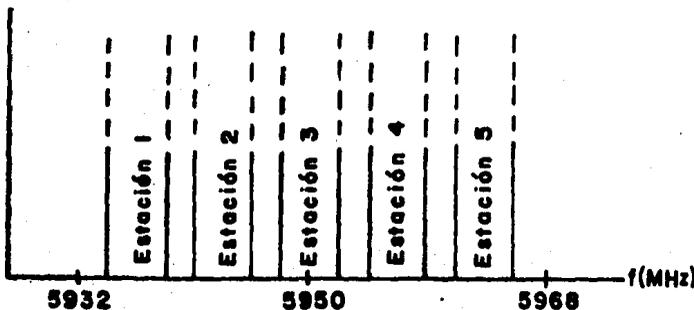
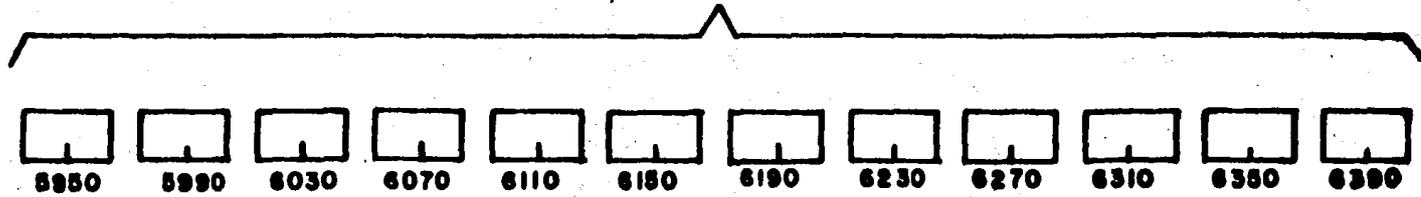


Fig. 2.28. Ancho de banda de un transpondedor de 36 MHz utilizado en FDMA.

12 Transpondedores de 36 MHz cada uno



a) Enlace ascendente



b) Enlace descendente

Fig. 2.29. Plan de frecuencias de los transpondedores para INTELSAT IV .

### 2.2.2.- Transpondedor

En los satélites generalmente se utilizan 12 transpondedores para recibir y transmitir la señal. Cada transpondedor tiene un ancho de banda centrado a su respectiva frecuencia de recepción y de transmisión; como se observa en la figura 2.29. para el satélite INTELSAT IV, donde se utilizan 12 transpondedores con un ancho de banda de 36 MHz cada uno.

Un diagrama simplificado de un transpondedor se muestra en la figura 2.30.. La señal se recibe por medio de la antena receptora del satélite y un filtro paso banda selecciona la banda correspondiente a cada transpondedor. Esta señal tiene un ancho de banda de 36 MHz igual al del transpondedor y una frecuencia portadora de recepción en la banda de 6 GHz, para el sistema en la banda C. La señal que llega al transpondedor es débil, por lo que se tiene que preamplificar antes de ser convertida a la respectiva frecuencia de retransmisión en la banda de 4 GHz. En seguida la señal es filtrada en banda y amplificada por un amplificador TOP (TWT), para luego ser transmitida por la antena transmisora del satélite. Los amplificadores TOP utilizados en el satélite INTELSAT IV dan potencias de salida de 6 Watts, mientras que en el INTELSAT V dan potencias de salida de 4.5 y 8.5 Watts.

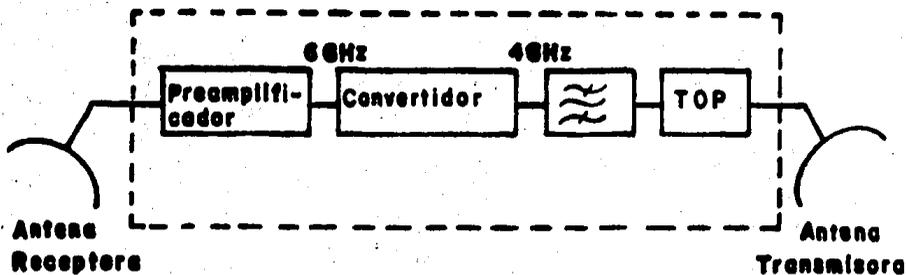


Fig. 2.30. Diagrama de bloques de un transpondedor.

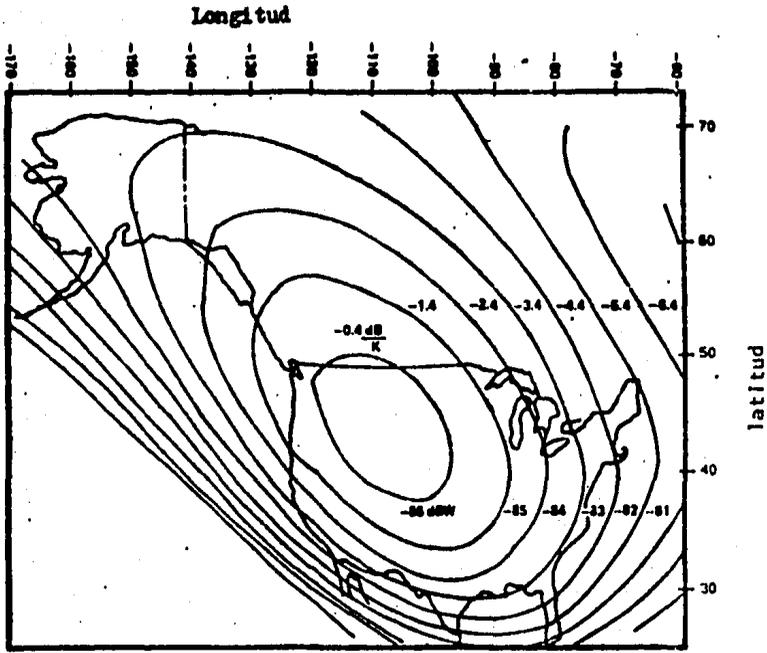


Fig. 2.31. Huellas de iluminación para la Densidad de flujo de saturación(dBw) y para la G/T(dB/K).

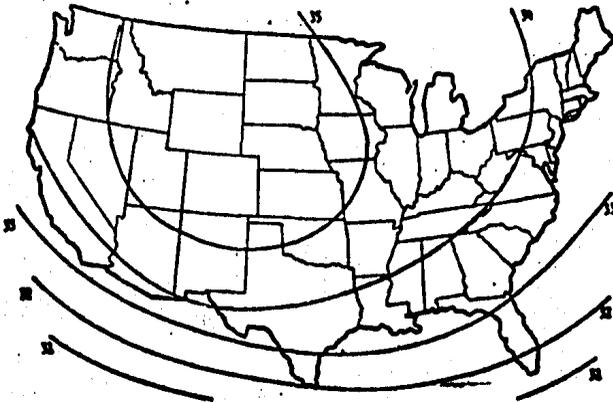


Fig. 2.32. Huellas de iluminación de PIRE(dBw) a 4 GHz.  
(RCA SATCOM F-1)

Se puede apreciar que un satélite funciona como una estación repetidora, o bien receptora y transmisora, por lo que se debe de caracterizar con la Figura de mérito en la recepción y la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva en la transmisión. La figura 2.31. muestra las áreas correspondientes a los valores de  $G/T$  para un satélite doméstico de los Estados Unidos, así como la Densidad de flujo de radiación. La Densidad de flujo se especifica para operar en saturación el transpondedor y nos indica la densidad de potencia que se recibiría por el satélite si una estación transmisora se encontrara en dicha área.

La Potencia Isotrópica Radiada Efectiva PIRE, es generalmente especificada para el punto de saturación de los amplificadores TOP del transpondedor. Como se puede apreciar en la figura 2.32., los valores de la PIRE varían ligeramente con las áreas o huellas de iluminación donde se localizan los puntos de recepción de la señal.

Los amplificadores TOP utilizados en los transpondedores, tienen la característica de una amplificación de potencia no lineal como se observa en la figura 2.33.. Cuando se tienen varias portadoras en un mismo transpondedor, se debe trabajar el amplificador TOP varios decibeles abajo del punto de saturación o nivel máximo de potencia de salida, para reducir la interferencia por intermodulación, aunque se reduce la eficiencia del TOP. A la reducción en la potencia que se aprovecha, se le llama " back-off " de salida del TOP.

Cuando el TOP opera en la región donde se tiene una amplificación — altamente no lineal, se tienen como resultado efectos de intermodulación — bastante apreciables, con lo que se afecta la calidad de la relación señal a ruido de cada una de las portadoras. En la figura 2.34. se muestra la — relación potencia de portadora a potencia de ruido de intermodulación, en función del back-off de salida en un TOP típico.

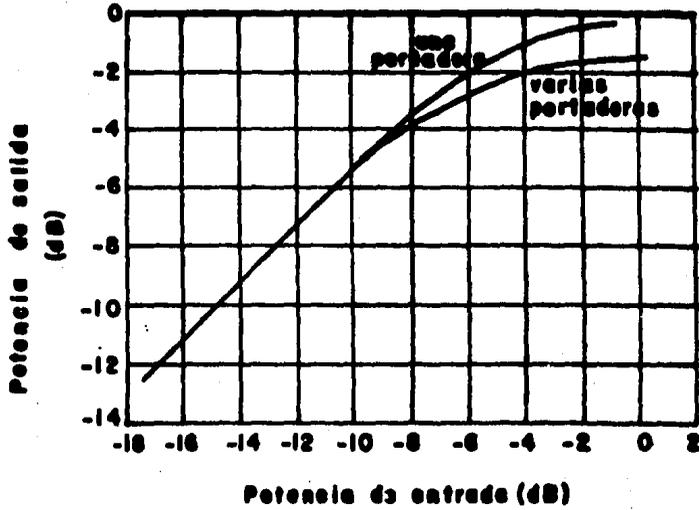


Fig. 2.33. Transferencia característica de un TOP

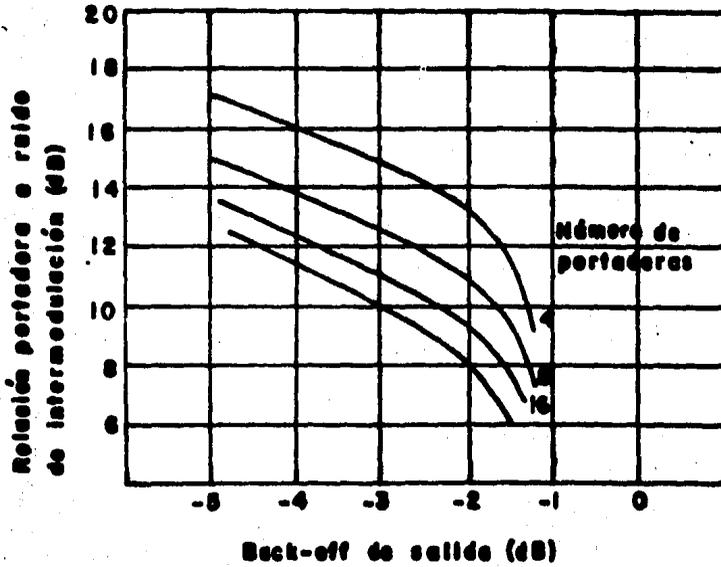


Fig. 2.34. Relación portadora / ruido de intermodulación v.s. Back-off de salida de un TOP típico.

### 2.3.- ECUACIONES DE ENLACE.

El análisis del enlace del sistema de comunicación por satélite tiene por objeto determinar la calidad de la transmisión que se puede esperar para una señal portadora que se transmite de una estación terrena a otra, por medio del satélite. La calidad de la transmisión se expresa como la relación de la potencia recibida en la portadora a la potencia de ruido en el ancho de banda ocupado por la portadora modulada, y se representa por la expresión (C/N).

Consideremos que una estación terrena está transmitiendo hacia el satélite (enlace ascendente), y éste transmite nuevamente hacia una estación terrena receptora (enlace descendente). De aquí podemos observar que el enlace del sistema de comunicación por satélite, tiene una relación total de (C/N) que incluye las correspondientes relaciones para el enlace ascendente y descendente.

#### 2.3.1.- Enlace ascendente

El modelo que se utiliza para el enlace ascendente se muestra en la figura 2.35.. Consideremos que la estación terrena está transmitiendo con una potencia efectiva de salida  $P_T$ , por medio de una antena transmisora con una ganancia de potencia  $G_T$ ; de donde se obtiene una potencia Isotrópica Radiada Efectiva FIRE, que está dada por:

$$FIRE = P_T G_T \quad (\text{Watts}) \quad (2.1.)$$

con  $P_T$  en (Watts), y  $G_T$  como la ganancia numérica de potencia en el ancho del haz del patrón de radiación de la antena.

Expresada en decibeles, se tiene:

$$FIRE = P_T + G_T \quad (\text{dBw}) \quad (2.1.a.)$$

con  $P_T$  en (dBw) y  $G_T$  en (dB).

La densidad de flujo de potencia radiada, que llega al satélite, se obtiene por medio de la expresión:

$$S_A = \frac{P_T G_T}{4\pi R_a^2} K_A \quad (\text{Watts/m}^2) \quad (2.2.)$$

donde:  $R_a$  = distancia de la estación terrena al satélite ( $m^2$ ).

$K_A$  = factor de atenuación atmosférica

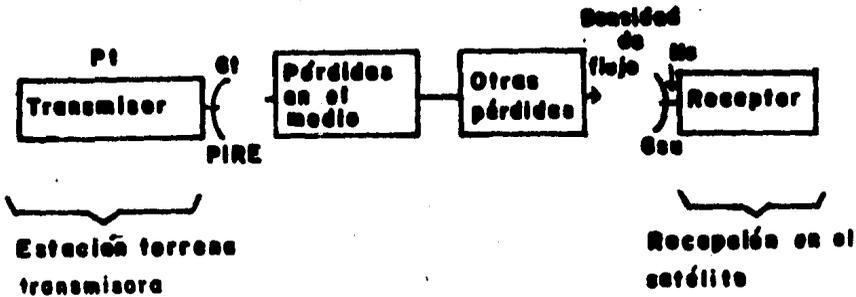


Fig. 2.35. Modelo del enlace ascendente.

- $p$  = eficiencia de la polarización +  
 $4\pi R_a^2$  = superficie total de una esfera de radio  $R$ , ya que se consideran frentes de ondas esféricas.

La potencia recibida por la antena del satélite, se obtiene de multiplicar la densidad de flujo en ( $\text{Watts}/\text{m}^2$ ) por el área efectiva de la antena receptora en ( $\text{m}^2$ ), entonces se tiene:

$$C_a = S_a A_{es} = \frac{P_T G_T}{4\pi R_a^2} K_A A_{es} \quad (\text{Watts}) \quad (2.3.)$$

La ganancia de la antena receptora está relacionada con el área efectiva por medio de la expresión:

$$A_{es} = \frac{G_{Rs} \lambda^2}{4\pi} \quad (\text{m}^2) \quad (2.4.)$$

con  $\lambda$  en metros, correspondiente a la frecuencia del enlace ascendente; - entonces, substituyendo (2.4.) en (2.3.) se tiene:

$$C_a = \frac{P_T G_T}{4\pi R_a^2} K_A \left( \frac{G_{Rs} \lambda^2}{4\pi} \right) \quad (\text{Watts}) \quad (2.5.)$$

que generalmente se escribe:

$$C_a = \text{PIRE} \left( \frac{\lambda}{4\pi R_a} \right)^2 K_A G_{Rs} \quad (\text{Watts}) \quad (2.5.a.)$$

+ Generalmente se considera un valor de  $p$  igual a la unidad.

El ruido total que se tiene en el receptor, proporciona una cantidad de potencia de ruido que afecta a la potencia recibida por la antena. Entonces la potencia de ruido total  $N_{sa}$  medido en un punto de referencia en el receptor, se puede expresar en términos de la temperatura de ruido efectiva, por medio de la expresión:

$$N_{sa} = K T_{sa} B \quad (\text{Watts}) \quad (2.6.)$$

donde:  $K$  = constante de Boltzmann =  $1.38 \times 10^{-23}$  Joules/K

$T_{sa}$  = temperatura de ruido del receptor, en grados Kelvin (K)

$B$  = ancho de banda ocupado por el ruido en Hertz (Hz), y que generalmente corresponde al ancho de banda ocupado por la portadora modulada que se recibe.

La relación de potencia de portadora a potencia de ruido se obtiene de dividir la ecuación (2.5.a.) entre la ecuación (2.6.), entonces:

$$\frac{C_a}{N_{sa}} = \frac{\text{PIRE } G_{Rs} K_A}{T_{sa} K B} \left( \frac{\lambda}{4 \pi R_a} \right)^2 \quad (2.7.)$$

que generalmente se escribe:

$$\left( \frac{C}{N} \right)_a = \text{PIRE} \left( \frac{G_{Rs}}{T_{sa}} \right) \left( \frac{K_A}{K B} \right) \left( \frac{\lambda}{4 \pi R_a} \right)^2 \quad (2.7.a.)$$

El término  $\left( \frac{\lambda}{4 \pi R_a} \right)^2$  es invertido y se define como factor de pérdidas en el espacio libre  $L_s$ , entonces:

$$L_s = \left( \frac{4 \pi R_a}{\lambda} \right)^2 \quad (2.8.)$$

que también puede expresarse como:

$$L_s = \left( \frac{4 \pi R_a f}{c_0} \right)^2 \quad (2.8.a.)$$

donde:  $c_0$  = velocidad de la luz =  $3 \times 10^8$  (m/seg)

$f$  = frecuencia del enlace ascendente en (Hz)

$R_a$  = distancia de la estación terrena al satélite (m)

entonces tendremos a las pérdidas en el espacio libre, expresada en (dB) -

por:

$$L_s = 20 \log \left( \frac{4 \pi R_a f}{c_0} \right) \quad (\text{dB}) \quad (2.8.b.)$$

entonces:

$$L_s = -147.5 + 20 \log R_a + 20 \log f \quad (\text{dB}) \quad (2.8.c.)$$

con  $R_a$  en (m) y  $f$  en (Hz);

o también:

$$L_s = 92.45 + 20 \log R_a + 20 \log f \quad (\text{dB}) \quad (2.8.d.)$$

con  $R_a$  en (Km) y  $f$  en (GHz).

En ocasiones no se conoce la distancia de la estación terrena al satélite, por lo que se maneja la posición de la estación en su latitud  $H$  y su longitud  $L$ , con la posición del satélite definida por su longitud  $L_{\text{sat}}$ . - Recordemos que el satélite se encuentra en la órbita geostacionaria contenida en el plano ecuatorial.

Entonces, las pérdidas en el espacio libre se expresan por:

$$L_s = 185.05 + 10 \log(1 - 0.295 \cos H \cos(L - L_{\text{sat}})) + 20 \log f \quad (\text{dB}) \quad (2.8.e.)$$

donde:  $H$  = latitud de la estación terrena

$L$  = longitud de la estación terrena

$L_{\text{sat}}$  = longitud del satélite

$f$  = frecuencia del enlace en GHz.

Ahora, tomando en cuenta las pérdidas en el espacio libre la relación  $(C/N_s)_a$  de la ecuación (2.7.a.) queda:

$$\left(\frac{C}{N_s}\right)_a = \text{PIRE} \left(\frac{G_{R_s}}{T_{R_s}}\right) \left(\frac{K_A}{K_B}\right) \left(\frac{1}{L_s}\right) \quad (2.9.)$$

expresándola en decibelios, se tiene:

$$\left(\frac{C}{N_s}\right)_a = 10 \log \left(\frac{C}{N_s}\right)_a \quad (\text{dB}) \quad (2.9.a.)$$

$$\left(\frac{C}{N_s}\right)_a (\text{dB}) = \text{PIRE} + L_A + \left(\frac{G}{T}\right)_a - L_s - 10 \log B - 10 \log K \quad (2.10.)$$

donde: PIRE está en (dBw)

$$L_A = 10 \log K_A \quad (\text{dB})$$

$$\left(\frac{G}{T}\right)_a = 10 \log \left(\frac{G_{R_s}}{T_{R_s}}\right) \quad (\text{dB/K})$$

$$L_s = 10 \log \left(\frac{4 \pi R_a f}{c}\right)^2 \quad (\text{dB})$$

con  $10 \log K = -228.6$  (dB) si B está en (Hz)  
 con  $10 \log K = -168.6$  (dB) si B está en (MHz).

De esta manera, tendremos que la ecuación (2.10.) nos representa la relación de potencia de portadora a potencia de ruido en el enlace ascendente, donde la PIRE corresponde a la estación terrena transmisora, y la Figura de mérito  $(G/T)_R$  corresponde a la etapa de recepción del satélite.

Como se había visto antes, existen gráficas donde se determinan los valores de  $(G/T)$ , densidad de flujo de potencia y PIRE requeridos, dependiendo de la posición de la estación terrena y el satélite. (ver figuras 2.31. y 2.32.).

Cuando se habló del ancho de banda ocupado por el ruido, y que generalmente corresponde al ancho de banda de la portadora modulada que se utiliza, se debe tener en cuenta cómo se está transmitiendo la señal. Para un satélite doméstico donde se utiliza un transpondedor completo para el video, el ancho de banda que se utiliza es de cerca de 34 MHz. Para un transpondedor con operación de medio transpondedor para el video, se requieren de 17.5 MHz como ancho de banda para el video. Los satélites de comunicación internacional utilizan un transpondedor completo para el video, con un ancho de banda de 30 MHz para el video.

### 2.3.2.- Enlace descendente

El modelo que se observa en la figura 2.36. nos muestra el enlace descendente que se utiliza para el análisis. Como se puede observar, es semejante al de la figura 2.35. pero ahora consideramos que el satélite está transmitiendo y una estación terrena está recibiendo la señal.

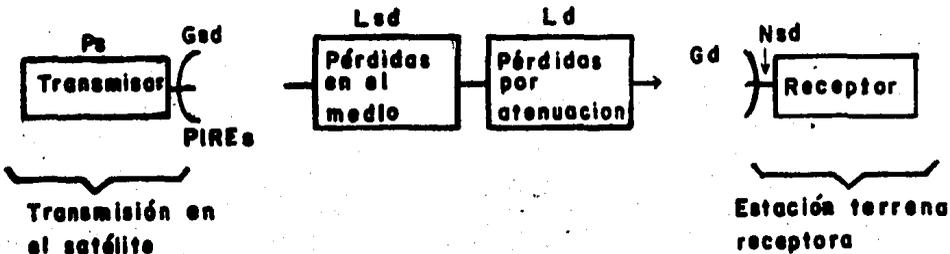


Fig. 2.36. Modelo del enlace descendente.

El análisis para determinar la relación de potencia de portadora a potencia de ruido en el enlace descendente, es similar al desarrollado anteriormente para el enlace ascendente; por lo que reescribiendo la ecuación (2.10.) para el enlace descendente se tiene:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_d \text{ (dB)} = \text{PIRE}_s + L_d + \left(\frac{G}{T}\right)_d - L_{sd} - 10 \log B - 10 \log K \quad (2.11.)$$

donde:  $\text{PIRE}_s$  = corresponde a la PIRE del satélite  
 $L_{sd}$  = pérdidas en el espacio libre en el enlace descendente  
 $\left(\frac{G}{T}\right)_d$  = Figura de mérito de la estación terrena receptora  
 $B$  = ancho de banda ocupado por el ruido  
 $K$  = constante de Boltzmann  
 $L_d$  = pérdidas por atenuación.

La  $\text{PIRE}_s$  es la potencia isotrópica en la salida del transmisor del satélite, y que corresponde a la potencia en el amplificador TOP para trabajar en saturación. Para una señal portadora, generalmente se trabaja en el punto de saturación del amplificador TOP, por lo que la  $\text{PIRE}_s$  es:

$$\text{PIRE}_s = P_s G_{sd} \quad (\text{Watts}) \quad (2.12.)$$

mientras que cuando se tienen varias portadoras o multiportadoras, se trabaja por abajo del punto de operación para evitar interferencias por intermodulación, por lo que se tiene una reducción del aprovechamiento de la potencia o Back-Off, que se representa como "BO" y que afecta a la  $\text{PIRE}_s$  de la siguiente manera:

$$\text{PIRE}_s = P_s G_{sd} \text{ BO} \quad (\text{Watts}) \quad (2.13.)$$

Para un buen diseño en la estación terrena receptora, se tiene una temperatura de ruido aproximadamente igual a la temperatura de ruido del Amplificador de bajo ruido (ABR).

La Figura de mérito de la estación terrena receptora, se puede expresar en función de la temperatura de ruido en decibeles referidos a un grado Kelvin (dB-K), y a la ganancia de la antena por medio de la expresión:

$$\left(\frac{G_R}{T_s}\right)_d = G_R - T_s \quad (\text{dB-K}) \quad (2.14.)$$

donde:  $\left(\frac{G_R}{T_s}\right)_d$  está en (dB/K)

$G_R$  en (dB)

$T_s$  en (dB-K), con  $T_s \text{ (dB-K)} = 10 \log T_s \text{ (K)}$

Se tiene una gráfica de gran uso que relaciona éstos parámetros y que se muestra en la figura 2.37.

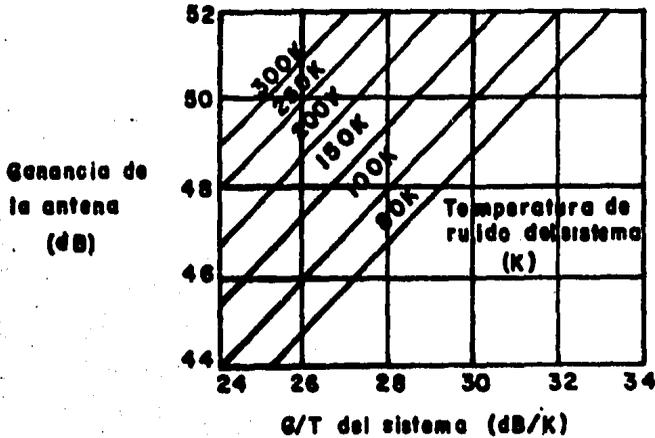


Fig. 2.37. (G/T) v.s. Ganancia de la antena.

### 2.3.3.- Relación de potencia de portadora a densidad de potencia de ruido.

En el análisis del enlace, resulta más conveniente en ocasiones el calcular la relación de potencia de portadora a densidad de potencia de ruido ( $C/N_0$ ), donde  $N_0$  es la densidad de potencia de ruido expresada en (Watts/MHz).

La densidad  $N_0$  se puede obtener de la ecuación (2.6.), de donde se tiene:

$$N_0 = K T_B (10^6) \quad (\text{Watts/MHz}) \quad (2.15.)$$

La relación entre  $(C/N)$  y  $(C/N_0)$  está dada por la expresión:

$$\left(\frac{C}{N}\right) (\text{dB-MHz}) = \left(\frac{C}{N_0}\right) (\text{dB}) + 10 \log B (\text{MHz}) \quad (2.16.)$$

donde: B es el ancho de banda del ruido.

### 2.3.4.- Interferencia

Existen fuentes de señales que interfieren en el enlace y que deben ser consideradas en el análisis. Para las señales pequeñas en comparación con el nivel de la portadora, la interferencia se adiciona al ruido térmico como una relación de potencia (C/I).

La interferencia que se presenta en el satélite es debida a los productos de intermodulación; en el enlace ascendente y en el descendente, es producida principalmente por la operación de un satélite cercano al que estamos utilizando, por el re-uso de frecuencias y la red terrestre de microondas que se utiliza en los alrededores de los puntos de transmisión y recepción de nuestro enlace.

### 2.3.5.- Relación (C/N) total

La relación de potencia (C/N) total en el enlace, resulta de sumar adecuadamente las relaciones del enlace ascendente, del enlace descendente y de interferencia, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{\text{total}} = \frac{1}{\frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_a} + \frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_d} + \frac{1}{\left(\frac{C}{I}\right)}} \quad (2.17.)$$

donde la relación (C/N) es la relación en forma numérica correspondiente, entonces se tiene :

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{\text{total}} = 10 \log \left(\frac{C}{N}\right)_{\text{total}} \quad (\text{dB}) \quad (2.18.)$$

## CAPITULO 3

## TRANSMISION Y RECEPCION DE TELEVISION VIA SATELITE

## INTRODUCCION

Debido a la característica de amplia cobertura del globo terrestre que poseen los satélites geostacionarios, la aparición de éstos dentro del ámbito de las comunicaciones trajo consigo, entre otras cosas, la apertura de una nueva era para los organismos dedicados a la difusión de televisión. Esta nueva era se encuentra caracterizada por el surgimiento de nuevas técnicas de difusión, y de nuevos tipos de servicios prestados por las cadenas televisivas.

Hoy en día podemos distinguir claramente dos tipos de difusión de televisión vía satélite, los cuales son conocidos como: difusión internacional de televisión y difusión nacional de televisión.

La difusión internacional de televisión es un servicio prestado exclusivamente por los satélites pertenecientes a los consorcios internacionales de comunicaciones vía satélite, como son INTELSAT e INTERSPUTNIK. Este tipo de servicio, consistente tanto en la difusión internacional como en la difusión transoceánica de programas de televisión "en vivo", no fue posible hasta después de la aparición de los satélites activos; antes de que ellos surgieran, la difusión de televisión se hacía únicamente a través de los sistemas de microondas terrestres, los cuales, como sabemos, poseen una limitación inherente en lo referente a la longitud de su cobertura.

Como un dato histórico importante, cabe señalar que las primeras transmisiones transatlánticas de televisión en tiempo real, fueron realizadas a través de los satélites pertenecientes al proyecto experimental TELSTAR, los cuales dicho sea de paso fueron los primeros satélites activos de comunicaciones en órbita (TELSTAR I en 1962, TELSTAR II en 1963).

Las estaciones terrenas que trabajan como parte de los sistemas de difusión internacional de televisión, son estaciones transmisoras/receptoras que cumplen con las normas fijadas para las estaciones estándar A, estándar B o estándar C, según sea el caso. Este tipo de estaciones manejan tanto señales de televisión como señales de telefonía, datos y facsímil.

Debido a que en la actualidad se emplean en el mundo varios tipos de sistemas de televisión que poseen diferentes normas (por ejemplo: 525/60 NTSC, 525/60 PAL, 625/50 SECAM), es preciso que en las estaciones terrenas que operan con el sistema de difusión internacional, exista un equipo que realice la conversión entre esas diferentes normas. INTELSAT recomienda que en la sección receptora de las estaciones terrenas se tenga dicho conversor de normas, para que traslade el tipo de norma recibida al tipo de norma utilizada en el sistema nacional.

La difusión nacional de televisión se realiza mediante transpondedores rentados en satélites internacionales o bien mediante satélites pertenecientes a sistemas domésticos. Como su nombre lo indica, los sistemas de satélites domésticos son sistemas que manejan exclusivamente el tráfico nacional de comunicaciones. Las estaciones terrenas que trabajan en sistemas domésticos pueden ser de dos tipos:

a) El primer tipo corresponde a las estaciones terrenas transmisoras/receptoras, que manejan televisión, telefonía y datos.

b) El segundo tipo corresponde a las estaciones terrenas que son conocidas con el nombre de estaciones terrenas TVRO. La estación TVRO o estación terrena receptora únicamente de televisión, es una estación utilizada única y exclusivamente para recibir señales de televisión provenientes de satélites geoestacionarios y no cumple con las normas fijadas para las estaciones terrenas A, B o C. Este tipo de estaciones son menos costosas que las estaciones transmisoras/receptoras, y generalmente poseen antenas parabólicas de diámetros no muy grandes (típicamente menores de 10 m.).

El término "estación terrena TVRO" posee una acepción muy amplia, puesto que engloba sistemas que trabajan dentro de condiciones muy variadas en lo referente a : diámetros de antenas, frecuencias de recepción y temperaturas de ruido.

Las estaciones terrenas TVRO se pueden clasificar, en función del tipo de servicio prestado, en tres categorías principales, las cuales ahora sólo mencionaremos, dejando su análisis para una parte posterior de este capítulo. Esas categorías son: estación TVRO regional, estación TVRO comunitaria y estación TVRO individual.

En este punto cabe mencionar que durante los últimos años ha estado bajo investigación un nuevo tipo de satélites, que se puede englobar dentro de los sistemas domésticos, pero que proveerá un tipo muy especial de servicio. Este tipo de satélites, que pronto estarán en operación, se han denominado satélites de radiodifusión directa, y están siendo diseñados para transmitir únicamente señales de televisión, utilizando para ello una banda especial de frecuencias y transpondedores de alta potencia. Debido a esas características tan particulares, las estaciones TVRO que trabajen con este tipo de satélites, podrán utilizar antenas de diámetro reducido; entre 0.7 y 1.5 metros típicamente. Dada la gran importancia, tanto tecnológica como comercial que tendrá este nuevo tipo de satélites, es conveniente realizar un estudio profundo sobre ellos, por lo cual, dedicaremos un capítulo posterior de este trabajo a ese análisis.

### 3.1.- CARACTERISTICAS DE LA TRANSMISION DE SEÑALES DE TELEVISION VIA SATELITE.

#### 3.1.1.- Características generales

En los sistemas actuales de televisión vía satélite existen dos formas mediante las cuales pueden ser transmitidas las señales de imagen y audio (la señal de imagen es una señal compuesta por la señal de video y las señales de sincronización); dichas formas son conocidas como: transmisión sobre una sola portadora y transmisión sobre portadoras separadas.

En el primer tipo de transmisión mencionado, la señal de audio y la señal de imagen son transmitidas sobre una sola portadora de radiofrecuencia, lo cual se logra utilizando el método de subportadora de FM. La técnica en sí es la siguiente: la señal de televisión que proviene del sistema de comunicación terrestre llega a la estación terrena, donde se demodula, y las señales de imagen y audio son trasladadas a banda base; ahora, la señal

de audio en banda base se pasa a través de un filtro paso bajas para limitar la frecuencia de audio a 15 KHz, enseguida es preacentuada y posteriormente se pasa al modulador de frecuencia; una vez que la subportadora ha sido modulada en frecuencia por la señal de audio, ésta se multicanaliza con la señal de imagen en banda base, obteniéndose una señal compuesta formada por la señal de imagen y la señal de audio. A esta señal compuesta se le llama señal de televisión en banda base.

Obtenida la señal de televisión en banda base, ésta es preacentuada, modulada en frecuencia y amplificada, para posteriormente ser radiada hacia el satélite.

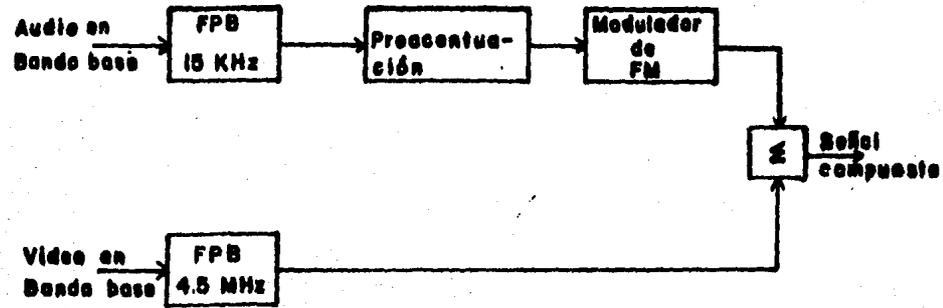
En la figura 3.1.a. se ilustra el método de subportadora de FM, para la transmisión sobre una sola portadora. En la recepción, el proceso simplemente se invierte, como se muestra en la figura 3.1.b..

La transmisión sobre una sola portadora es muy empleada actualmente, puesto que posee la ventaja de transportar sobre una sola señal compuesta la información de imagen y audio. La mayoría de las estaciones terrenas TVRO reciben señales de televisión que tienen este tipo de procesamiento.

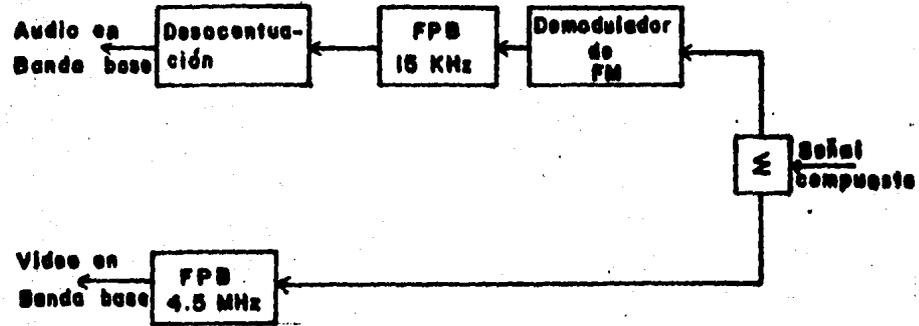
La técnica de la subportadora de FM se ha desarrollado tanto, que en la actualidad es posible transmitir varios canales de audio multicanalizados con la señal de imagen; inclusive, existen métodos en los cuales la subportadora es modulada digitalmente por las señales de audio. Este punto es importante, pues con base en él se ha logrado la radiodifusión con dos señales de audio, lo que permite la recepción de programas con sonido estereofónico o bilingüe (como es el caso, por ejemplo, de Japón).

La frecuencia utilizada para la subportadora de audio no ha sido fijada por el CCIR, pero se recomiendan frecuencias que estén entre los 5.6 y 6.8 MHz. Estas frecuencias han sido escogidas en base al análisis efectuado sobre la característica de intermodulación en el sistema y sobre el impacto en la relación señal de video a ruido.

Como un ejemplo de esta técnica, se puede citar el informe 412-3 de CCIR, en donde se describen dos métodos que están siendo empleados en los Estados Unidos, en los cuales se utilizan subportadoras para multicanalizar transmisiones radiofónicas de alta calidad con la señal de imagen para el sistema de 525 líneas.



a) Trayectoria de transmisión



b) Trayectoria de recepción

Fig. 3.1. Método de subportadora de FM.

El método 1 emplea dos subportadoras de 5.8 y 6.4 MHz respectivamente, cada una de las cuales es modulada en frecuencia, proporcionando dos circuitos radiofónicos con un ancho de banda de 15 KHz cada uno.

El método 2 emplea una subportadora de 5.5 MHz que se modula en 4 fases mediante una señal digital y que permite codificar cuatro circuitos radiofónicos con un ancho de banda de 15 KHz cada uno.

En la técnica de transmisión sobre portadoras separadas, la señal de imagen y la señal de audio son utilizadas para modular en frecuencia dos portadoras diferentes. El procesamiento seguido para poder radiar cada una de estas dos señales hacia el satélite, es muy parecido al que se lleva a cabo en la técnica de transmisión sobre una sola portadora, la única diferencia que se tiene es, que en este caso no existe la multicanalización de las señales de imagen y de audio.

La técnica de transmisión sobre portadoras separadas fué la primera que se utilizó en las transmisiones de televisión vía satélite, y aún cuando hoy en día la transmisión sobre una sola portadora es ampliamente utilizada, esta técnica no tiende a desaparecer, pues ella proporciona dos ventajas principales, que son:

- a) Incremento en el ancho de banda de guarda entre audio e imagen.
- b) Permite el preacentuamiento individual en cada una de las dos señales.

### 3.1.2.- Video de transpondedor completo y Video de medio transpondedor

Para poder definir completamente la forma en la cual una señal de televisión es difundida a través de un sistema de comunicación vía satélite, es necesario conocer tanto el ancho de banda del transpondedor que es ocupado por la señal como el tipo de transmisión utilizado. En la actualidad, existen dos técnicas mediante las cuales una señal de televisión puede ocupar el ancho de banda de los transpondedores de los satélites, dichas técnicas son conocidas como: Video de transpondedor completo y Video de medio transpondedor. Aunque el nombre con que fueron bautizadas estas técnicas, hace alusión únicamente a la señal de video, ellas pueden ser utilizadas indistintamente con cualquiera de los dos tipos de transmisión existentes (transmisión sobre una sola portadora y transmisión sobre portadoras separadas).

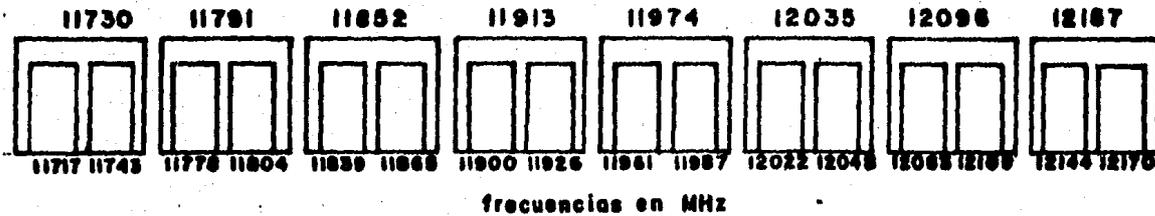
Es importante hacer notar que aún y cuando ambas técnicas fueron diseñadas en un principio para utilizar un ancho de banda bien definido (36 MHz para el video de transpondedor completo y 17.5 MHz para el video de medio transpondedor), actualmente esa situación ha cambiado; debido principalmente a los nuevos requerimientos que han surgido, así como de las nuevas técnicas y nuevos campos que se han desarrollado.

Así por ejemplo, en el sistema INTELSAT se utiliza un ancho de banda de 30 MHz para el video de transpondedor completo, y un ancho de banda de 17.5 MHz para el video de medio transpondedor, cuando en ambos casos se utiliza la transmisión sobre una sola portadora. En el caso en el que se utiliza la transmisión sobre portadoras separadas, el ancho de banda utilizado por INTELSAT para video de transpondedor completo es aproximadamente 34 MHz, siendo utilizados 30 MHz por la señal de imagen, 2.5 por la señal de audio y 1.5 MHz como banda de guarda entre ambas; para video de medio transpondedor, el ancho de banda sigue siendo de 17.5 MHz, solo que es este caso el ancho de banda corresponde únicamente a la señal de imagen, teniendo que ocupar las señales asociadas de audio un lugar en otro transpondedor.

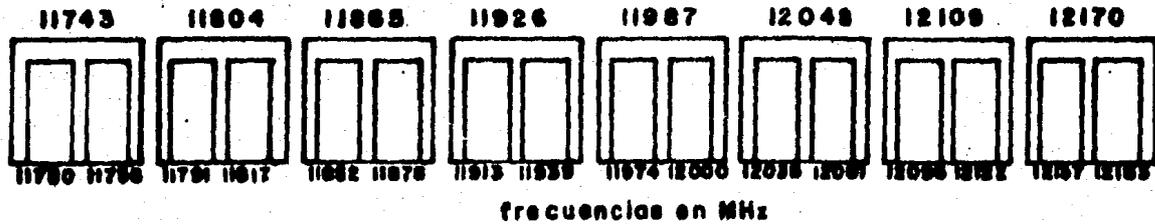
El satélite ANIK C-3 que opera en la banda Ku y que es un satélite de difusión de televisión, emplea la técnica de video de medio transpondedor con transmisión sobre una sola portadora, utilizando un ancho de banda de 27 MHz. En la figura 3.2. se presenta el plan de frecuencias utilizado por este satélite.

En los satélites de radiodifusión directa que pronto estarán en operación, se empleará la técnica de video de transpondedor completo con transmisión sobre una sola portadora, utilizándose un ancho de banda de 24 MHz.

Dentro de los dos tipos de transmisión que pueden ser empleados con la técnica de video de transpondedor completo, el más utilizado actualmente es el de transmisión sobre una sola portadora. Esto se debe a que, si consideramos que con ambos tipos de transmisión empleamos el ancho de banda total del transpondedor; en el tipo de transmisión sobre dos portadoras el transpondedor no podrá ser utilizado en saturación, mientras que en la transmisión sobre una sola portadora sí se podrá utilizar el transpondedor en saturación; esto representa una potencia de salida mayor para la transmisión



a) Polarización vertical



b) Polarización horizontal

Fig. 3.2. Plan de frecuencias del satélite ANIK C-3.

sobre una sola portadora, lo que se traduce en una mejor relación portadora a ruido en el extremo receptor.

En la tabla 3.I. se presenta como ejemplo, las características para video de transpondedor completo y para video de medio transpondedor con las cuales opera el sistema INTELSAT.

	Transpondedor completo		Medio transpondedor	
Ancho de banda asignado en el satélite (MHz)	30		17.5	
Ancho de banda del receptor (MHz)	30		17.5	
Tipo de sistema	525/60	625/50	525/60	625/50
Ancho de banda del video (MHz)	4.2	6.0	4.2	6.0
Desviación de frecuencia (MHz)	6.8	5.1	4.75	4.22
Ganancia diferencial (%)	10	10	10	10
Fase diferencial (grados)	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 4$

TABLA 3.I. Parámetros de transmisión de la señal de imagen para el sistema INTELSAT.

La ganancia diferencial y la fase diferencial son factores que sirven como indicadores del grado de intermodulación que existe entre la señal de luminiscencia y la señal de crominancia; esta intermodulación es debida a las características no lineales de los elementos del sistema. La ganancia diferencial se define como la variación que sufre la amplitud de la subportadora de crominancia debido a la variación en amplitud de la señal de luminiscencia. La fase diferencial se define como la variación que sufre la --

fase de la subportadora de prominencia debido a la variación en la amplitud de la señal de luminiscencia.

Como ya vimos, existen sistemas en los cuales el video de transpondedor completo no utiliza el ancho de banda total del transpondedor, esto ocurre principalmente en los casos en los cuales se emplea la transmisión sobre una sola portadora. En este tipo de situaciones es muy común el utilizar el ancho de banda restante para enviar otro tipo de información, siendo lo más común, enviar programas de radio. Pero cuando esta situación se presenta, se pierde la ventaja del video de transpondedor completo con transmisión sobre una sola portadora, pues al ocupar el transpondedor más de una portadora, éste ya no puede trabajarse en saturación. Después de años de investigaciones, se ha encontrado una técnica conocida como video plus, que permite la utilización del ancho de banda que queda libre en los transpondedores, sin afectar la relación portadora a ruido de la señal de televisión.

La técnica de video plus no es en realidad muy sofisticada, pues en ella lo único que se hace es enviar un número no muy grande de portadoras SCPC digitales para ocupar casi la totalidad del ancho de banda no utilizado. Esta técnica no es una técnica de subportadoras, puesto que las portadoras SCPC con las cuales comparte la portadora de video el transpondedor (se llama portadora de video a la portadora que es modulada en frecuencia por la señal de televisión), pueden ser transmitidas desde estaciones terrenas ajenas a la estación terrena que está enviando la señal de televisión.

En la técnica de video plus el uso conjunto de un transpondedor entre la portadora de video y las portadoras SCPC se logra sin interferencia entre señales, gracias a la baja potencia de las portadoras SCPC respecto a la portadora de video, y a la utilización de portadoras SCPC digitales. No obstante, la técnica tiene sus limitaciones, pues debido a que existe más de una portadora la potencia del transpondedor debe ser compartida entre todas ellas, por lo que existe un punto límite en el cual la degradación de la señal de televisión empieza a ocurrir. Este límite debe ser cuidadosamente controlado para que la calidad de la señal de televisión sea preservada en todos los sitios receptores. Las pruebas de laboratorio y las pruebas con el satélite muestran que 20 portadoras SCPC digitales de 56 Kb/s

pueden ser transmitidas simultáneamente con una señal de televisión sin que exista interferencia o degradación en cualquiera de las señales.

El punto más importante de esta técnica es que a pesar de estar utilizándose varias portadoras por transpondedor, éste puede seguir operando en saturación. Esto se debe a que el nivel de potencia requerido por las portadoras SCPC es muy bajo comparado con el nivel de potencia de la portadora de video (alrededor de 30 dB más abajo).

En la figura 3.3. se muestra el plan de frecuencias de un transpondedor de 36 MHz al que se tiene acceso mediante la técnica de video plus; las portadoras SCPC ocupan los primeros 5 MHz y la señal de televisión ocupa los últimos 30 MHz, dejándose entre ambos una banda de guarda de 1 MHz.

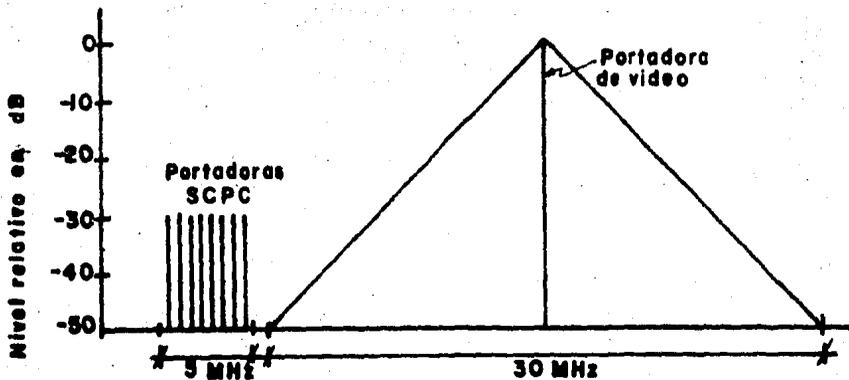


Fig. 3.3. Plan de frecuencias de un transpondedor que utiliza la técnica de video plus.

En lo referente a la técnica de video de medio transpondedor, podemos decir que es utilizada prácticamente en el 100 % de los casos en conjunción con la transmisión sobre una sola portadora. Esta técnica se desarrolló con el fin de poder aumentar el número de señales de televisión transmitidas por satélite, sin tener que aumentar el número de transpondedores dedicados a ellas, y ha tenido tal éxito, que una buena parte de la difusión de televisión vía satélite emplea esta técnica. INTELSAT ha estado utilizando desde algunos años atrás esta técnica, empleando un ancho de banda para cada una de las señales de televisión de 17.5 MHz, dejando entre ellas una banda de guarda de 1 MHz. En este caso la señal de audio asociada a cada señal de imagen, modula en frecuencia a su propia subportadora; la subportadora de audio de la señal de imagen número uno, tiene una frecuencia de 6.6 MHz, y la de la señal de imagen número dos tiene una frecuencia de 6.65 MHz.

Frecuencia superior en banda base (KHz)	15.0
Ancho de banda ocupado (KHz)	875.0
Desviación de frecuencia (KHz)	150.0
Frecuencia de la subportadora (MHz)	6.60 canal 1 +
	6.65 canal 2 ++
Nivel de subportadora (mV <sub>p-p</sub> )	100.0
C/N <sub>0</sub> (dB-Hz)	69.7

+ Para la porción inferior del transpondedor

++ Para la porción superior del transpondedor

TABLA 3.II. Parámetros principales de la señal de audio para el sistema INTELSAT.

El precio que se tiene que pagar por el uso de la técnica de video de medio transpondedor, es la reducción de la relación señal a ruido, pues esta relación es alrededor de 10 dB más baja que la correspondiente al video de transpondedor completo, asumiendo que las estaciones terrenas tienen la misma G/T en ambos casos.

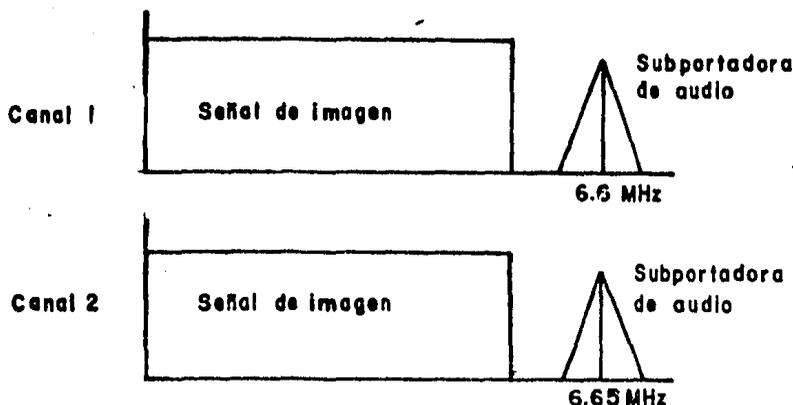


Fig. 3.4. Arreglo de frecuencias para la subportadora de audio en el sistema INTELSAT.

Existen dos razones para esta reducción en la calidad de la señal recibida. Primero, el ancho de banda de transmisión para cada señal es menor que el disponible en la técnica de video de transpondedor completo, por lo cual la máxima desviación de frecuencia de la portadora de FM es menor, y por lo tanto la intensidad de la señal también es menor (hay que recordar que la intensidad de una señal detectada en FM depende de la máxima desviación de frecuencia). Segundo, puesto que hay dos portadoras usando el mismo transpondedor, la potencia del transpondedor debe ser reducida para evitar problemas de intermodulación, por lo cual el PIRE total disponible para cada señal es menor que el disponible para una sola portadora por transpondedor.

### 3.1.3.- Preacentuación y Desacentuación

Adicionalmente al ruido térmico o ruido blanco, los sistemas de transmisión que utilizan modulación en frecuencia se ven afectados por un tipo especial de ruido que es conocido con el nombre de ruido triangular. El ruido triangular recibe este nombre debido a que su espectro de voltaje tiene precisamente forma triangular, o mejor dicho tiene forma de rampa; mientras que su espectro de potencia posee una característica parabólica.

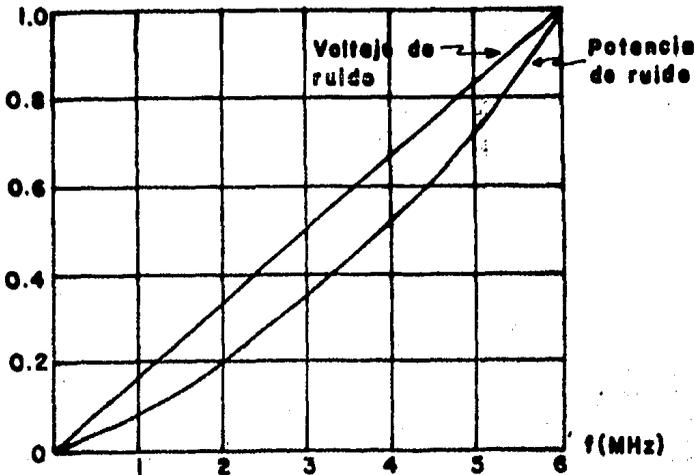


Fig. 3.5. Ruido triangular.

El ruido triangular es ocasionado por los circuitos demoduladores de FM, debido a la característica parabólica de la potencia de ruido de postdetección que poseen todos ellos. Este tipo de ruido, como podemos observar en la figura 3.5., es proporcional a la frecuencia; es decir, mientras más alta es la frecuencia, más alto es también el voltaje de ruido. El resultado directo de este tipo de comportamiento es una reducción en la relación señal a ruido conforme la frecuencia aumenta. Ahora bien, debido a que es importante poder tener una relación señal a ruido esencialmente constante en el receptor, es necesaria la utilización de alguna técnica que permita compensar el ruido triangular haciendo que la relación señal a ruido no dependa de la frecuencia.

La técnica utilizada para compensar al ruido triangular consiste en la utilización de las denominadas redes de preacentuación y de desacentuación; estas redes son redes pasivas mediante las cuales la señal es procesada en banda base. La red de desacentuación se encuentra localizada a la salida del demodulador de FM, y posee una característica tal que su ganancia va disminuyendo conforme la frecuencia aumenta; esta característica de

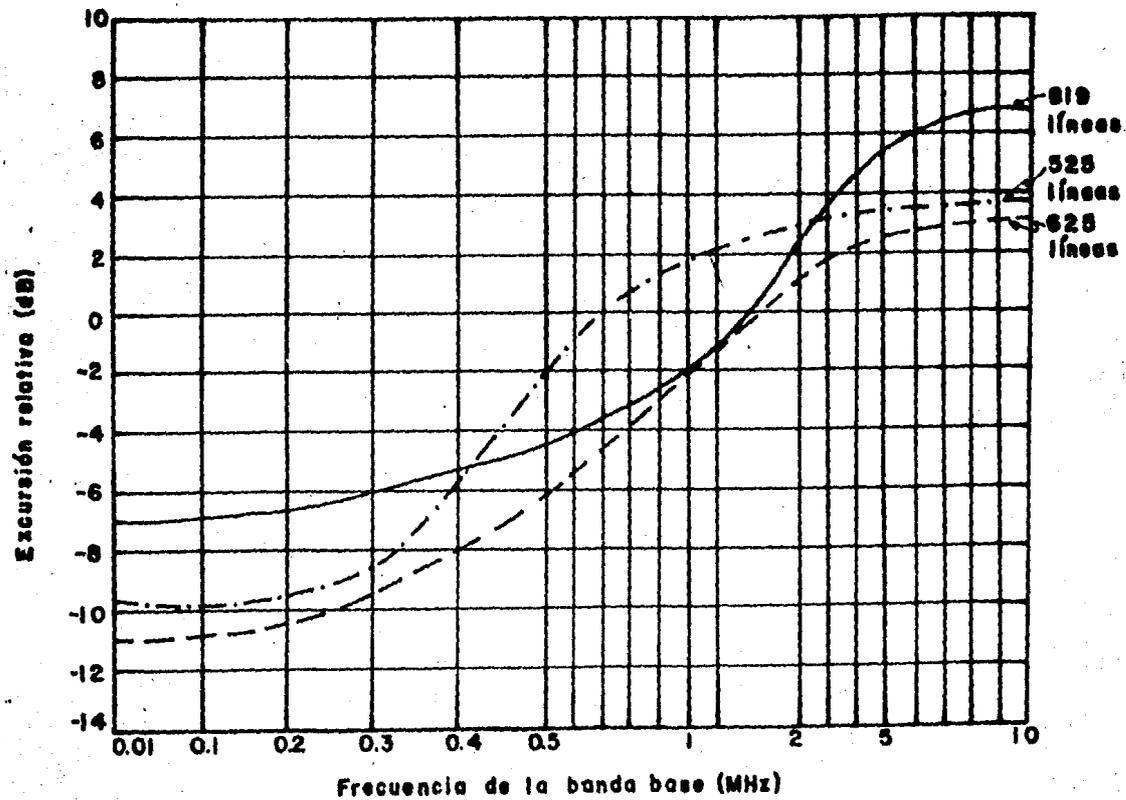


Fig. 3.6. Características de preacentuación para sistemas televisión de 525, 625 y 819 líneas.

comportamiento provoca que a frecuencias altas en donde el voltaje de ruido triangular es alto se tenga la mínima ganancia, disminuyendo así el voltaje de ruido en las frecuencias altas, pero atenuando también al mismo tiempo las frecuencias altas que corresponden a la señal de interés, lo cual provoca distorsión en la señal de salida. Para compensar esta distorsión provocada por el desacentuamiento se utiliza la red de preacentuación en el extremo transmisor, la cual está colocada antes del modulador de FM. La característica de la red de preacentuación es exactamente inversa a la de la red de desacentuación, de tal manera que si colocamos ambas redes en cascada, la señal de salida resultará una señal plana.

Tanto los circuitos como las curvas características utilizadas para la preacentuación y la desacentuación, son obtenidas de las recomendaciones del CCIR y del CCITT. Para la señal de audio asociada a una señal de imagen las características de preacentuación y desacentuación deben concordar con la recomendación J.17 del CCITT. Para la señal de imagen, la preacentuación y desacentuación deben ser hechos de acuerdo a la recomendación 405-1 del CCIR. En la figura 3.6. se muestra la curva característica de preacentuación, y en las figuras 3.7 y 3.8 se presentan los circuitos de preacentuación y desacentuación respectivamente, contenidos en la recomendación 405-1 del CCIR.

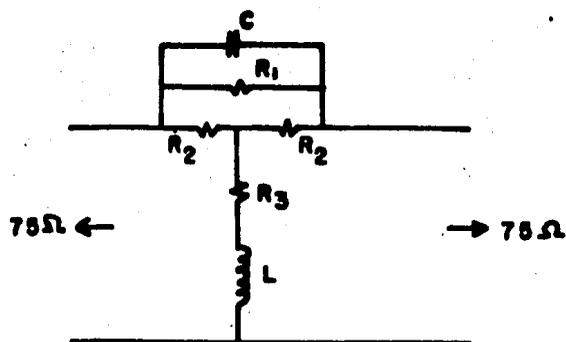


Fig. 3.7. Red de preacentuación para televisión.

Número de líneas	525	625	819
L ( $\mu\text{H}$ )	17.35	9.24	4.77
C (pF)	3085	1695	847.5
$R_1$ ( $\Omega$ )	275.8	300	300
$R_2$ ( $\Omega$ )	75	75	75
$R_3$ ( $\Omega$ )	20.4	18.75	18.75

TABLA 3.III. Valores de los elementos de la red de preacentuación para televisión.

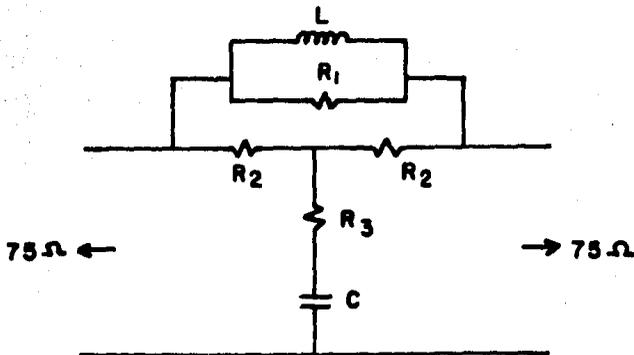


Fig. 3.8. Red de desacentuación para televisión.

Número de líneas	525	625	819
L ( $\mu\text{H}$ )	50.16	30.53	15.26
C (pF)	8917	5424	2712
$R_1$ ( $\Omega$ )	275.8	300	300
$R_2$ ( $\Omega$ )	75	75	75
$R_3$ ( $\Omega$ )	20.4	18.75	18.75

TABLA 3.IV. Valores de los elementos de la red desacentuación para televisión.

### 3.1.4.- Ponderación

El ruido es un problema común que afecta a todos los sistemas eléctricos de comunicación, y que es imposible eliminar. Por esta razón es importante poder cuantificar el efecto que tiene el ruido sobre los diferentes sistemas de comunicación; al realizar la cuantificación, la cantidad de interés no es únicamente la potencia absoluta de ruido, también se debe tomar en cuenta el efecto que sobre el receptor final tiene el ruido en sus diferentes formas.

Por ejemplo, sabemos que la sensibilidad del ser humano no es igual en todo el rango de las frecuencias audibles, lo cual implica que aquellas frecuencias en las que se tiene la mayor sensibilidad se puede aceptar una cantidad mayor de ruido que en aquellas en donde la sensibilidad es menor. Este comportamiento nos obliga a tratar de igualar el efecto de interferencia del ruido en toda la gama de frecuencias de interés. A este proceso de igualación se le conoce como ponderación del ruido.

Para cada tipo de utilización (por ejemplo, canales telefónicos o señales de televisión) se dispone de una curva especial de ponderación. Estas curvas son encontradas por medio de experimentos subjetivos.

Las redes de ponderación se encuentran localizadas en el extremo receptor, y se colocan después del demodulador; en el caso de que se esté utilizando una red de desacentuación, la red de ponderación se sitúa después de ésta.

La relación señal a ruido se modifica cuando se utiliza una red de ponderación. Para obtener la relación señal a ruido ponderado en un sistema de comunicación determinado, se añade a la relación señal a ruido no ponderado el factor de ponderación adecuado.

En la recomendación 567-1 del CCIR se especifican las características de la curva de ponderación unificada, utilizada para los sistemas de televisión. En la figura 3.9. se muestra la curva de ponderación unificada, y en la figura 3.10. se puede observar el circuito de la red utilizada para obtenerla.

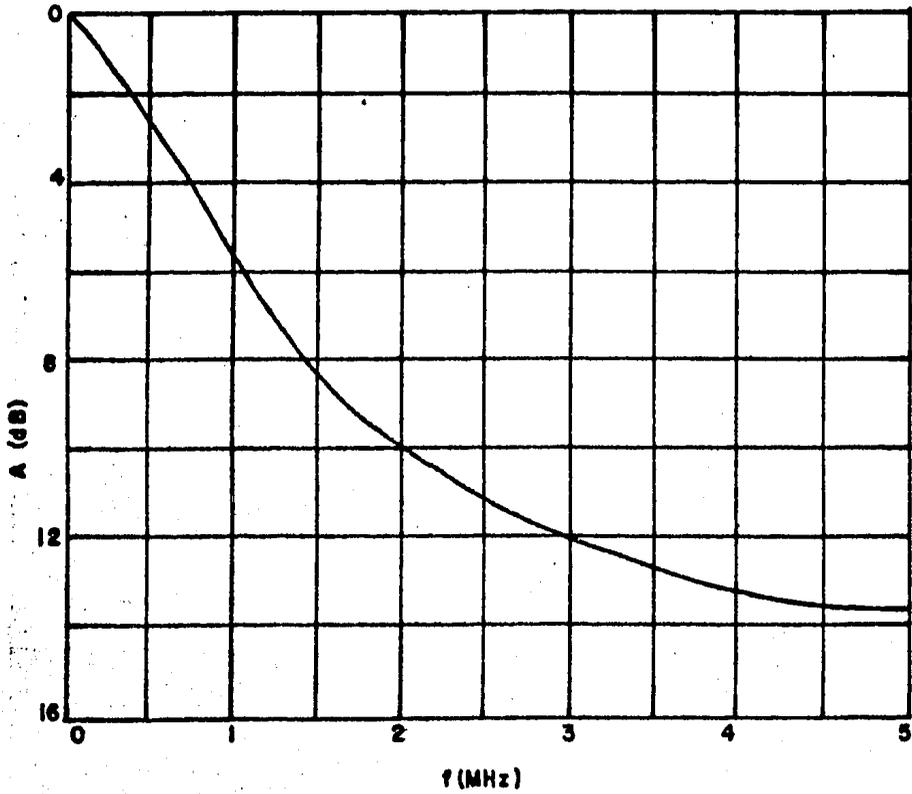


Fig. 3.9. Característica de ponderación unificada.

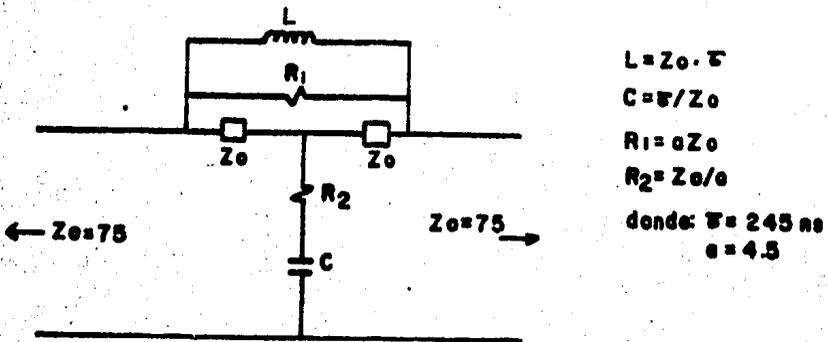


Fig. 3.10. Configuración de la red de ponderación unificada.

Los factores de conversión debidos a las redes de ponderación y de desacentuación son dados por el informe 637-2 del CCIR, y se muestran en la tabla 3.V..

En esta tabla se dan los factores de conversión para los sistemas de televisión de 525 y 625 líneas; tomando en cuenta dentro de cada tipo de sistema, los diferentes anchos de banda que son utilizados para colocar la señal de imagen. Estos factores de conversión están dados tanto para la curva de ponderación unificada, que es la utilizada hoy en día, como para las diferentes curvas de ponderación que existen para cada tipo de sistema y que se utilizaban hasta antes de la aparición de la curva de ponderación unificada.

Los factores de desacentuación están dados tanto para ruido blanco como para ruido triangular; se puede observar que estos factores en el caso del ruido blanco son negativos (se trata de atenuaciones). debido a que como recordaremos las redes de desacentuación están diseñadas para combatir los efectos del ruido triangular y no del ruido blanco.

Los factores de ponderación están dados para ruido blanco, ruido triangular, ruido blanco con desacentuación y ruido triangular con desacentuación. Se debe observar que la ganancia obtenida para los dos primeros casos es mayor que la obtenida para los dos últimos; esto se debe a que cuando una señal ha sido pasada a través de una red de desacentuación, las frecuencias altas de ruido triangular son atenuadas grandemente, por lo que se modifica el espectro del ruido y hace que la ganancia obtenida al pasarla por una red de ponderación sea menor que la obtenida con una señal no desacentuada.

Por último, las dos columnas finales nos dan los factores de conversión debidos a la utilización conjunta de las redes de desacentuación y de ponderación; el factor de ruido blanco es obtenido sumando el factor de desacentuación para ruido blanco y el factor de ponderación para ruido blanco con desacentuación; el factor para ruido triangular es obtenido sumando el factor de desacentuación para ruido triangular y el factor de ponderación para ruido triangular con desacentuación.

Anchura de banda de medición (MHz)	Ponderación	Factores de desacentuación (dB)		Factores de ponderación (dB)				Factores de ponderación y de desacentuación (dB)	
		a) Ruido blanco F <sub>W</sub>	b) Ruido triangular F <sub>T</sub>	c) Ruido blanco F <sub>W</sub>	d) Ruido triangular F <sub>T</sub>	e) Ruido blanco con desacentuación F <sub>WDW</sub>	f) Ruido triangular con desacentuación F <sub>WDT</sub>	g) Ruido blanco F <sub>W</sub>	h) Ruido triangular F <sub>T</sub>
		525 líneas							
4.2	M	-0.4	2.9	6.2	10.3	2.7	9.9	2.3	12.9
4.2	Unificado	-0.4	2.9	6.8	11.5	2.7	10.9	2.3	13.8
5.0	Unificado	0.0	3.1	7.4	12.2	3.3	11.7	3.3	14.9
		625 líneas							
5.0	B,C,G,H	-2.1	2.0	8.5	16.3	3.1	14.3	1.0	16.3
5.0	I (luminancia)	-2.1	2.0	6.5	12.3	2.3	10.9	0.2	12.9
5.0	I (crominancia)	-2.1	2.0	4.8	0.8	9.4	1.3	7.3	3.3
5.0	Unificado	-2.1	2.0	7.4	12.2	3.0	11.2	0.9	13.2
6.0	D,K,L	-1.6	2.3	9.3	17.7	3.5	15.8	1.9	18.1
6.0	Unificado	-1.6	2.3	8.2	14.6	3.2	13.3	1.6	15.6
6.0	Unificado	-1.6	2.3	8.0	12.8	3.3	12.0	1.7	14.3

0499  
0499

TABLA 3.V.- Factores de conversión debidos a las redes de ponderación y de desacentuación

### 3.2.- ESTACIONES TERRENAS RECEPTORAS ÚNICAMENTE DE TELEVISIÓN.

Las estaciones terrenas receptoras únicamente de televisión o TVRO, - deben su nombre al hecho de estar diseñadas para recibir única y exclusivamente señales de televisión provenientes de satélites geostacionarios. — Este tipo de estaciones prestan en la actualidad una cantidad variada de — servicios, debido a lo cual cada estación terrena TVRO posee característi- cas particulares, en lo referente sobre todo a el diámetro de antena, tempe- ratura de ruido del sistema y la frecuencia de recepción (recepción en ban- da C o en banda Ku).

En función de estas particularidades, se puede decir que las únicas — características comunes a todas las estaciones terrenas TVRO, son las — siguientes:

- a) Son estaciones diseñadas para recibir únicamente televisión.
- b) Debido a que trabajan por lo general con satélites pertenecientes a - sistemas domésticos que poseen una FINE alta, las estaciones terrenas TVRO tienen figuras de mérito  $G/T$  que son menores a los 30 dB/K. Por lo que — ninguna de estas estaciones cumple con las especificaciones fijadas para — las estaciones de tipo estándar A, B o C.

La calidad de la señal de televisión en todas las estaciones terrenas TVRO es en términos generales buena, sin embargo no podemos hablar de un — valor único de la relación señal de video a ruido  $S_v/N$ , debido a que la — figura de mérito  $G/T$  puede variar en este tipo de estaciones en un rango — de entre los 10 y 30 dB/K. El valor exacto está en función de la utiliza- ción a la que este destinada la estación terrena TVRO.

Ahora bien, es importante recordar que la relación  $S_v/N$  es una función de la relación portadora a ruido  $C/N$ , de la máxima frecuencia de la señal - de televisión en banda base, de la desviación de frecuencia utilizada en la modulación, del ancho de banda ocupado por el ruido en frecuencia interme- dia y de las redes de desacentuación y de ponderación utilizadas. En un — sistema dado, todos estos parámetros son fijos excepto la relación portado- ra a ruido. La relación  $C/N$  depende de la densidad de flujo de potencia — recibida por el satélite, la  $G/T$  y FINE del satélite, la frecuencia utili- sada y de la  $G/T$  de la estación terrena receptora; todos estos parámetros,

exceptuando la  $G/T$  de la estación TVRO, son constantes para un sistema — dado. Por estas razones, para un sistema TVRO específico, se considera que que la relación  $S_v/N$  varía en función directa de la  $G/T$  de la estación — TVRO.

En la tabla 3.VI. se muestran los valores de  $G/T$ ,  $C/N$  y  $S_v/N$  para estaciones TVRO con antenas de diferentes diámetros, que se encuentran trabajando en la banda C dentro del sistema TELESAT. En la tabla 3.VII. se dan los valores de los mismos parámetros, para estaciones TVRO trabajando en la banda Ku dentro del sistema INTELSAT.

Diámetro de la antena	Rx $G/T$ (dB/K)	Rx BW (MHz)	Relación $C/N$ (dB)	Relación $S_v/N$ (dB)
10 m.	28.5	27	16	54
8 m.	26.5	27	15	53
4.5 m.	21.5	27	12.6	49
3.7 m.	18.5	27	11.7	46

TABLA 3.VI. Parámetros de estaciones TVRO trabajando en la banda C (TELESAT).

Diámetro de la antena	Rx $G/T$ (dB/K)	Rx BW (MHz)	Relación $C/N$ (dB)	Relación $S_v/N$ (dB)
8 m.	33	27	15.7	50
4.5 m.	29	27	14.0	48
4.0 m.	27	27	13.3	44

TABLA 3.VII. Parámetros de estaciones TVRO trabajando en la banda Ku (TELESAT).

No obstante la cantidad de características que pueden poseer las estaciones TVRO, estas se pueden clasificar en forma general en tres categorías en función del tipo de servicio prestado. Estas tres categorías son: estación TVRO regional, estación TVRO comunitaria y estación TVRO individual.

### 3.2.1.- Estaciones TVRO Regionales

Las estaciones TVRO que se encuentran clasificadas dentro de la categoría regional son estaciones que forman parte del sistema de repetidoras de televisión, por lo que están diseñadas para recibir y procesar las señales de televisión que provienen del satélite con el objeto de entregarlas a pequeñas estaciones repetidoras que se encuentran en sus cercanías, mismas que se encargan de retransmitir dichas señales de televisión en VHF o UHF a la región circundante, haciendo posible así la utilización de las clásicas antenas Yagi o logarítmicas en la recepción final.

De entre las tres categorías en las que se ha clasificado, la estación terrena TVRO regional fue la primera en aparecer, debido a la necesidad imperante de llevar programas de televisión educativa a regiones en donde el acceso por medio de microondas terrestres era difícil. Debido a esta característica de permitir el acceso de señales de televisión a las zonas más recónditas de un país dado, este tipo de estaciones forman parte importante de los sistemas nacionales de comunicación.

La que se puede considerar como la era de las estaciones TVRO regionales se inició a mediados de la década de los 70's, con el surgimiento de estaciones de este tipo en Canadá, Los Estados Unidos, Indonesia y algunos países del bloque socialista. Durante estos primeros años las estaciones TVRO regionales se caracterizaron por operar exclusivamente con satélites domésticos, ya que éstos eran los únicos capaces de proporcionar la suficiente potencia para obtener una señal de buena calidad. Sin embargo, con el paso del tiempo esta situación ha cambiado, y actualmente el uso de las estaciones TVRO regionales no está restringido a aquellos países que poseen satélites domésticos, pues gracias a la utilización de haces de radiación en forma de pincel y una FIRE considerable en el satélite, es posible la operación de las estaciones TVRO regionales tanto con satélites pertenecientes al sistema INTELSAT como con satélites domésticos pertenecientes a países extranjeros.

Como un ejemplo de estaciones TVRO regionales que se encuentran operando a través de transpondedores rentados en satélites INTELSAT, se pueden — mencionar los sistemas de estaciones TVRO regionales de Australia y México.

Asimismo, las estaciones TVRO de Tailandia que se encuentran operando a través de un transpondedor rentado en el satélite PALAPA B perteneciente a Indonesia, constituyen un ejemplo de estaciones TVRO regionales que trabajan con satélites domésticos pertenecientes a otros países.

El incremento en el número de las estaciones TVRO regionales que se ha venido experimentando desde hace algunos años, es una causa directa de la — relativa facilidad que existe para operar este tipo de estaciones con casi cualquier satélite geostacionario cuya PIRE sea lo suficientemente grande para permitir la recepción de una señal de buena calidad. Sin embargo, se — debe hacer notar que un buen porcentaje de las estaciones TVRO regionales — que se encuentran operando actualmente, no lo están haciendo únicamente con señales de televisión educativa sino que también están trabajando con señales de televisión comercial; dándose inclusive el caso de que existen — muchas estaciones de este tipo, que sólo manejan televisión comercial. Este hecho ha provocado que las estaciones TVRO regionales ya no se encuentren — localizadas únicamente en zonas poco accesibles e incomunicadas parcialmente, sino que ahora una buena cantidad de ellas se localizan cerca de cen— tros urbanos importantes. Debido a esta situación se pueda afirmar que las estaciones TVRO regionales han sido un factor muy importante para el surgimiento de canales de televisión con cobertura nacional.

Las estaciones TVRO regionales que se encuentran operando actualmente, lo hacen tanto en la banda C como en la banda Ku; sin embargo, esto no — implica que una sola estación trabaje en ambas bandas, sino que trabajan en la banda C algunas estaciones TVRO regionales y otras trabajan — en la banda Ku. Por esta razón, cuando se diseñan las estaciones TVRO regionales se debe especificar la banda en la cual trabaja el o los satélites — con que se pretende operar, para así seleccionar adecuadamente la frecuencia de operación del receptor de la estación terrena.

Las principales características técnicas de las estaciones TVRO regionales se discuten a continuación:

a) Relación  $S_v/N$  .- Para que la señal de televisión que se recibe en las estaciones TVRO regionales pueda ser considerada buena y adecuada para poder ser enviada a la estación repetidora que la retransmite, debe cumplirse que la relación señal de video a ruido  $S_v/N$  en la estación TVRO tenga un valor alrededor de 54 dB para video de transpondedor completo, y un valor alrededor de 48 dB para video de medio transpondedor, tratándose en ambos casos de señales en la banda C.

Debe hacerse notar que no existe ninguna recomendación por parte de los organismos pertenecientes a la UIT, en donde se especifique la relación  $S_v/N$  mínima requerida para obtener una señal de buena calidad en una estación TVRO regional. La única especificación que existe con respecto a la relación  $S_v/N$  está dada por INTELSAT para las estaciones terrenas que operan con sus satélites, cuyos valores se especifican a continuación:

- i) Sistemas 525/60 de transpondedor completo : 53.3 dB
- ii) Sistemas 625/50 de transpondedor completo : 50.1 dB
- iii) Sistemas 525/60 de medio transpondedor : 48.7 dB
- iv) Sistemas 625/50 de medio transpondedor : 47.1 dB

Por esta razón, es normal que las estaciones TVRO regionales se diseñen con relaciones  $S_v/N$  que están alrededor de los valores recomendados por INTELSAT (generalmente 1 ó 2 dB arriba o abajo del valor especificado).

La variación de los valores indicados en la relación  $S_v/N$  se debe fundamentalmente a la desviación de frecuencia que se utiliza para la modulación, cumpliéndose que para una desviación de frecuencia mayor la relación  $S_v/N$  es mayor. Sin embargo, aunque este factor es el más significativo, de ninguna manera es el único que interviene para hacer variar la relación  $S_v/N$ , pues hay que recordar que esta relación está dada por la siguiente ecuación:

$$S_v/N = C/N + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right) + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_v} \right) + W + CF$$

donde:

- $S_v/N$  = Relación señal de video a ruido.
- $C/N$  = Relación portadora a ruido, relación total del enlace.
- $\Delta F$  = Desviación de frecuencia de la señal de video.
- $f_m$  = Máxima frecuencia del video en banda base.
- $B_{IF}$  = Ancho de banda del ruido en frecuencia intermedia.

- $B_v$  = Ancho de banda del ruido en banda base.  
 $W$  = Factor de mejoramiento debido a las redes de desacentuación y de ponderación.  
 $CF$  = Factor de conversión de la señal de video de un valor rms a un valor pico a pico.

El factor  $CF$  se debe a que el CCIR recomienda que la relación señal de video a ruido sea expresado en términos de la relación:

señal de luminiscencia pico a pico / ruido

Para una señal senoidal la relación de potencia de los valores pico a pico y rms es igual a ocho, y dado que el valor pico a pico de la componente de luminiscencia es 0.707 del valor pico a pico de la señal compuesta de video (señal de video + señales de sincronía), encontramos que la relación señal de video a ruido debe ser multiplicada por un factor de valor 6 para que se cumpla con la recomendación del CCIR. Cuando se está trabajando con dB, se debe sumar el valor de 6.

La ecuación para la relación señal de video a ruido es completamente general, por lo que puede emplearse para calcular la relación  $S_v/N$  de cualquier enlace de televisión vía satélite, ya que en ella están contemplados todos los factores que varían de un sistema a otro; así por ejemplo, la frecuencia en la cual transmite el satélite está involucrada en la relación  $C/N$ , el tipo de sistema de televisión utilizado (NTSC, PAL o SECAM) está involucrado en los factores  $f_m$  y  $W$ , la utilización de transpondedor completo o medio transpondedor está involucrado en  $B_{IF}$  y en  $C/N$ , y las diferentes desviaciones de frecuencia utilizadas están involucradas en el factor  $F$ .

Ahora bien, puede parecer que lo expresado anteriormente está en desacuerdo con lo mencionado en la introducción correspondiente a las estaciones terrenas TVRO, en el sentido de considerar que la relación  $S_v/N$  varía de acuerdo con la  $G/T$  de la estación terrena. Sin embargo, esto no es cierto y la contradicción es solo aparente, pues para un sistema dado todos los factores que intervienen en la ecuación de la relación  $S_v/N$  son constantes, siendo la única variable la relación  $C/N$ , la cual para el mismo sistema dado sólo depende de la  $G/T$  de la estación TVRO.

b) Figura de mérito G/T .- La figura de mérito de las estaciones TVRO regionales varía en forma típica entre 25 y 30 dB/K, en función de la relación  $S_v/N$  con la que se esté trabajando. Así por ejemplo, cuando se diseña una estación de este tipo, el punto de partida lo constituye la relación  $S_v/N$  que se desee obtener, y dado que todos los demás factores deben ser fijos y conocidos, se procede a calcular la figura de mérito necesaria para lograr la relación  $S_v/N$  especificada. Una vez obtenida esta figura de mérito, se calculan el diámetro de la antena y la temperatura de ruido del sistema receptor necesarios para cumplir con la figura de mérito calculada.

c) Antenas y amplificadores de bajo ruido .- Las estaciones TVRO regionales poseen antenas parabólicas cuyos diámetros varían típicamente entre 5 y 10 m., y utilizan amplificadores de bajo ruido que tienen por lo general una temperatura de ruido de alrededor de 80 K.

Las estaciones TVRO regionales son estaciones que se consideran de bajo costo, si se les compara con las estaciones terrenas transmisoras/receptoras que pertenecen a los sistemas domésticos, pues las estaciones TVRO regionales poseen únicamente el equipo necesario para recibir televisión, y aunque algunas veces tienen equipo redundante, su costo no se puede comparar con el de una estación transmisora/receptora.

En la figura 3.11. se muestra la configuración típica de una estación TVRO regional básica, y el diagrama de bloques del receptor utilizado en ella. En la figura 3.12. se presenta la configuración de una estación TVRO con equipo redundante.

Habiéndose analizado las características tanto técnicas como de operación de las estaciones TVRO regionales, se procederá ahora a enfocar nuestro estudio hacia las estaciones de este tipo que operan en nuestro país.

México posee una red de 181 estaciones TVRO regionales que manejan tanto televisión educativa (del Estado) como televisión comercial y que se encuentran distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional. Estas estaciones están operando actualmente a través de dos transpondedores rentados en el satélite INTELSAT IV F-1.

Este satélite, debido a que ya no es utilizado para comunicación internacional, fue movido de su posición original dentro del arco orbital con el

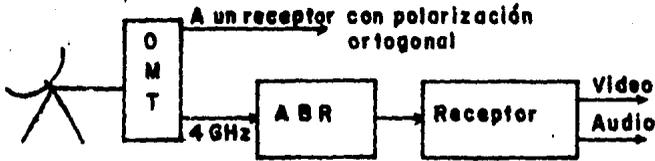


Diagrama de bloques de la estación

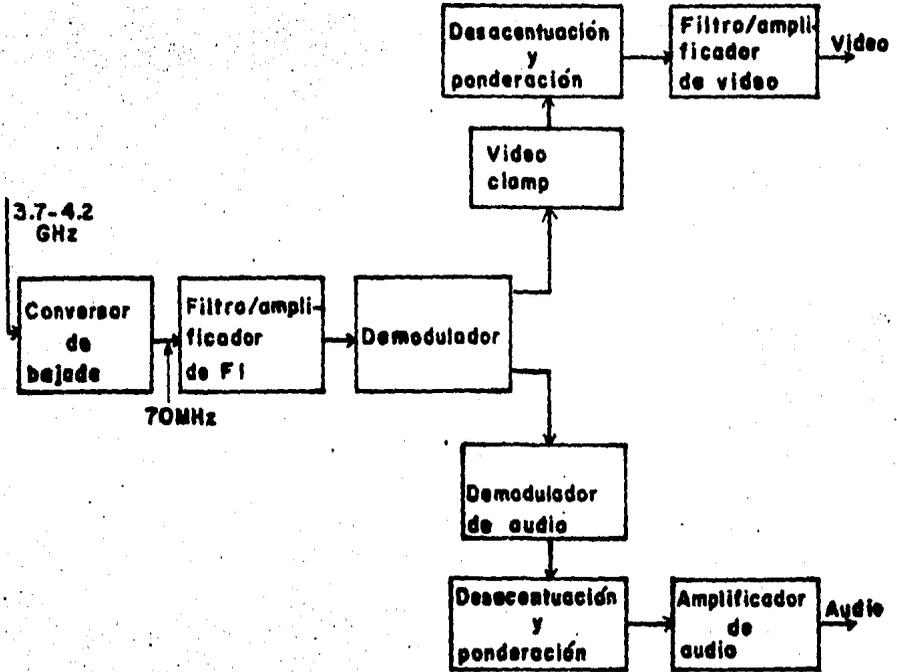


Diagrama de bloques del receptor

Fig. 3.11. Diagramas de bloques de una estación TVRO regional y su receptor.

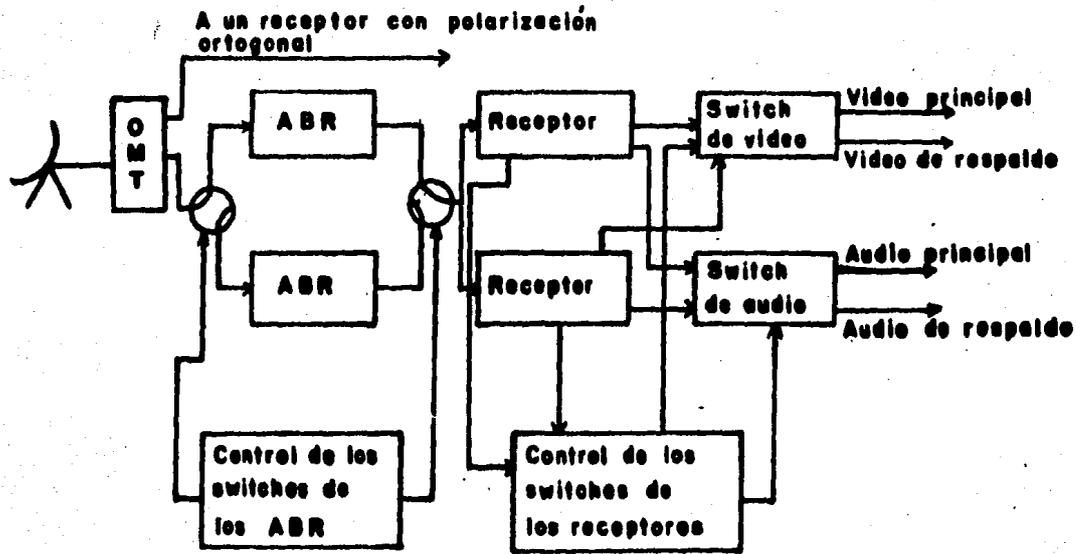


Fig. 3.12. Diagrama de bloques de una estación TVRO regional con equipo redundante (1 + 1).

objeto de colocarlo lo más cerca posible a nuestro país, para que así recibamos la máxima cantidad de flujo de potencia; para esa nueva posición se -- tuvo que buscar un lugar vacante dentro del arco orbital, y como es de supo- nerse no resultó ser el óptimo desde el punto de vista de nuestro país.

Todas las estaciones TVRO regionales que pertenecen a la red nacional trabajan en la banda C y operan con figuras de mérito nominales de 31.7, 27 y 21.6 dB/K; en esta red se distinguen, en función del diámetro de la antena, cinco tipos de estaciones, que son:

a) Estaciones suministradas por NEC, que trabajan con antenas de 11 m. y amplificadores de bajo ruido de 80 K. Operan con una G/T de 31.7 dB/K. -- Estas estaciones cumplen con la especificación de figura de mérito para -- las estaciones estándar B, por lo que pueden trabajar en servicio interna- cional si se les suministra el equipo apropiado.

b) Estaciones suministradas por NEC, que trabajan con antenas de 7.5 m.-- y amplificadores de bajo ruido de 80 K. Operan con una G/T de 27 dB/K.

c) Estaciones suministradas por Científico-Atlanta, que trabajan con -- antenas de 7 m. y amplificadores de bajo ruido de 80 K. Operan con una G/T de 27 dB/K.

d) Estaciones suministradas por NEC, que trabajan con antenas de 4.5 m.-- y amplificadores de bajo ruido de 90 K. Operan con una G/T de 21.6 dB/K.

e) Estaciones suministradas por Resalt, que trabajan con antenas de 5 m. y amplificadores de bajo ruido de 80 K. la G/T con la cual operan no ha -- sido especificada.

En la tabla 3.VIII. se presenta una lista por estados, de la forma en como están distribuidas las 181 estaciones TVRO regionales en México. Se -- puede observar que existen estaciones TVRO regionales en casi todos los -- estados de la República Mexicana, incluyendo el Distrito Federal donde se -- localizan en: Televisa Chapultepec, Escuela Nacional de telecomunicaciones (ENTEL) y el Instituto Politécnico Nacional. Los estados de Puebla y Quere- taro son los únicos donde no existen estaciones TVRO regionales.

LOCALIZACION	NUMERO DE ESTACIONES TVRO REGIONALES
Aguascalientes	1
Baja California Norte	3
Baja California Sur	16
Campeche	3
Chiapas	8
Chihuahua	12
Coahuila	10
Colima	4
Distrito Federal	3
Durango	5
Edo. de México	2
Guanajuato	5
Gerrero	5
Hidalgo	1
Jalisco	7
Michoacán	7
Morelos	1
Nayarit	1
Nuevo León	2
Oaxaca	13
Quintana Roo	15
San Luis Potosí	4
Sinaloa	4
Sonora	26
Tabasco	1
Tamaulipas	10
Tlaxcala	1
Veracruz	2
Yucatán	3
Zacatecas	3
Cd. Altamirano	1
Islas Marías	1
Tlapa	1

TABLA 3.VIII. Localización de las estaciones TVRO regionales en el territorio nacional.

El surgimiento de la red de estaciones TVRO regionales en nuestro país se debió principalmente a la saturación de la Red Federal de Microondas. Si bien es cierto que muchas estaciones están localizadas en lugares muy apartados a donde la Red Federal de Microondas no tiene acceso, también es cierto que existe un buen número de estaciones TVRO regionales que están localizadas cerca de centros urbanos importantes o en zonas en donde el servicio se podría suministrar a través de la Red Federal de Microondas. Lo que sucede es que la demanda de circuitos telefónicos de larga distancia ha llegado a saturar la capacidad de la Red Federal de Microondas, y como el servicio telefónico tiene prioridad sobre cualquier otro servicio, no es posible enviar los programas de televisión en la cantidad que es requerida a través de ella; la solución para realizar la distribución de los programas de televisión, la constituyó la creación de la Red Nacional de Estaciones Terrenas TVRO Regionales.

Con el advenimiento en el año de 1985 de los satélites domésticos mexicanos Morelos I y Morelos II, se dejarán de rentar los transpondedores del INTELSAT IV F-1, y todas las estaciones TVRO regionales pasarán a operar con los satélites Morelos. Ahora bien, estos satélites de ninguna manera estarán dedicados exclusivamente a transmitir televisión, sino que serán utilizados para proporcionar toda clase de servicios, como son: telefonía, televisión, datos, telex y facsimil.

Con el objeto de dar una idea de los parámetros con los cuales trabajarán las estaciones TVRO regionales cuando estén operando con los satélites Morelos, a continuación se incluye una tabla en donde se muestran la figura de mérito  $G/T$ , la relación portadora a ruido  $C/N$ , la relación señal de video a ruido  $S_v/N$ , el diámetro de las antenas y la temperatura de ruido del amplificador de bajo ruido. Los valores de los parámetros que se muestran en la tabla 3.IX., son resultados de cálculos realizados para tres estaciones TVRO regionales que están localizadas en las zonas norte, centro y sur de la República Mexicana, consideradas como las más representativas. Los cálculos realizados se muestran en forma detallada en el Apéndice A.

Para realizar estos cálculos se considerarán señales de televisión NTSC de transpondedor completo (36 MHz), con una desviación de frecuencia de 10.75 MHz, y localizadas dentro de la banda C.

Localización	Diámetro de la antena	Temperatura de ruido del ABR	G/T (dB/K)	C/N (dB)	$S_v/N$ (dB)
Cd. Obregón, Sonora.	7 m.	80 K	27.13	18.25	55.84
León, Guanajuato.	7 m.	80 K	27.16	19.28	57.09
Cd. del Carmen, Campeche.	7 m.	80 K	27.08	18.66	56.46

‘TABLA 3.IX. Ejemplo de estaciones TVRO regionales operando con los satélites Morelos.

Como puede observarse en la tabla 3.IX. las estaciones TVRO regionales existentes cumplirán con los requisitos fijados para la G/T y la  $S_v/N$ , — cuando operen con los satélites Morelos, ya que sus valores concuerdan con los valores típicos para este tipo de estaciones TVRO.

### 3.2.2.- Estaciones TVRO Comunitarias e Individuales

Poco tiempo después del surgimiento de las estaciones TVRO regionales aparecieron otros dos tipos de estaciones terrenas TVRO, los cuales constituyen las categorías comunitaria e individual.

Las categorías comunitaria e individual se distinguen entre sí únicamente en función del tipo de servicio que ofrecen, pues en lo que se refiere a sus características técnicas son muy semejantes, pudiéndose inclusive considerar que son iguales.

Las estaciones TVRO comunitarias son estaciones que están diseñadas — para recibir y procesar la señal de televisión proveniente del satélite, — con el objeto de ponerla en el formato adecuado para que pueda ser distribuida por cable a todos los usuarios que están conectados a ella. Este tipo de estaciones se utiliza para dar servicio en sitios comunitarios tales — como: edificios de departamentos, hoteles, oficinas, conjuntos de casas — habitación; en general en lugares en donde sea necesario o deseable llevar programas de televisión a varios usuarios localizados en el mismo sitio.

Las estaciones TVRO individuales están diseñadas para recibir y procesar la señal de televisión que proviene del satélite, con el objeto de ponerla en el formato adecuado para que pueda alimentar al televisor de un solo usuario que está conectado a ella. Este tipo de estaciones se utilizan para proporcionar a usuarios individuales programas de televisión vía satélite, y por lo general se encuentran localizadas en casas habitación.

Ambas categorías de estaciones TVRO trabajan en la actualidad en la banda C en forma general, debido a que actualmente el número de satélites que transmiten televisión y que operan en la banda Ku es reducido.

Tanto las estaciones TVRO comunitarias como las estaciones TVRO individuales que existen hoy en día, operan con señales de televisión que no son radiadas en forma explícita para que sean recibidas por ellas; en otras palabras, que en la totalidad de los casos esas señales de televisión están siendo radiadas con el objeto de que sean recibidas por estaciones TVRO regionales o por estaciones domésticas transmisoras/receptoras. Sin embargo, dado que no se ha legislado nada acerca de si esas señales de televisión provenientes de los satélites constituyen una propiedad privada o no, no es ningún delito el poseer estaciones TVRO, ya sean comunitarias o individuales que reciban esas señales.

Resulta interesante comentar que con la finalidad de que sus programas de televisión no puedan ser vistos por personas no autorizadas, las cadenas de empresas que se dedican a transmitir por satélite programas de televisión destinados a distribuirse por cable a usuarios que pagan por el servicio, han empezado a protegerse con la utilización de un método en el que la señal de televisión se transmite mezclada con ruido pseudoaleatorio, de tal manera que si en la estación TVRO no se tiene el equipo adecuado para decodificar la señal, no se puede recuperar la señal de televisión original.

Las estaciones TVRO comunitarias e individuales han tenido un gran auge, y día con día se incrementa su número; esto se debe a que con ellas se puede tener acceso a un gran número de programas de televisión, pues un solo satélite dedicado a la difusión de televisión, transmite al mismo tiempo 24 programas diferentes y las estaciones pueden ser orientadas a cualquier satélite de este tipo aumentado así la cantidad de programas de televisión que pueden recibirse.

Las características técnicas de las estaciones TVRO comunitarias e individuales son:

a) Estos tipos de estaciones operan con una relación  $S_v/N$  que está entre 44 y 47 dB típicamente; especificada para video de transpondedor completo, pues la totalidad de los satélites con que operan estas estaciones utilizan esta técnica. Cabe aclarar que no existe a nivel internacional ninguna recomendación donde se especifique la relación  $S_v/N$  mínima necesaria para conseguir una señal de buena calidad en las estaciones TVRO comunitarias e individuales; por lo que se utiliza un rango de valores típicos de la relación  $S_v/N$  que se pueden considerar como satisfactorios.

Por otro lado, es importante hacer notar que la operación de este tipo de estaciones con video de medio transpondedor no es posible realizarla; debido a que la relación  $S_v/N$  bajaría en su límite superior a alrededor de 40 dB, lo que involucra una señal de baja calidad y que no podría ser observada en forma adecuada.

b) La figura de mérito G/T con la cual trabajan las estaciones de estas categorías, está situada aproximadamente entre 15 y 22 dB/K. Las estaciones TVRO individuales que pronto estarán en operación con los satélites de difusión directa de televisión, trabajarán con figuras de mérito situadas entre los 10 y 12 dB/K.

c) Las estaciones TVRO comunitarias e individuales poseen antenas cuyos diámetros varían entre los 3, 5 y 7 metros, utilizando amplificadores de bajo ruido con temperatura de ruido de alrededor de 120 y 80 K. Las estaciones TVRO que trabajarán con satélites de radiodifusión directa tendrán antenas cuyos diámetros variarán entre 0.7 y 1.5 m., utilizando amplificadores de bajo ruido con temperatura de ruido alrededor de 250 K.

Debido al tipo de aplicación y a los elementos con los cuales están formadas las estaciones TVRO comunitarias e individuales, su costo no es elevado, y de hecho se puede decir que constituyen artículos que son relativamente baratos.

En la figura 3.13. se muestra el diagrama de bloques de una estación TVRO individual, mientras que en la figura 3.14. se puede observar el diagrama de bloques de una estación TVRO comunitaria.

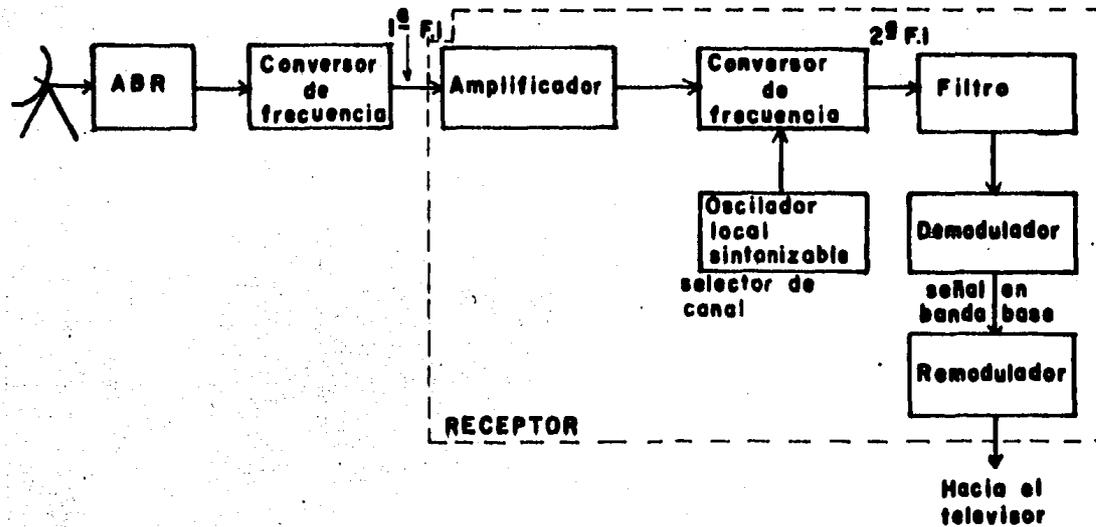


Fig.3.13. Diagrama de bloques de una estación TVRO individual.

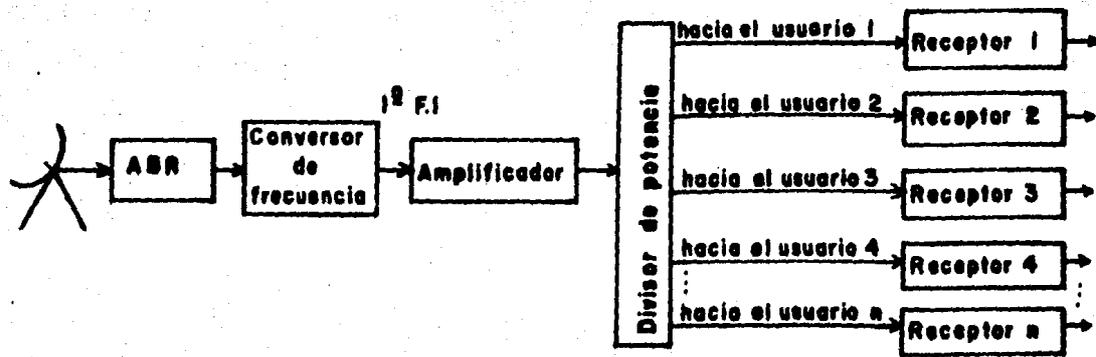


Fig. 3.14. Configuración de una estación TVRO comunitaria.

Las estaciones TVRO comunitarias e individuales que se encuentran operando en nuestro país, lo están haciendo a través de satélites extranjeros, principalmente con satélites de los Estados Unidos. La demanda de este tipo de estaciones se está incrementando cada vez más, ya que resulta atractivo para algunas personas el tener acceso a programas de televisión diferentes a los que se pueden tener a través de los canales nacionales de televisión.

Con el objeto de poder comparar las características de las estaciones TVRO regionales presentadas en la tabla 3.IX. con las de las estaciones TVRO comunitarias e individuales, trabajando exactamente bajo las mismas condiciones (con los satélites Morelos y el mismo tipo de señal de televisión), se realizaron los cálculos respectivos a las estaciones TVRO individuales y cuyos resultados se muestran en la tabla 3.X.. Los cálculos en forma detallada, se presentan para su consulta en el Apéndice A.

Localización	Diámetro de la antena	Temperatura de ruido del ABR	G/T (dB/K)	C/N (dB)	$S_v/N$ (dB)
Cd. Obregón, Sonora.	2.94 m.	120 K	16.95	8.19	46
León, Guanajuato.	2.60 m.	120 K	15.92	8.19	46
Cd. del Carmen, Campeche.	2.80 m.	120 K	16.48	8.19	46

TABLA 3.X. Ejemplo de estaciones TVRO individuales operando con los satélites Morelos.

Se puede observar, que los valores para las estaciones individuales que trabajen con los satélites del sistema Morelos, no tendrán problema para operar con ellos, pues cumplen con la relación  $S_v/N$ , la G/T y el diámetro de antena recomendados para estas estaciones terrenas TVRO. Los diámetros de antena mostrados en la tabla, son los valores calculados; al no existir antenas parabólicas de esos diámetros, se debe escoger un valor comercial del diámetro, en este caso se escoge una antena de 3 m de diámetro.

## CAPITULO 4

## EQUIPO PARA RECEPCION DE T.V. VIA SATELITE

## INTRODUCCION

En capítulos anteriores se ha mencionado cómo se maneja la señal de televisión en las estaciones terrenas de comunicación por satélite, tanto en la transmisión y recepción como en sus diferentes formas de distribución. En el presente capítulo, se comentará sobre el equipo disponible en México para poder instalar una estación terrena receptora de televisión vía satélite.

México es un país en vías de desarrollo en el área de las telecomunicaciones, pero su actual tecnología en este campo es limitada por lo que es difícil encontrar en el país una empresa mexicana que haya desarrollado la tecnología lo suficiente para fabricar equipo de comunicación por satélite.

Sin embargo, existen en México empresas representantes distribuidoras, de las cuales se mencionará su equipo, y en forma particular para este estudio el equipo disponible para la recepción de televisión vía satélite en sistemas TVRO.

Existen empresas internacionales como NEC y Scientific-Atlanta que tienen distribuidores en nuestro país. Estas empresas diseñan y fabrican el equipo completo de las estaciones terrenas, tanto para transmisión como para recepción de televisión vía satélite para uso comercial y sistemas TVRO. Sin embargo, sus equipos son fabricados totalmente en el extranjero por lo que se tienen que importar a través de sus distribuidores, quienes además ofrecen todos los servicios necesarios para instalación y mantenimiento.

Se tienen empresas mexicanas que se dedican a la venta de equipo de importación como es el caso de la empresa Resalt S.A.. En este caso, parte

del equipo para las estaciones terrenas receptoras de T.V. se importa y es armado en México por la empresa, quien únicamente fabrica los componentes pasivos de RF, como lo son las antenas y líneas de transmisión.

También existen empresas mexicanas que han lanzado al mercado equipo de recepción de televisión para uso residencial o individual y de recepción comunitaria, como es el caso de Macromex S.A., Mersat y Sekure 2000. Estas empresas fabrican las antenas receptoras y aunque el equipo de la estación TVRO lleva el símbolo y marca de la empresa, no se especifica si ellos fabrican todos los componentes del equipo.

Hay pequeñas empresas en México que se dedican a la fabricación de las antenas únicamente. Tal es el caso de Diseños Electromecánicos S.A. que fabrica las antenas receptoras para empresas que así lo soliciten.

También existen compañías mexicanas que venden el equipo de recepción de televisión vfa satélite, del cual una parte es importado y otra parte es hecho en México. Un ejemplo es la empresa Telerey S.A. que vende el equipo para sistemas TVRO individual y comunitario. En las mismas condiciones se encuentran las compañías Adesa, Intelfin S.A. y Videosat entre otras.

En seguida se presenta la información del equipo que ofrecen en México las empresas anteriormente mencionadas, siendo ésta en forma general y en base a los datos proporcionados por los representantes de dichas empresas.

#### 4.1.- SCIENTIFIC-ATLANTA INC..

Scientific-Atlanta Inc. es una empresa americana reconocida internacionalmente por sus productos para sistemas de comunicación por satélite. Es una de las pocas empresas que diseña y fabrica una línea completa de componentes necesarios (tanto mecánicos como electrónicos) para las estaciones terrenas que se utilizan en la difusión de televisión vfa satélite.

La línea de sus productos para televisión, que comprende la transmisión y recepción de la señal, se compone de antenas, receptores, transmisores, amplificadores de bajo ruido, moduladores, amplificadores de alta potencia, interruptores de seguridad y protección, así como accesorios para las antenas y equipo redundante.

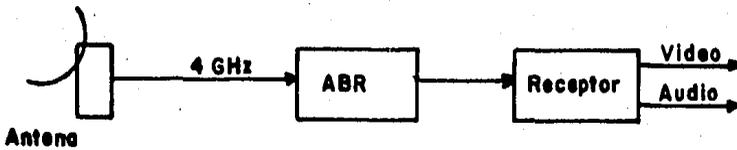
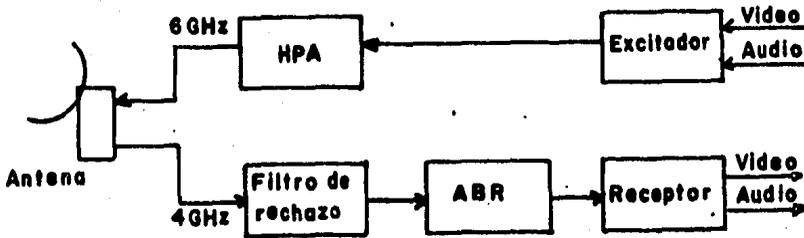


Fig. 4.1. Diagrama de una estación terrena básica para recepción únicamente de T.V..

En México, el distribuidor autorizado del equipo de Scientific-Atlanta es la empresa Digisat S.A.. Esta empresa, además de ofrecer el equipo para comunicación por satélite, proporciona asesoría técnica, entrenamiento de personal, ingeniería, instalación y mantenimiento para los productos de Scientific-Atlanta.

Scientific-Atlanta ha formado con sus equipos paquetes para las diversas estaciones terrenas que se requieran, de acuerdo a la aplicación que se desee darles. De esta manera se tiene, entre otras, la estación terrena básica receptora únicamente de televisión (TVRO), misma que se muestra en la figura 4.1., y que está formada por la antena receptora, el amplificador de bajo ruido, el receptor y el cable coaxial para interconectar el equipo. -- Este tipo de estación es la utilizada en sistemas de TVRO individual y comunitario.

Se pueden tener TVRO's con equipo redundante. Consisten de dos equipos de recepción, el básico y el redundante, interconectados por interruptores



- Fig. 4.2. Diagrama de una estación terrena básica para transmisión y recepción de T.V.

de protección. De esta manera, si llega a fallar un componente del equipo básico, entra en funcionamiento su correspondiente componente de respaldo en el equipo redundante a través de los interruptores.

La misma compañía ofrece una estación terrena básica para transmisión y recepción como la que se muestra en la figura 4.2., y que está formada por el equipo básico de recepción y transmisión: amplificador de bajo ruido, receptor de video, excitador transmisor, amplificador de alta potencia, filtro de rechazo para transmisión y re-uso de frecuencias, antena transmisora receptora y el cable de interconexión. De igual manera, como en el caso de la TVRO, se puede tener una estación de este tipo con equipo redundante.

El equipo que Scientific-Atlanta distribuye cumple con los requisitos de la FCC y de la CCIR. Como resulta extenso el explicar todas las características de los diferentes componentes de las estaciones terrenas, comentaremos algunos de sus aspectos importantes en una forma general. Para una —

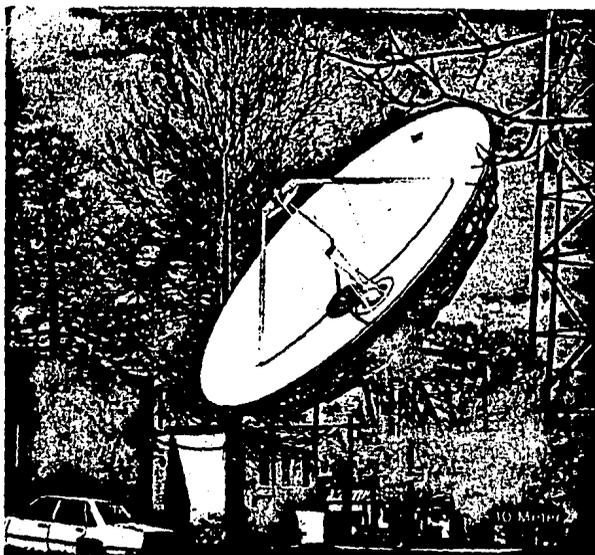


Fig. 4.4. Antena parabólica de 10 m., Científico-Atlanta.

4.2 GHz con una ganancia media de 47.5 dBi y con polarización lineal doble. Estas antenas son las de mayor uso por las estaciones teledifusoras comerciales. Para transmisión, operan con una ganancia media de 49.6 dBi en el rango de frecuencias de 5.925 a 6.425 GHz. Se pueden enfocar a cualquier satélite doméstico situado entre los  $70^{\circ}$  y  $136^{\circ}$  sobre el arco geostacionario, desde cualquier sitio de la República Mexicana.

Las antenas parabólicas de 10 m. son utilizadas generalmente para recepción únicamente, con la posibilidad de ser utilizadas para recepción y transmisión, en las bandas de frecuencias de 4/6 GHz. El tipo de alimentación de la antena es a través de un alimentador tipo Cassegrain de corneta con doble reflector, con polarización lineal doble en recepción únicamente. Se tiene la posibilidad de cambiar el alimentador para el re-uso de frecuencias. La antena tiene una ganancia media en recepción de 50.85 dBi y de 53.5 dBi en transmisión.

Las antenas de 11 m. de diámetro son utilizadas para operar como receptoras/transmisoras con el sistema INTELSAT en estaciones terrenas estándar

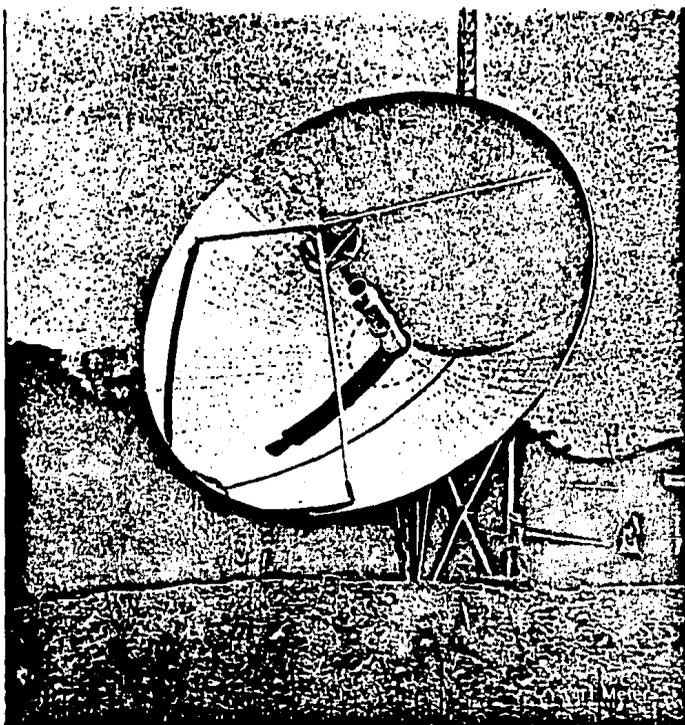


Fig. 4.5. Antena parabólica de 11 m., Scientific-Atlanta.

tipo B. Tienen un alimentador tipo Cassegrain de corneta con polarización lineal doble con opción a polarización circular, y una ganancia media de 52 dBi en recepción y de 54.4 dBi en transmisión. Se tiene como opción un alimentador para el re-uso de frecuencias en las bandas de 4/6 GHz.

Se tienen controladores de posición o posicionadores de la antena que actúan en forma manual o a través de impulsores motorizados para un posicionamiento remoto rápido a satélites alternos.

Scientific-Atlanta ha desarrollado una línea de amplificadores de bajo ruido utilizando transistores de GaAsFET que, dependiendo del nivel de la señal que se tiene en la estación terrena y la relación señal a ruido que se desee, proporcionan temperaturas de ruido desde  $80^{\circ}$  hasta  $120^{\circ}$  K. Cuando se requiera de una baja temperatura de ruido, Scientific-Atlanta ofrece los amplificadores de bajo ruido paramétricos no criogénicos que proporcionan -

temperaturas de ruido desde los  $30^{\circ}$  K. Los amplificadores de bajo ruido (LNA) operan en un rango de frecuencias de 3.7 a 4.2 GHz y pueden dar ganancias de 52 o 60 dB dependiendo del modelo de amplificador que se utiliza. Se puede observar un amplificador de bajo ruido con transistores GaAsFET en la figura 4.7..

También hay disponibles fuentes de poder para los amplificadores de bajo ruido, además de los interruptores de protección que se utilizan con el equipo redundante en las estaciones terrenas. La información sobre estos componentes se encuentra en el Apéndice B.

Se tienen receptores de video en varias configuraciones, dependiendo de la aplicación y los requerimientos de control de frecuencia y espacio de canal, como son los receptores modelos 6600, 414 y 7500 de Scientific-Atlanta. El receptor de video modelo 6600 proporciona una alta calidad de video y audio, operando en la banda de 3.7 a 4.2 GHz. A través de un selector de perilla se pueden sintonizar 24 canales (utilizando transpondedor completo). El receptor incluye el convertidor de bajada, amplificador de FI, demodulador de video, video clamp y un demodulador de audio (ver Apéndice B).

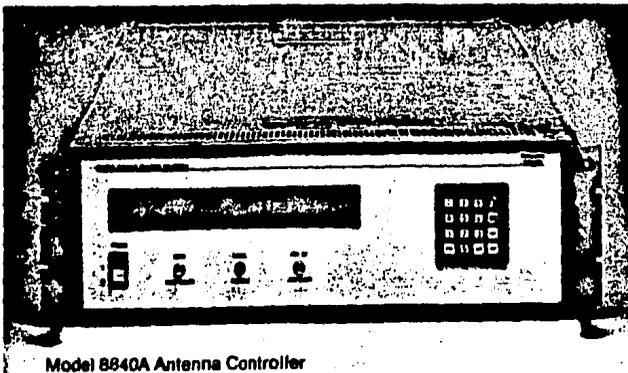


Fig. 4.6. Controlador o posicionador de la antena, Scientific-Atlanta.

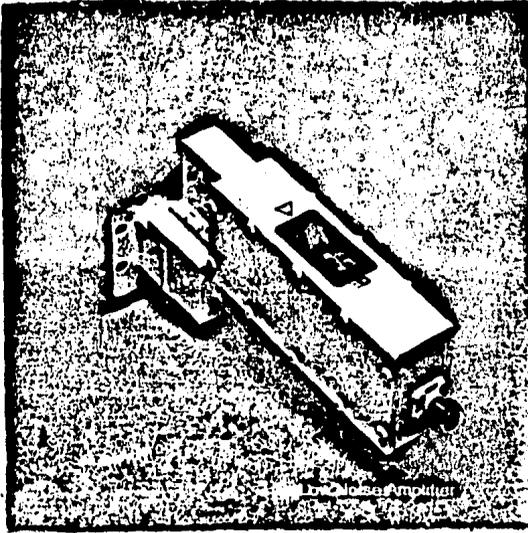


Fig.4.7. Amplificador de bajo ruido (LNA) de GaAsFET  
Scientific-Atlanta.

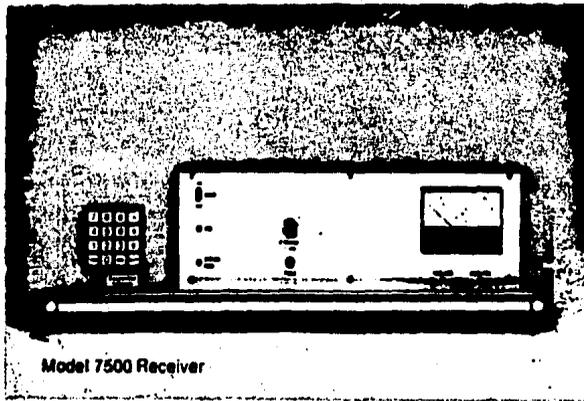


Fig. 4.8. Receptor de video modelo 7500,Scientific-Atlanta.

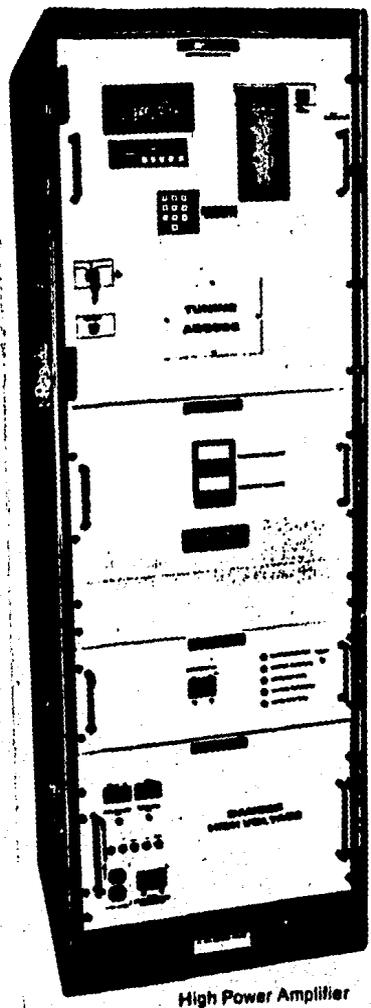
En la figura 4.8. se muestra el receptor de video modelo 7500 que es de los más recientes, y posee un teclado de programación para la selección de 24 canales con una pantalla de indicación de canal. El receptor de video 6600 es la versión sencilla del modelo 7500. Ambos tienen un indicador de nivel de la señal que se recibe. El receptor 7500 está constituido por un amplificador de FI, demodulador de video, video clamp, demodulador de audio y un sintetizador de frecuencia para los 24 canales que sintoniza al convertidor de bajada del receptor.

El receptor de video modelo 414 es utilizado para la recepción de televisión en medio transpondedor o transpondedor completo. El receptor está formado por un convertidor de bajada con ancho de banda seleccionable, amplificador de FI, filtro de FI, demodulador de video, video clamp y demodulador de audio. El demodulador se puede operar en el sistema de 525 o 625 líneas en el video. Tiene un selector de frecuencia de recepción y un indicador de nivel de señal (ver Apéndice B).

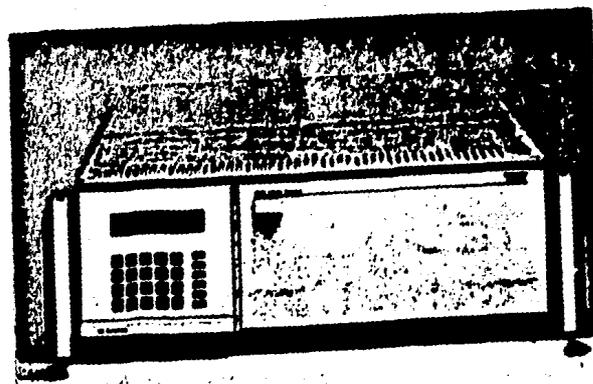
Se tienen interruptores de protección contra fallas en los enlaces ascendente y descendente. Hay interruptores de protección para receptores de video que dan protección hasta a siete receptores en línea más el receptor auxiliar o redundante. También hay interruptores de protección para los amplificadores de bajo ruido, así como interruptores para los excitadores y los amplificadores de alta potencia (HPA) en la transmisión. Mayor información se anexa en el Apéndice B.

Dentro del equipo de transmisión de T.V., se tiene el excitador para la transmisión de video, moduladores de T.V. y amplificadores de alta potencia HPA. En la figura 4.9. se observa el excitador para video modelo 7550, capaz de operar con los formatos de 525 líneas de NTSC y de 625 líneas de PAL y SECAM. Contiene un modulador de video y generadores de frecuencia subportadora de audio en un rango de 5.5 a 7.8 MHz. Se acompaña de un amplificador de alta potencia de 3 Kw, como el que se muestra en la figura 4.10., para operar en las estaciones terrenas dentro de la banda de los 6 GHz.

Para la retransmisión o difusión de T.V. se tiene el modulador de T.V. modelo 416 que es compatible con el receptor de video modelo 414. Este modulador de T.V. se utiliza para sistemas de distribución en tierra para programación educativa y en sistemas de T.V. por cable, generando una señal de alta calidad en banda lateral residual (ver Apéndice B).



High Power Amplifier



Model 7850 Video Exciter

Fig. 4.9. Excitador para transmisión de video, Scientific-Atlanta.

Fig. 4.10. Amplificador de alta potencia, Scientific-Atlanta.

## 4.2.- NIPPON ELECTRIC CO. LTD..

Nippon Electric Co., mejor conocida por las siglas NEC, es una empresa japonesa de renombre internacional. La empresa tiene la capacidad suficiente para el diseño y fabricación de equipo de comunicación por satélite, — para las estaciones terrenas que operan con el sistema INTELSAT y con los satélites domésticos.

NEC tiene una oficina distribuidora de equipo en México, a través de la cual se puede solicitar el equipo deseado. El equipo para comunicación por satélite de NEC es fabricado totalmente en el extranjero por lo que se requiere de su importación. Existen planes para que el equipo sea importado y armado en nuestro país.

El equipo que NEC ofrece para la distribución de T.V. es aplicable en diferentes configuraciones de estaciones terrenas como se muestra en la figura 4.11.. Una de estas configuraciones es la configuración básica para una estación de recepción únicamente de televisión, formada por la antena, el alimentador de la antena, el amplificador de bajo ruido, el receptor de televisión y el monitor o televisor. Esta configuración es la correspondiente a un sistema de TVRO individual.

Otra de las configuraciones típicas de las estaciones terrenas, es la que recibe la señal de televisión por satélite y luego la retransmite por VHF a los hogares. Esta configuración corresponde a un sistema TVRO regional.

La configuración de una estación terrena receptora/transmisora de T.V. es otro tipo de estación utilizada, como se muestra en la figura 4.11., donde se ilustra la recepción de dos señales de televisión y la transmisión de otras dos.

El equipo que ofrece NEC para las estaciones terrenas que operan con un satélite doméstico se puede apreciar en la tabla de la figura 4.12.. Produce antenas parabólicas de 4.5, 6 y 7.5 metros de diámetro para trabajar con satélites domésticos, y para estaciones terrenas estándar B de INTELSAT produce antenas de 11 y 13 metros de diámetro. Las antenas operan con las bandas de frecuencias de 4/6 GHz. Para mayor información sobre los componentes de las estaciones terrenas que ofrece NEC, véase la sección B-2 del Apéndice B.

# APPLICATION OF DOMESTIC SATELLITE SYSTEM FOR TELEVISION (3/3)

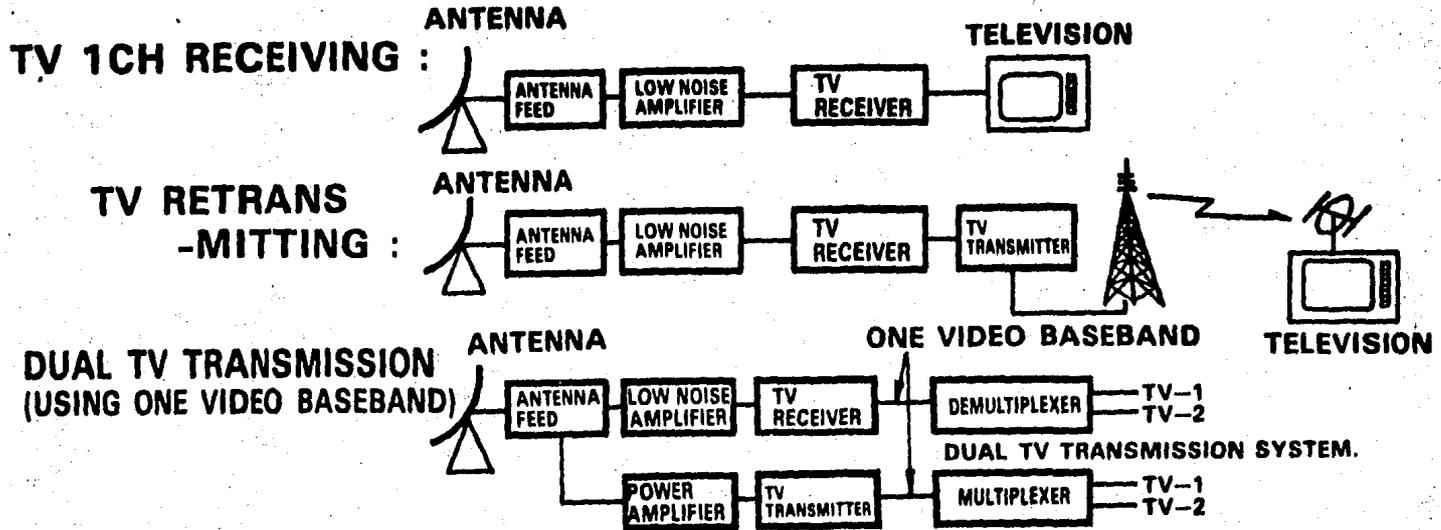


Fig. 4.11. Configuraciones típicas de estaciones terrenas para recepción y distribución de T.V..

# DOMSAT SYSTEM EARTH STATION EQUIPMENT



ANTENNA	FREQUENCY	DIAMETER	APPLICATION	
	RX: 3.7~4.2GHz	4.5/6.0/7.5m $\phi$	DOMSAT STATION	
	TX: 5.925~6.425GHz	11/13m $\phi$	INTELSAT STANDARD-B OR DOMSAT MASTER STATION	
LOW NOISE AMPLIFIER	FREQUENCY	TYPE	NOISE TEMPERATURE	REMARKS
	3.7~4.2GHz	PARAMETRIC AMPLIFIER	30k/35k/40k	THERMOELECTRIC COOLED
			45k	UNCOOLED
		FET AMPLIFIER	55k/65k	THERMOELECTRIC COOLED
80k/90k/100k/120k			UNCOOLED	
POWER AMPLIFIER	FREQUENCY	TYPE	OUTPUT POWER	REMARKS
	5.925~6.425GHz	TWT	150W/400W/700W/1kW	
		KLYSTRON	400W/1.5kW/3kW	
		FET	1W/3W/5W/10W/20W	GaAs FET
FM-SCPC EQUIPMENT	22.5kHz/30kHz/45kHz CHANNEL SPACING			
TV RECEIVER	FREQUENCY AGILITY WITH 250kHz STEP SYNTHESIZER			

144

- Digital (AD-PCM) SCPC Available

Fig. 4.12. Características generales del equipo NEC para estaciones terrenas.

Las antenas utilizan alimentadores tipo Cassegrain de corneta corrugada con polarización lineal y opción a polarización circular. En recepción, las antenas de 4.6, 6 y 7.5 metros tienen una ganancia de 47, 49.6 y 51.5 - dBi respectivamente.

Se tienen amplificadores de bajo ruido paramétricos desde  $30^{\circ}$  K hasta  $45^{\circ}$  K con una ganancia de 60 dB, cubriendo el rango de frecuencias de los - 3.7 a 4.2 GHz. También se tienen amplificadores de bajo ruido de GaAsFET -- con temperaturas de ruido desde  $55^{\circ}$  K hasta  $120^{\circ}$  K, proporcionando una ganancia de 50 o 60 dB en un ancho de banda de 3.7 a 4.2 GHz.

Para la transmisión de la señal, NEC ofrece amplificadores de alta potencia (AAP) en la banda de los 6 GHz (5.925 - 6.425 GHz) ya sean del tipo TWT (TOP), tipo Klystron, o bien con transistores FET. Los AAP-TOP tienen un ancho de banda de 500 MHz en el rango de los 6 GHz con una ganancia de - 80 dB en señal pequeña, dando potencias de salida de 150, 400, 700 y 1000 - Watts, siendo enfriados por aire forzado.

Los amplificadores AAP-Klystron manejan un ancho de banda de 40 MHz - sobre el rango de 5.925 a 6.425 GHz sintonizable con el selector de frecuencia. Son enfriados por aire forzado y dan potencias de 400 W, 1.5 y 3 Kw.

Los amplificadores de alta potencia con transistores FET proporcionan una ganancia de 70 dB con una potencia de salida de 1, 3, 5, 10 y 20 W. Operan sobre un ancho de banda de 500 MHz en el rango de los 6 GHz.

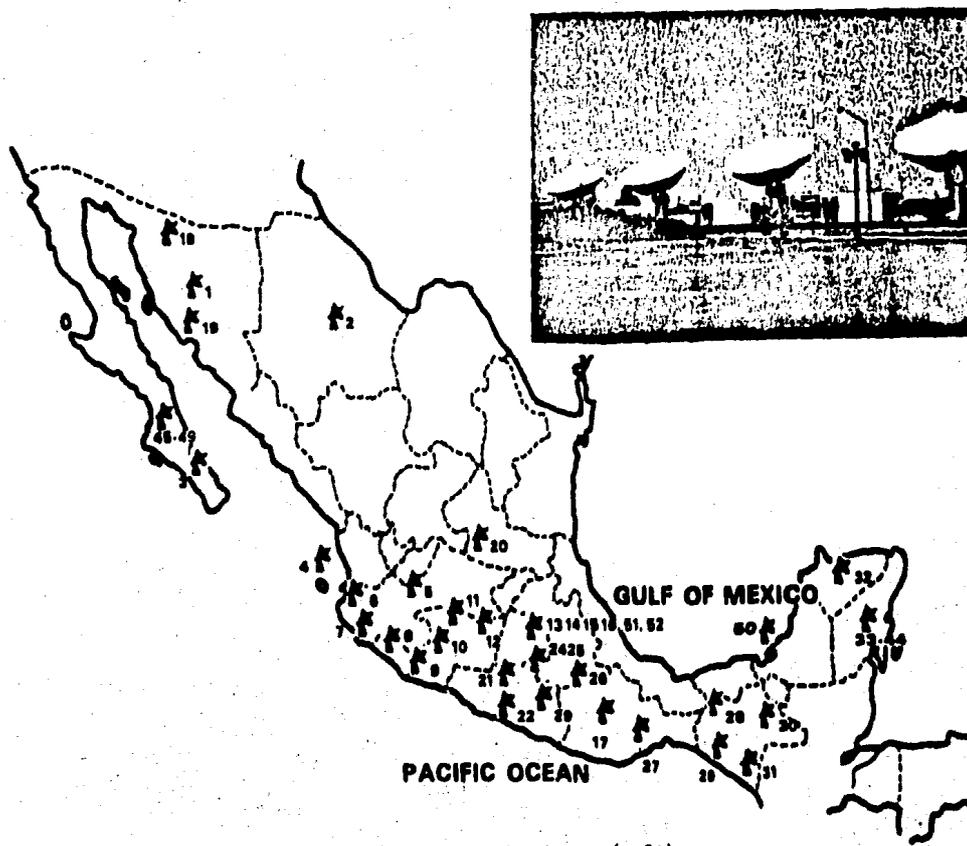
NEC ofrece un receptor de televisión equipado con un sintetizador de - frecuencia en el oscilador local del convertidor de bajada para dar mayor - precisión en la selección de la frecuencia de recepción. A través de un selector manual se puede sintonizar el canal deseado de recepción. El receptor opera en el rango de frecuencias de los 4 GHz.

Hasta el año de 1983, la empresa NEC había instalado en México 52 estaciones terrenas para el sistema doméstico, y como puede observarse en la - figura 4.13. se encuentran distribuidas en toda la República Mexicana. En - la figura 4.14. podemos darnos cuenta de las características generales de - las estaciones terrenas instaladas.

# MEXICO DOMSAT SYSTEM



1	HERMOSILLO	13M
2	CHIHUAHUA	11M
3	LA PAZ	11M
4	ISLAS MARIAS	7.5M
5	GUA DALAJARA	11M
6	PTO: VALLARTA	7.5M
7	CD: GUZMAN	7.5M
8	MANZANILLO	7.5M
9	COLIMA	7.5M
10	URUAPAN	7.5M
11	ZAMORA	7.5M
12	MORELIA	7.5M
13	CD. MEXICO	11M
14	CD. MEXICO	11M
15	CD. MEXICO	11M
16	CD. MEXICO	11M
17	OAXACA	11M
18	NOGALES	7.5M
19	GUAYMAS	7.5M
20	ARRIAGA	7.5M
21	IGUALA	7.5M
22	ACAPULCO	7.5M
23	CUERNAVACA	7.5M
24	ALTZOMONI	7.5M
25	JOCOTITLAN	7.5M
26	HUAJUAPAN DE LEON	7.5M
27	PALMASOLA	7.5M
28	TUXTLA GUTIERREZ	7.5M
29	TZONTIHUIZ	7.5M
30	COMITAN	7.5M
31	TAPACHULA	7.5M
32	VALLADOLID	7.5M
33-44	QUINTANA ROO (12 STATION)	4.5M
45-49	BAJA CALIFORNIA SUR (6 STATION)	4.5M
50	CAMPECHE	7.5M
51-52	YUCATAN (2 STATION)	4.5M



146

Fig. 4.13. Localización de estaciones terrenas NEC instaladas en México (1983).

# MEXICO DOMSAT SYSTEM



## ● SPACE SEGMENT

— LEASE OF INTELSAT TRANSPONDER

## ● EARTH STATION (REDUNDANT CONFIGURATION)

— 4 TX/RX STATION (11m ANTENNA LP/CP FEED, 50k PARAMETRIC LNA, 3kW KLY HPA)

— 5 RX STATION (11m ANTENNA LP/CP FEED, 50k PARAMETRIC LNA, TV RX)

— 1 TX/RX STATION (7.5m ANTENNA LP/CP FEED, 80k FET LNA, 400W KLY HPA, FM-SCPC)

— 23 RX STATION (7.5m ANTENNA LP/CP FEED, 80k FET LNA)

— 17 RX STATION (4.5m ANTENNA LP/CP FEED, 90k FET LNA)

— 2 MOBILE STATION (4.5m ANTENNA LP/CP FEED, 80k FET LNA)

## ● STATION G/T

— 11meter Station 32.2dBW/k

— 7.5meter Station 27.6dBW/k

— 4.5meter Station 22.1dBW/k

247

Fig. 4.14. Características de estaciones terrenas NEC instaladas en México (1983).

#### 4.3.- RESALT S.A..

La compañía mexicana Resalt S.A. es una empresa dedicada a la venta de equipo de comunicación para estaciones terrenas. El equipo de comunicación por satélite para recepción de televisión que distribuye es de la compañía americana Microdyne Corporation. También distribuye equipo de comunicación para el manejo de datos y voz de la empresa canadiense SPAR Aerospace Limited.

Resalt fabrica en sus instalaciones las antenas parabólicas bajo especificaciones de Microdyne para sistemas de video y audio, así como los alimentadores y guías de onda necesarios. Resalt fabrica antenas de diámetro de 3.5, 5 y 7 metros a base de fibra de vidrio, cuyas especificaciones se pueden encontrar en la tabla 4.1..

El equipo Microdyne es importado de E.U. y armado en México con un mínimo de componentes nacionales. Se tienen disponibles dos tipos de equipo Microdyne para la recepción de televisión vía satélite en sistemas TVRO. Un equipo consiste de la antena receptora, alimentador con polarización lineal doble, amplificador de bajo ruido y el receptor de video. En este equipo, se tiene el convertidor de bajada con una etapa de FI integrado al receptor. Se pueden tener varios tipos de receptor de acuerdo a la aplicación que se desee, como se muestra en la figura 4.15..

El otro equipo Microdyne consiste de la antena receptora, alimentador con polarización lineal doble, convertidor de bajo ruido y el receptor de video. En este caso el convertidor de bajo ruido está constituido de un amplificador de bajo ruido y un convertidor de bajada a una primera etapa de FI, teniendo en el receptor de video otro convertidor de bajada a una segunda etapa de FI, en donde se seleccionará el canal deseado. Este equipo se muestra en la figura 4.16..

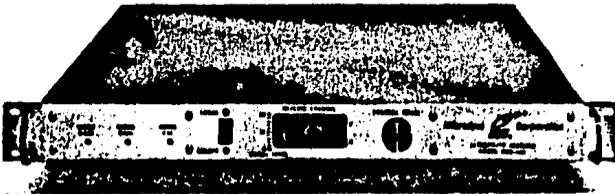
También Resalt importa el equipo de recepción para TVRO individual de la empresa americana Amplic Inc. y lo arma en México. El equipo que Resalt distribuye de la compañía Amplic, es el receptor de video, amplificadores de línea, divisores de potencia y los LNA's. Con este equipose tiene el sistema de TVRO individual, que puede ser modificado con la utilización de los divisores de potencia para formar el sistema de TVRO comunitario.

## SATELLITE VIDEO RECEIVERS

Microdyne Corporation specializes in receiver design. We insure high performance by using the best components available. Our standard features include patented threshold extension circuitry, EIA and CCIR compatibility and frequency synthesization. All Microdyne receivers are specifically designed for the reception of wide band FM signals via domestic and international satellites. Their applications include CATV, broadcast and RF distribution systems.

### 1100 CSR

The 1100 CSR has ultimate quality and cost-efficiency. This 24-channel receiver can be tuned manually by using front panel controls or remotely via a wide choice of remote tuning methods. Our compact 1 3/4" CSR offers high performance and versatility necessary for present and future requirements.



### 1000 TVRM

Microdyne's 1000 TVRM has unsurpassed quality of reception and signal modulation. It combines a high quality video receiver with a built-in modulator.



### 1100 TVR X-24 B-2/1100 TVR X-24 B-W

Microdyne's broadcast receivers meet or exceed RS-250-B specifications. The applications include commercial and public broadcast stations.

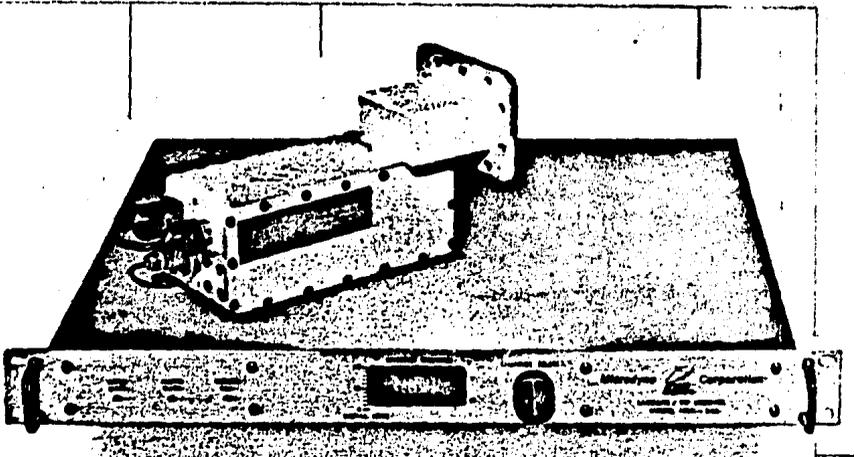
Fig. 4.15. Receptores de video (una etapa de FI)  
Microdyne.

**1100 BDC/1100 DCR**

Microdyne's BDC/DCR receiving system incorporates an intermediate frequency of 270-770 MHz for use when cable loss and economy are factors.

**1100 BDC**

The BDC combines a low noise amplifier and block down converter in a rugged antenna mounted package.

**1100 DCR**

The DCR is the companion receiver and power source for the BDC. It includes our standard patented threshold extension circuitry and frequency synthesization.

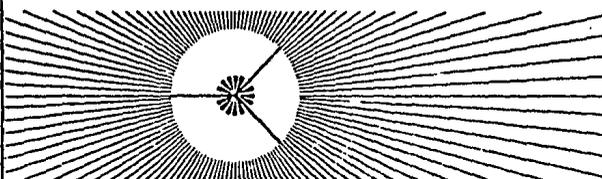
**Fig. 4.16. Receptor de video y convertidor de bajo ruido (doble etapa de FI), Microdyne.**

**ANTENAS  
RECEPTORAS DE TELEVISION  
VIA SATELITE DE 3.6-5 y 7 Mts.**

MODELO RESALT/MICRODYNE 3.5 M  
MODELO RESALT/MICRODYNE 5.0 M  
MODELO RESALT/MICRODYNE 7.0 M

**CARACTERISTICAS**

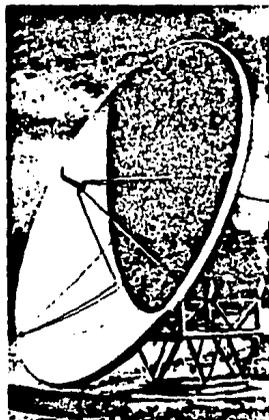
- Diseño para 4 y 12 Ghz
- Posibilidad de ajustes en polarización, azimut y elevación (manuales o automáticos).
- Facil instalación
- Se ajusta a las normas FCC con las características de lóbulos laterales.



**RESALT/MICRODYNE, S.A.**  
SISTEMAS PARA SATELITE, VIDEO Y AUDIO



5 Metros



7 Metros

**DESCRIPCION**

Las antenas receptoras de señales via satélite de RESALT se diseñaron con la idea de proveer al cliente con antenas optimizadas de precisión capaces de recibir las bandas de 4 y 12 GHZ de los satelites geoestacionarios colocados sobre el ecuador. Nuestras antenas tienen excelente comportamiento electromagnético con flexibilidad de usos y facilidad de transportación e instalación en poco tiempo.

Las mediciones de lóbulos laterales cumplen las normas FCC con una caída menor de  $-10$  dBi a  $48^\circ$ , del máximo del lóbulo principal.

Las antenas estan fabricadas a base de fibra de vidrio para formar una parábola reflectora de alta precisión con una estructura ligera de soporte y un pedestal de metal que puede ser instalado por dos personas. El reflector esta dividido en secciones para fácil transportación, la sección central esta soportada por una estructura tubular.

El pedestal es un cubo de acero galvanizado en caliente suscrito a una base circular que puede girar  $360^\circ$  y dos postes realizan la elevación desde  $10^\circ$  a  $85^\circ$

Las anclas se proporcionan como parte de la antena no siendo necesarios ajustes del reflector en el campo.

La antena puede ser instalada rapidamente por 2 personas con una pequeña pluma.

**TABLA 4.I. Especificaciones de antenas Resalt/Microdyne.**

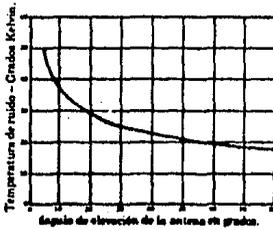
## ESPECIFICACIONES RESALT-54

<b>Frecuencia</b>	3.7 a 4.20 y 11.7 a 12.2 GHz
<b>Ganancia <math>\pm 0.2</math> dbi en 4GHz a la entrada</b>	44.00
<b>en 12GHz a la entrada</b>	63.5
<b>Ancho del haz (Medio Banda)</b>	
<b>4 GHz</b>	
-3db	1.1
-15db	2.2
<b>12GHz</b>	
-3db	0.35
-15db	0.70
<b>VSWR (Máximo)</b>	1.30/1
<b>Flange de Entrada</b>	
<b>4GHz</b>	CPP-229G
<b>12GHz</b>	WR-75

**Características de lóbulos laterales** Los lóbulos laterales están abajo de una curva desde por 32-25 log.  $\theta$  desde el primer lóbulo lateral 48° lejos del máximo del lóbulo principal. Desde 48° los lóbulos laterales están abajo de -10dbi.

**Ajustes de Polarización 360° por alimentador rotativo.**

**Temperatura de ruido vs Elevación de Antena**



**Temperatura Resistencia al viento**

(-51 a 52°C)  
201 km/hr

**Tipo Montaje**

EL/AZ con giro de 360° en azimut y de 10 a 65° en elevación. Podemos suministrar valores en elevación aún mejores.

**MATERIAL**  
**Reflector**  
**Subestructura**  
**Alimentador**  
**Montaje**  
**Peso Neto**  
**Anclaje**

Fibra de vidrio alta precisión  
aluminio  
Cobre  
Acero galvanizado en caliente  
796 kg.

Bloques de cemento de 165 a 6 m<sup>3</sup> las anclas se proporcionan con la antena.

**Instalación**

Con los bloques de concreto la antena se puede instalar en 4 horas.

**Embarques**

Nuestras antenas las enviamos en vehículos especiales de transportación.

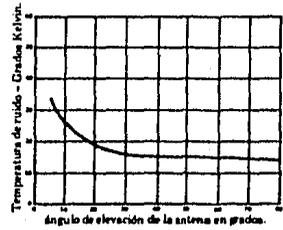
## ESPECIFICACIONES RESALT-7M

<b>Frecuencia</b>	3.7 a 4.20 y 11.7 a 12.2 GHz
<b>Ganancia <math>\pm 0.2</math> dbi en 4GHz a la entrada</b>	47.0
<b>en 12 GHz a la entrada</b>	66.1
<b>Ancho del haz. (media banda)</b>	
<b>4GHz</b>	
-3db	0.75
-15db	1.5
<b>12GHz</b>	
-3db	0.25
-15 db	0.50
<b>VSWR (Máximo)</b>	1.30/1
<b>Flange de Entrada</b>	
<b>4GHz</b>	CPP-229G
<b>12GHz</b>	WR-75

**Características de lóbulos laterales** Los lóbulos laterales están abajo de una curva desde por 32-35 log.  $\theta$  desde el primer lóbulo lateral 48° lejos del máximo del lóbulo principal. Desde 48° los lóbulos laterales están abajo de -10dbi.

**Ajustes de Polarización 360° por alimentador rotativo.**

**Temperatura de ruido vs Elevación de Antena**



**Temperatura Resistencia al viento**

(-51 a 52°C)  
160 km/hr

**Tipo Montaje**

EL/AZ con giro de 360° en azimut y de 10 a 65° en elevación. Podemos suministrar valores en elevación aún mejores.

**MATERIAL**  
**Reflector**  
**Subestructura**  
**Alimentador**  
**Montaje**  
**Peso Neto**  
**Anclaje**

Fibra de vidrio alta precisión  
aluminio  
Cobre  
Acero galvanizado en caliente  
1590 kg

Bloques de cemento de 165 a 6 m<sup>3</sup> las anclas se proporcionan con la antena.

**Instalación**

Con los bloques de concreto la antena se puede instalar en 4 horas.

**Embarques**

Nuestras antenas las enviamos en vehículos especiales de transportación.

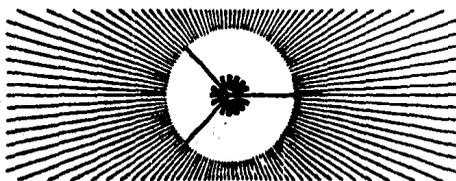


TABLA 4.I. Continuación.

**MICRODYNE RESALT, S.A.**  
Poniente 128 No. 520  
Col. Industrial Vallejo  
México 16, D.F.  
Teléfono 587-62-10  
587-40-73

## 4.4.- MACROMEX S.A..

Macromex es una empresa mexicana que además de fabricar el equipo de recepción de televisión por satélite, se especializa en la fabricación de equipo de radiocomunicación de tipo terrestre y marítimo, así como accesorios para sistemas de vigilancia.

Esta empresa fabrica el sistema de recepción TVRO individual o residencial que se muestra en la figura 4.17.. También fabrica los componentes para el sistema de distribución múltiple o sistemas TVRO comunitario para hoteles, condominios y pequeñas comunidades, como se observa en la figura 4.18..

El equipo de la estación receptora TVRO lleva la marca de la empresa, pero no se especifica si todos los componentes que se utilizan en el equipo son de producción nacional o de importación. El equipo consiste, para el sistema TVRO individual, de la antena receptora, alimentador con polarización lineal doble y polirrotor, amplificador de bajo ruido, convertidor de bajada, control de polarización y el receptor de video.

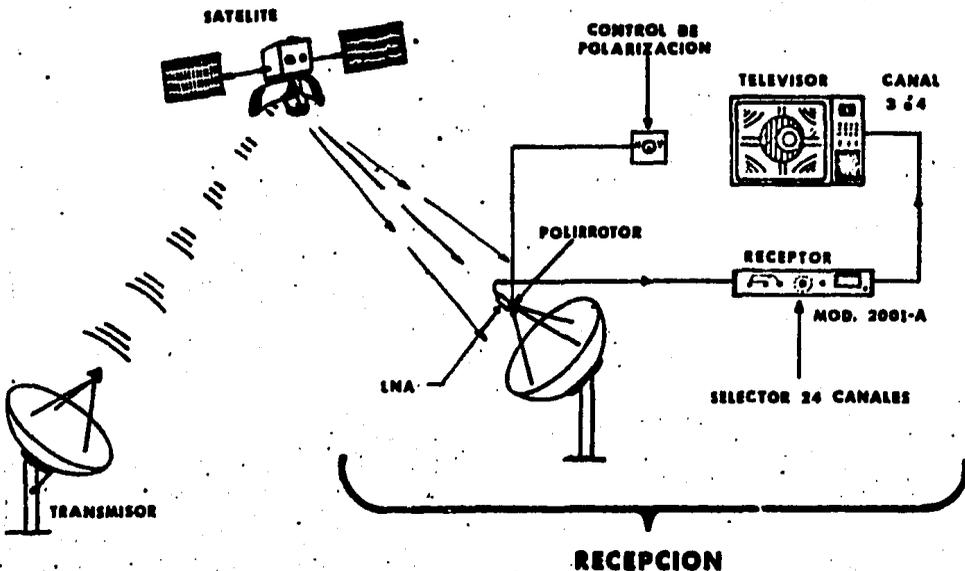


Fig. 4.17. Sistema TVRO individual, Macromex.

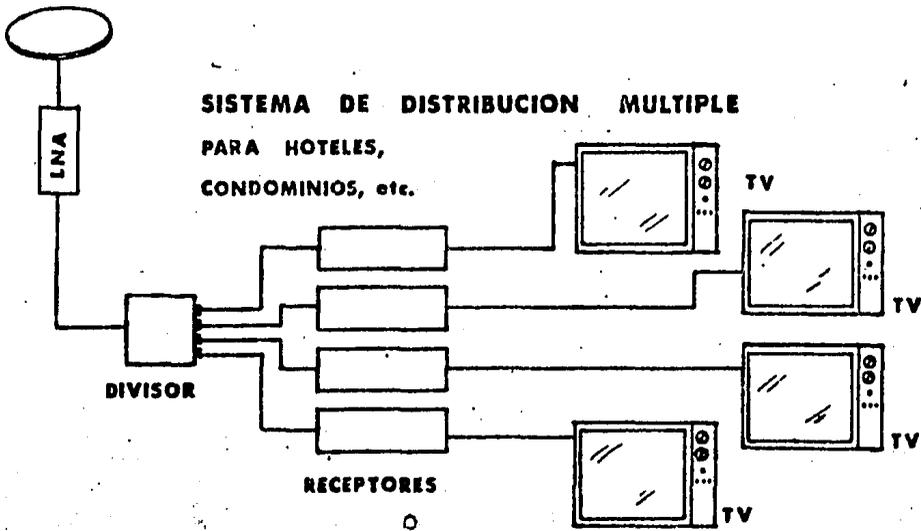
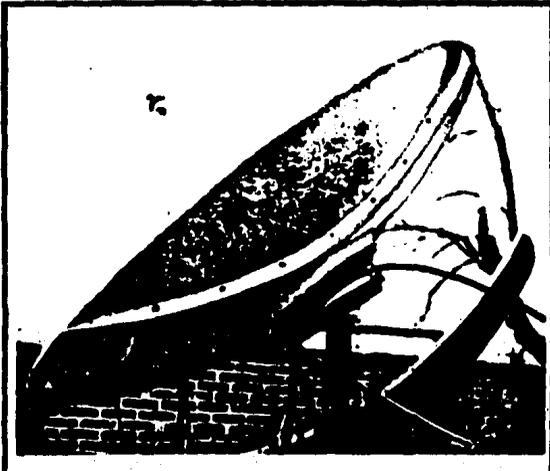


Fig. 4.18. Sistema de distribución múltiple o sistema TVRO comunitario, Macromex.

Las antenas que Macromex fabrica en las instalaciones de la empresa en Sonora, México, son antenas parabólicas de 3.8 y 5 metros de diámetro a base de fibra de vidrio y en tres secciones para su fácil transportación, como se muestra en la figura 4.19.. Las especificaciones técnicas de la antena se indican en la tabla 4.II..

Se utiliza un alimentador de antena en forma circular con una doble polarización lineal. Se tiene un control de la polarización a través de un control remoto junto al receptor, que domina el movimiento del polirrotor situado en el alimentador de la antena, como se muestra en la figura 4.20..

Macromex ofrece amplificadores de bajo ruido con transistores GaAsFET que proporcionan diferentes temperaturas de ruido como se puede observar en la figura 4.21.. Dependiendo de los requerimientos en la TVRO se pueden utilizar LNA's de  $90^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$ ,  $110^{\circ}$  y  $120^{\circ}$  K. También tiene, en fabricación especial, amplificadores de bajo ruido de  $75^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$  y  $85^{\circ}$  K.



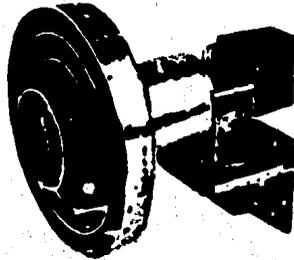
### ANTENA PARABOLICA

HECHA TOTALMENTE DE FIBRA DE VIDRIO  
CON 3.8 mts. DE DIAMETRO. TIENE UNA  
GANANCIA DE 42.3 dB.

INCLUYE MONTAJE POLAR  
CON RASTREADOR MANUAL.  
(OPC. RASTREADOR AUTOMATICO O SEMI-AUTOMATICO)

Fig. 4.19. Antena de 3.8 m., Macromex.

### CORNETA CON CONTROL DE POLARIZACION



FORMA CIRCULAR.  
EL CAMBIO DE LA  
POLARIZACION ES  
DE 180° EN  
1/2 SEGUNDO.

Fig. 4.20. Alimentador tipo circular con  
polirrotor, Macromex.

CARACTERISTICAS DE LA ANTENA PARABOLICADESCRIPCION GENERAL:

Tipo de Reflector	Parabólico de Tres piezas de Fibra de Vidrio.
Tipo de Montaje	Polar Verdadero.
Rotación:	Arco Satélite Completo de cualquier posición Geográfica.
Base	Poste de Acero ó Cruceta de Techo
Tolerancia de Viento	100 Kms/ hora.

ELECTRICO.

Frecuencia de operación	3.7 a 4.2 GHz.
Polarización	Lineal = Sencillo ó Doble ajustable.
Aislamiento de polarización (perpendicular sencillo)	35 dB mínimo.
Aislamiento entre Señales (doble)	30 dB mínimo.

ESPECIFICACIONES INDIVIDUALES.

Diámetro del Reflector	3.8 metros.
Ganancia del Reflector	42.3 dB @ 4.0 GHz.
Punto medio en fuerza de Señal	1.4° @ 4.0 GHz.

ROTACION DE LA ANTENA.

Manual	Rastreador de Satélite Manual.
Opcional	Rastreador Motorizado
Programado	Rastreador Automático programable.
Rotación de polarización	Electrónica, completa 360°

**TABLA 4.II. Especificaciones de la antena de 3.8 m., Macromex.**

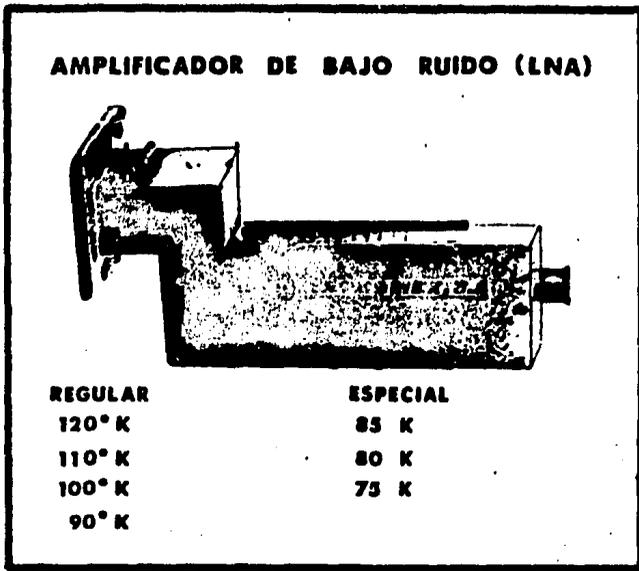
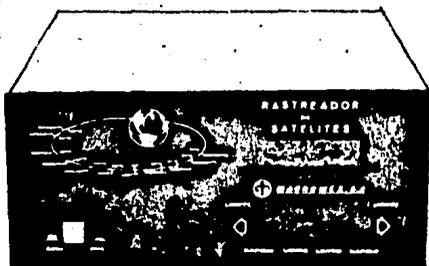


Fig. 4.21. Amplificador de bajo ruido, Macromex.

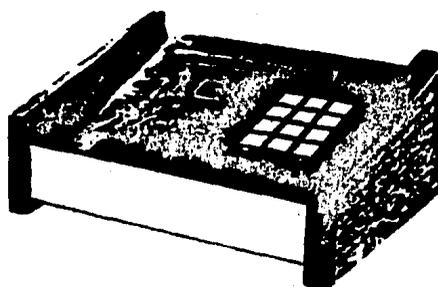


Fig. 4.22. Receptor de video para 24 canales, Macromex.

## RASTREADORES DE SATELITES



SEMI-AUTOMATICO



AUTOMATICO

**Fig. 4.23. Rastreadores de satélites o controladores de posición de la antena, Macromex.**

El receptor de vídeo que se utiliza en el sistema, tiene un selector de 24 canales que incluye el convertidor de bajada, como el que se muestra en la figura 4.22.. También se tiene un receptor de vídeo que no lo incluye y maneja al convertidor de bajada como otro componente del equipo de recepción de T.V. vía satélite.

Se tiene como equipo opcional un selector de canales de control remoto y rastreadores de satélites o posicionadores de la antena. Los rastreadores controlan el movimiento de la antena y se utilizan para localizar los diferentes satélites que se encuentran en la órbita geostacionaria y de los cuales se puede recibir la señal de T.V.. Los rastreadores de satélites pueden ser manuales, semi-automáticos y automáticos programables como se muestra en la figura 4.23..

## 4.5.- MEXSAT.

Mexsat es una empresa mexicana que produce el sistema de recepción de televisión vía satélite en su planta situada en Sonora, México. El sistema TVRO que Mexsat fabrica consiste de la antena receptora, amplificador de bajo ruido, convertidor de bajada y el receptor de video.

Mexsat produce antenas parabólicas de 3, 5, 7 y 8 metros de diámetro de malla con estructura tubular de acero. El alimentador de la antena es del tipo circular con polarización lineal doble y polirrotor para control de la polarización. No se especifica si el amplificador de bajo ruido que se utiliza en el sistema de recepción realmente se produce en México, pero se logró tener conocimiento de que es un producto importado de E.U.. La colocación del alimentador de la antena y el LNA se puede apreciar en la figura 4.24.. (Al amplificador de bajo ruido se le puede llamar LNA o ABR).

El convertidor de bajada es de una etapa de conversión de FI, y se muestra en la figura 4.25.. El receptor de video tiene un selector de 24 canales que opera en forma manual, y que tiene un indicador de nivel de la señal que recibe. Este receptor se muestra en la figura 4.26.. Las especificaciones técnicas del convertidor de frecuencia de bajada y del receptor de video se muestran en la tabla de datos 4.III..

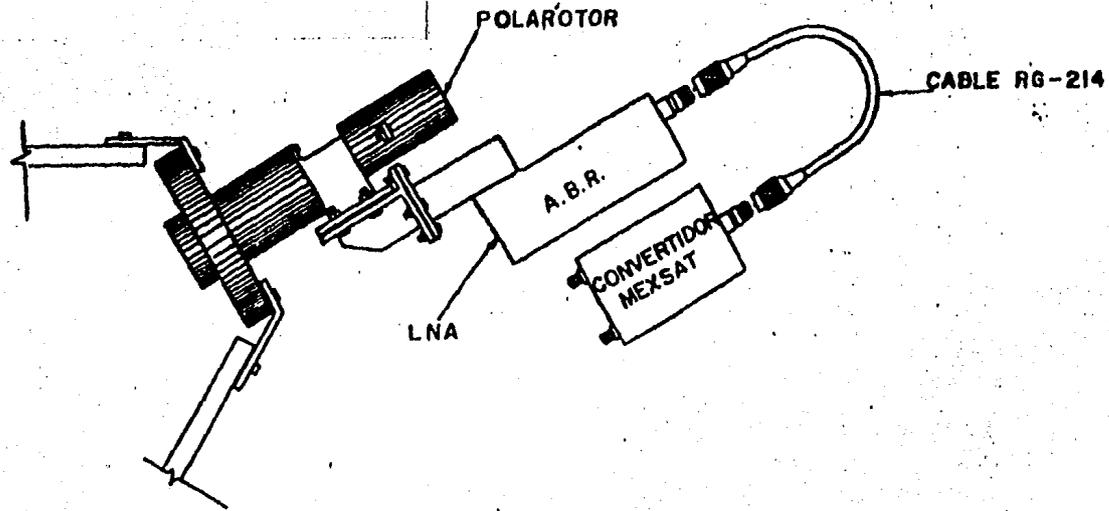


Fig. 4.24, Colocación del alimentador de la antena y el amplificador de bajo ruido con el convertidor a baja frecuencia.

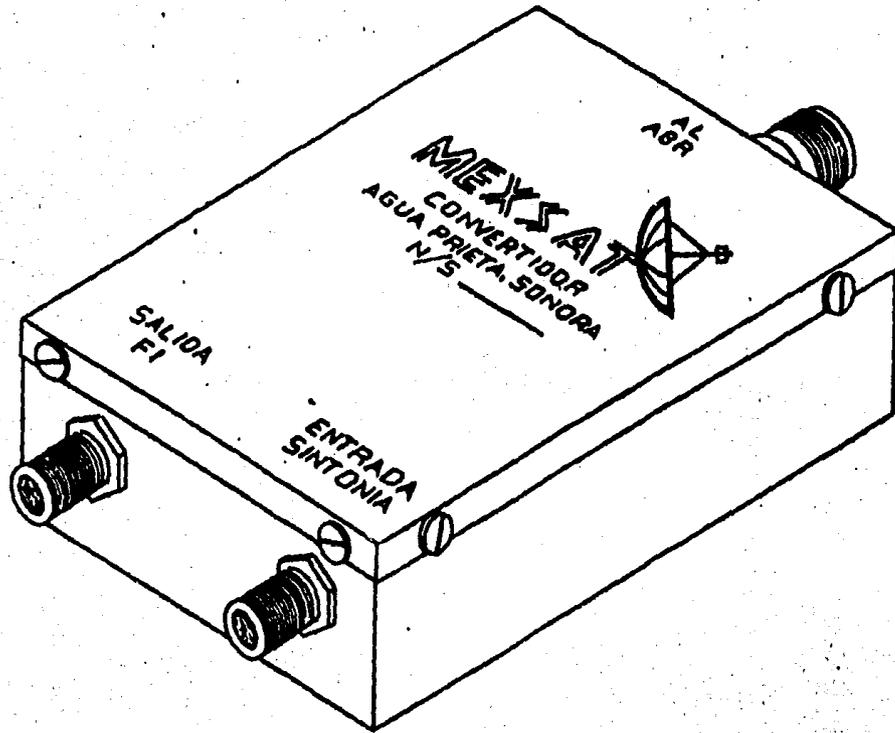


Fig. 25. MODULO CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

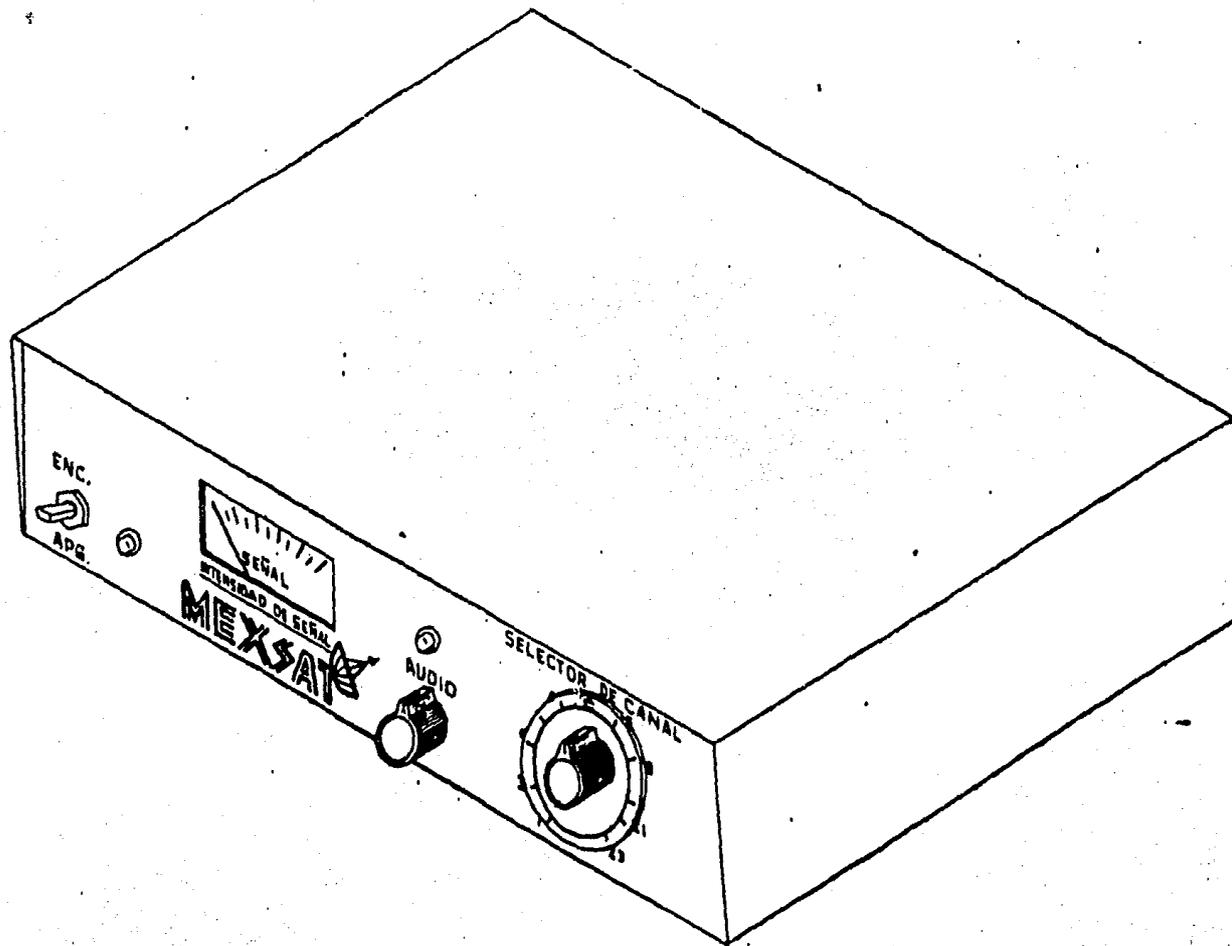


Fig. 4.26. MODELO MEXSAT-1  
RECEPTOR DE SEÑAL DE SATELITE

Especificaciones técnicas del convertidor de bajada y receptor de video.

1. Convertidor de frecuencia.

Frecuencia de entrada . . . . .	3.7 - 4.2 GHZ
Frecuencia de salida . . . . .	70 MHZ (30 MHZ A.B.)
Tipo de sintonía . . . . .	Heterodina de una sola conversión por O.C.V.
Ganancia de conversión . . . . .	50 dB típico
Voltaje de operación . . . . .	18 VDC @ 30 ma
Voltaje de sintonía. . . . .	0 - 15 VDC
Figura de ruido . . . . .	6 dB
Rechazo de imagen . . . . .	40 dB

2. Receptor.

2.1 Controles frontales.

Encendido. . . . .	Encendido del receptor
Audio . . . . .	Sintonía de subportadora
Selector de canal . . . . .	Sintonía de trasponder
Intensidad de señal . . . . .	Nivel relativo de intensidad de FI

2.2 Panel posterior.

RF . . . . .	Salida de VHF al televisor. Conector tipo "F"
FI . . . . .	Entrada del convertidor. (Tipo "F").
sintonía. . . . .	Salida al convertidor. (Tipo "F")
Audio. . . . .	Salida de audio auxiliar. (RCA JACK)
Video. . . . .	Salida de video auxiliar. (Tipo "F")
Audio compuesto. . . . .	Salida de subportadoras de audio. (Tipo "F")
Medidor externo. . . . .	Salida a medidor externo 0-50 MA. (RCA JACK)
Selector de canal. . . . .	Selección de salida de UHF a canales 3 ó 4

### 2.3 Video.

Nivel de salida . . . . .	1 Vpp Nominal
Impedancia de salida. . . . .	75 $\Omega$ balanceada
S/R (compensado CCIR 16 dB P/R, 10.75 MHZ MAX DESV.) . . . . .	44 dB
Eliminación de dispersión . . . . .	44 dB

### 2.4 Audio.

Nivel de salida . . . . .	500 MVpp típico.
Rango de sintonía . . . . .	5 - 8 MHZ.
Impedancia de salida. . . . .	150 $\Omega$
S/R ( 16 dB de P/R) . . . . .	50 dB
Distorsión armónica . . . . .	4 %
Vídeo compuesto con subportadoras de audio. . . . .	75 mvpp

### 2.5 Modulador de RF.

Modulación de video NTSC. . . . .	75 % mínima
Salida a canal. . . . .	Canales 3 ó 4 (VHF)
Modulación de sonido NTSC . . . . .	55 % min. (100 % - 25 KHZ)
Impedancia de salida.. . . . .	75 $\Omega$
Nivel de salida . . . . .	1 MV /75 OHMS

TABLA 4.III. Continuación.

## CAPITULO 5

## DIFUSION DIRECTA DE TELEVISION

## INTRODUCCION

Aunque la aparición de los satélites diseñados para la difusión directa de televisión es relativamente reciente, la idea de brindar tal servicio no lo es, pues desde el principio de la década de los 60's se contempló la posibilidad de hacerlo, y a partir de ese entonces se empezaron a realizar los experimentos e investigaciones que han conducido a la creación de los sistemas de difusión directa de televisión que existen hoy en día y de los que dentro de muy poco estarán operativos.

Los primeros dos satélites de difusión directa que existieron en el mundo fueron dos satélites experimentales; el ATS-6 (Application Technology Satellite) perteneciente a la NASA, y el CTS (Communications Technology Satellite conocido también con el nombre de HERMES) que fue un proyecto conjunto entre el Departamento Canadiense de Comunicaciones y la NASA.

El ATS-6 fue un satélite que transmitió las señales de televisión a través de una antena de 9 metros, radiándolas en UHF y en la banda S de frecuencias.

El satélite HERMES que fue lanzado en Enero 17 de 1976 y que ocupó una posición de  $116^{\circ}$  de longitud oeste en el arco orbital, fue el primer satélite de alta potencia que estuvo en órbita. Este satélite estuvo equipado con dos tubos de onda progresiva (TWT) con potencias de salida nominales de 20 y 200 Watts respectivamente, utilizándose cada uno de ellos para alimentar su propia antena parabólica. Los experimentos de difusión directa de televisión se realizaron en la banda Ku a través del tubo de onda progresiva de 200 Watts, utilizándose en tierra antenas de 1.2 y 1.6 m. para recibir la señal.

Banda de recepción 1 (RB1)	14.205 - 14.290 GHz
Banda de recepción 2 (RB2)	14.010 - 14.095 GHz
Banda de transmisión 1 (TB1)	12.038 - 12.123 GHz
Banda de transmisión 2 (TB2)	11.843 - 11.928 GHz
Polarización	lineal, ortogonal
Densidad de flujo de saturación (RB1)	-91.4 dBw/m <sup>2</sup>
Densidad de flujo de saturación (RB2)	-88.1 dBw/m <sup>2</sup>
PIRE (TB1)	59.5 dBw
PIRE (TB2)	48.4 dBw
Temperatura de ruido del sistema	1 349 K

TABLA 5.I. Características del satélite HERMES.

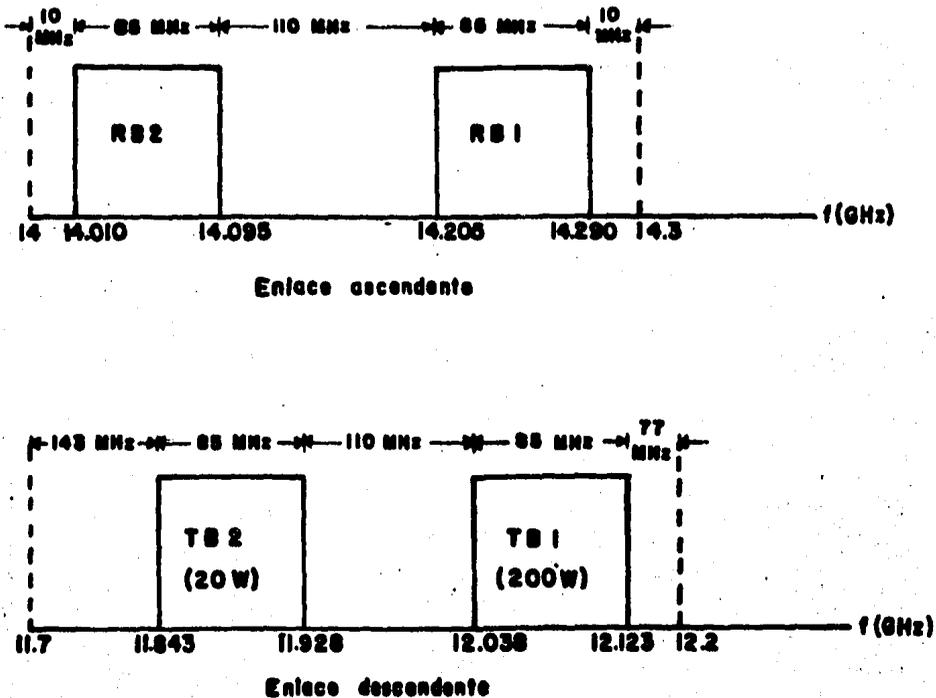


Fig. 5.1. Plan de frecuencias del satélite HERMES.

SEÑAL DE VIDEO	CARACTERISTICAS
Nivel	1 volt pico a pico
Desviación de frecuencia	6 MHz
Ancho de banda	de 30 Hz a 4.2 MHz
SEÑAL DE AUDIO	CARACTERISTICAS
Nivel	10 dB rms
Desviación de frecuencia	60 KHz
Frecuencia subportadora	5.14 MHz
Ancho de banda	de 70 Hz a 8 KHz.

TABLA 5.II. Características de la señal transmitida por el satélite HERMES.

Frecuencia de la señal recibida	12.038 - 12.123 GHz
Polarización	lineal
Díámetro de la antena	1.20 metros
Ganancia de la antena	41.5 dB
Temperatura de ruido del sistema	1000 K
G/T	11.5 dB/K
Ancho de banda del ruido en FI	23 MHz
Relación señal de video a ruido	mayor de 39 dB
Relación señal de audio a ruido	mayor de 45 dB

TABLA 5.III. Parámetros de la estación TVRO.

En la tabla 5.I. se presentan las características del satélite HERMES y en la figura 5.1. se presenta su plan de frecuencias. En la tabla 5.II. se presentan las características de la señal transmitida y en la tabla 5.III. se presentan los resultados obtenidos en la estación TVRO.

En el año de 1978 fue lanzado y puesto en órbita otro satélite experimental de difusión directa; en este caso se trató de un satélite Japonés que operó en la banda Ku con transpondedores de 100 Watts de potencia.

Los resultados obtenidos de los experimentos realizados con estos satélites fueron tan satisfactorios, que quedó demostrada por completo la factibilidad de poner en operación sistemas de difusión directa de televisión.

#### 5.1.- SATELITES DE DIFUSION DIRECTA.

En el capítulo 3, cuando se trató lo referente a las estaciones TVRO comunitarias e individuales, se hizo énfasis en que las señales de televisión que reciben no están destinadas a ellas. Esta afirmación es únicamente válida para las estaciones TVRO comunitarias e individuales que están situadas en la Región 2 de la UIT, pues las que están situadas dentro de las Regiones 1 y 3 son estaciones que reciben las señales de televisión de satélites que han sido diseñados para prestar ese servicio. (La UIT ó Unión Internacional de Telecomunicaciones ha dividido al mundo en tres regiones; la Región 1 consiste de Africa, Europa, URSS y Mongolia; la Región 2 consiste de América y Groenlandia; la Región 3 consiste de Asia y Australia.)

Los satélites que están diseñados para radiar señales de televisión directa y especialmente hacia estaciones TVRO individuales y comunitarias, son llamados satélites de difusión directa. Estos satélites aparte de su característica propia que es la que les da el nombre, no poseen entre sí otra característica común.

Los satélites de difusión directa que se encuentran en operación en la actualidad, aunados a los que dentro de muy poco estarán operativos, no se pueden situar dentro de una sola banda de frecuencias de trabajo, ni dentro de un solo rango de potencia transmitida; esto se debe a que ellos han sido y serán diseñados para trabajar dentro de zonas específicas, teniendo cada una de ellas necesidades particulares que tienen que ser satisfechas.

No obstante, aún y cuando no se puede asignar una sola banda de frecuencias a los satélites de difusión directa, sí se puede decir que dentro de un marco general ellos trabajan en alguna de las siguientes categorías:

a) Satélites que operan en el enlace descendente o de bajada dentro de la banda S (2.5 a 2.69 GHz), con una potencia de 50 Watts. Este tipo de satélites se encuentra operando desde finales de la década de los 70's en la India, Arabia y algunas zonas de la URSS, proveyendo principalmente servicios de televisión educativa; su frecuencia de operación fué escogida por ser la que menor atenuación sufre dentro del rango de frecuencias que es utilizado para comunicaciones por satélite: este tipo de satélites es usado en zonas donde las redes de microondas terrestres no están bien desarrolladas, por lo que no existen problemas de interferencia con ellas.

Desde un punto de vista estricto, los satélites con estas características podrían no ser clasificados dentro de los satélites de difusión directa, ya que estos satélites son satélites comunes de comunicaciones que han sido provistos de uno o dos transpondedores que están dedicados al servicio de difusión directa. Las estaciones TVRO que trabajan con estos satélites, poseen antenas cuyos diámetros varían entre 2 y 4 m., y en forma general se pueden clasificar dentro de la categoría comunitaria.

b) Satélites operando en el enlace descendente dentro de la banda Ku (11.7 a 12.2 GHz), dentro de esta categoría se distinguen dos tipos; uno que trabaja con una potencia de transmisión de 100 watts, y el otro que trabaja con una potencia de transmisión de alrededor de 20 Watts.

Los satélites con potencia de 100 Watts se encuentran bajo construcción en Europa, y en el Japón se construye un satélite con estas características para entrar en operación a finales de 1984. El otro tipo de satélites que está dentro de esta categoría, se planea que trabaje en forma conjunta con los satélites de difusión directa de alta potencia dentro de la Región 2 de la UIT; este tipo de satélites tendrá una PIRE que variará entre 42 y 47 dBw, y las estaciones TVRO que trabajen con ellos lo harán con antenas cuyos diámetros estarán entre 1.2 y 1.5 m.. Ambos tipos de satélites transmitirán principalmente televisión comercial.

c) Satélites operando en el enlace descendente dentro de la banda de 12.2 a 12.7 GHz, con una potencia de transmisión de 200 Watts. A los saté-

lites pertenecientes a esta categoría son a los que comúnmente se les conoce como satélites de difusión directa, llegándose inclusive a pensar que sólo los satélites que cumplen con estas características pueden ser denominados satélites de difusión directa. Nosotros los llamaremos satélites de difusión directa de alta potencia y dado que ellos son los satélites que estarán en operación en la Región 2, que es la región que corresponde a México, dedicaremos a su estudio la parte restante de este capítulo.

#### 5.1.1.- Satélites de difusión directa de alta potencia en los E.U.A.

Los estudios para la asignación de las características técnicas de los satélites de difusión directa de alta potencia para la región 2 se iniciaron en la WARC (World Administrative Radio Conference), organismo dependiente de la UIT en el año de 1977; sin embargo, no fue sino hasta el año de 1983 que estas características se definieron por completo. En la tabla 5.IV. se muestran las características técnicas que deben cumplir los satélites de difusión directa en la región 2.

Arco orbital	de $31^{\circ}$ a $175^{\circ}$ longitud oeste
Número de posiciones orbitales	48
Banda del enlace ascendente	17.3 - 17.8 GHz
Banda del enlace descendente	12.2 - 12.7 GHz
Banda de guarda	12 MHz
Número de canales en cada posición orbital	32
Ancho de banda de cada canal	24 MHz
Espaciamiento entre canales	14.58 MHz
Polarización en el enlace descendente	circular
C/N	14 dB para el 99% de tiempo
Densidad de flujo de potencia en el extremo del área de cobertura	$-107 \text{ dBw/m}^2$ para el 99% de tiempo
G/T de la estación TVRO	10 dB/K

TABLA 5.IV. Características recomendadas para satélites de difusión directa en la Región 2 de UIT.

En cada posición orbital que se asigna para el servicio de difusión directa, está contemplado un número de 32 canales de televisión. Sin embargo, con la tecnología actual no es posible que los satélites de difusión directa de alta potencia manejen tal número de canales; el número máximo de canales de televisión que se ha encontrado que en la actualidad pueden manejar este tipo de satélites, teniendo en cuenta las limitaciones en tamaño y peso, es de 6 canales.

Los primeros satélites de difusión directa de alta potencia que estarán operativos para mediados de 1986, poseerán una PIRE de alrededor de 57 dBw. Las estaciones TVRO individuales que trabajarán con ellos utilizarán antenas de alrededor de 0.75 m. de diámetro y amplificadores de bajo ruido de estado sólido con figuras de ruido del orden de los 2.5 dBK (225 K), con lo cual se espera obtener una figura de mérito del orden de los 10 dB/K. Debido al reducido tamaño de las antenas y a que los amplificadores de bajo ruido con figuras de ruido del orden de 2.5 dBK resultan baratos cuando son fabricados en grandes cantidades, el costo de una estación de este tipo será en realidad muy bajo; de alrededor de 300 dólares. Debido a este costo reducido, se espera que este tipo de estaciones tengan una gran aceptación y que su número se cuente por millones.

Ahoar bien, los primeros satélites de difusión directa que darán servicio a los Estados Unidos pertenecerán a 8 diferentes compañías que se dedicarán a transmitir televisión comercial. Las características de estos satélites variarán sobre todo en lo referente al número de canales de televisión vía satélite, el ancho de banda utilizado por canal, el tipo de polarización utilizado y la PIRE; no obstante todas estas variaciones con respecto a los valores recomendados por la WARC 83 (sobre todo en lo referente al ancho de banda utilizado por canal), se espera que estos satélites tengan un buen rendimiento y que la interferencia que provoquen no sea más grande que la que provocarían en caso de cumplir exactamente con los valores recomendados.

Esta facilidad para cambiar los valores recomendados por la WARC 83 no es privativa de los Estados Unidos, pues cualquier país perteneciente a la Región 2 puede implementar su propio sistema de satélites de difusión

directa teniendo diferentes parámetros de squellos que fueron recomendados en la WARC 83, siempre y cuando no se cause mayor interferencia de la que se causaría si se emplearan los parámetros recomendados.

En la tabla 5.V. se muestran las características de los primeros satélites de difusión directa que entrarán en operación en los Estados Unidos. Estos satélites transmitirán exclusivamente televisión comercial, basando su costeabilidad en la suscripción de usuarios o en la utilización de anuncios comerciales.

En lo referente a los satélites de difusión directa, a nuestro país se le han asignado cuatro posiciones orbitales exclusivas para satélites de este tipo; sin embargo, es prematuro hablar en este caso de la puesta en servicio de un sistema de difusión directa de televisión a través de satélites de difusión directa de alta potencia, ya que antes de introducirse este servicio convendrá efectuar un estudio del mercado y estructurar los mecanismos de fabricación de equipos de recepción de T.V. en la banda Ku, de preferencia con un alto nivel o porcentaje de integración nacional.

Empresa	Número de satélites	Canales por satélite	Ancho de banda (MHz)	Polarización	Tiempo de vida (años)	Potencia de los TWT (W)	PIRE (dBW)	Fecha de operación	G/T del satélite (dB/K)	Estación Terrena			
										S/N (dB)	Diámetro (m)	Temperatura (K)	G/T (dB/K)
USSB	2+4 en espera	3	16	Circular	7	230	57	1985	7.7	42	0.75	550	8.8
STC	4+2 en espera	3	16	Circular	7	215	57	1987	7.7	42	0.75	527	9.4
RCA	4+2 en espera	4	24	Lineal	7	230	—	1987	-3.6	42	0.6-1.0	300-500	7.2-13.2
WU	4+2 en espera	4	16	Lineal	7	100	55.8	—	7.0	42	0.9	550	10.4
DBSC	3+1 en espera	6	22.5	Circular	7	200	56	1985	8.0	46.7	0.9	420	12
VSB	2+1 en espera	2	17.5	Circular	8	150-200	56	1985/86	7.7	43	0.9	552	10.2
CSB	4+1 en espera	3	27	Circular	7	400	60	—	8.2	—	1.0	—	12
QSC	2+1 en espera	2	16	Circular	7	300	53.7	1986	8.1	37.7 (0.6m) 42.1 (1.0m)	0.6-1.0	440	10

**TABLA 5.V.- Características de los Satélites de Difusión Directa de Alta Potencia que entrarán en operación en los Estados Unidos**

## CONCLUSIONES

La próxima puesta en servicio en el año de 1985 del Sistema - Morelos de satélites mexicanos y de los primeros satélites de difusión directa de televisión pertenecientes a los Estados Unidos, seguramente marcará el principio de una nueva e importante etapa en México en lo referente a estaciones terrenas TVRO.

Esta nueva etapa estará caracterizada sobre todo por un gran incremento en la demanda interna de estaciones terrenas TVRO, pues si bien es cierto que actualmente existe un aumento constante en la demanda de estaciones terrenas TVRO, también lo es que sólo se presenta en las categorías comunitaria e individual. Esta situación cambiará considerablemente a partir de 1985, puesto que se prevé que el incremento en el número de estaciones terrenas TVRO abarcará a las tres categorías en las que éstas se dividen (regional, comunitaria e individual).

Aún cuando la actual Red Nacional de Estaciones Terrenas consta ya de 181 estaciones TVRO regionales distribuidas en todo el país (excepto los estados de Puebla y Querétaro), aún existen regiones que no cuentan con servicio de televisión. Por esta razón, y dado que se planea llevar la televisión a esas regiones (tanto de entretenimiento como educativa), es de esperarse que el número de estaciones TVRO regionales aumentará.

El advenimiento de los satélites Morelos no impulsará únicamente la adquisición de estaciones TVRO regionales, sino también propiciará el surgimiento de nuevas estaciones TVRO comunitarias. Sin embargo, el factor que posiblemente impulsará el mayor surgimiento de estaciones TVRO comunitarias, así como estaciones TVRO individuales, será sin duda la aparición en los E.U. de los primeros satélites de difusión directa.

Con este nuevo tipo de satélites, las estaciones TVRO, tanto comunitarias como individuales, requerirán antenas de diámetros muy pequeños y resultarán muy económicas.

Debe notarse, sin embargo, que las estaciones TVRO comunitarias e individuales que operen con los satélites de difusión directa, únicamente podrán recibir bien aquellos programas de televisión que sean transmitidos sin la utilización de la técnica de ruido pseudocaleatorio (ver capítulo 5). En el caso de aquellos programas de televisión en donde sí se utilice esta técnica, se necesitará un codificador especial para recuperar la señal original de televisión, mismo que por regla general será vendido por la compañía transmisora.

En vista del incremento en la demanda de estaciones terrenas TVRO que se presentará a partir del próximo año, las empresas mexicanas tienen una buena oportunidad para justificar sus esfuerzos e inversiones en la fabricación de este tipo de estaciones, y satisfacer así la demanda del mercado interno. Para realizar esto, tanto las empresas que actualmente se dedican a vender estaciones terrenas TVRO como las que quieran entrar a este mercado, deberán impulsar la investigación en este campo, teniendo como objetivo el que todas o la mayoría de los componentes que constituyen las estaciones terrenas TVRO sean producidos en nuestro país; de esta forma se eliminará la situación actual, en que se tienen que importar los sistemas completos o parte de ellos, ya que en el mejor de los casos sólo se fabrican en México los componentes pasivos de dichos sistemas y las otras partes del sistema se arman con componentes importados.

Debido a que la mayor demanda se presentará en las estaciones TVRO comunitarias e individuales, las compañías que entren a este mercado desde luego optarán por fabricar fundamentalmente este tipo de estaciones.

Esta elección se justifica adicionalmente debido a que, desde el punto de vista técnico, las estaciones TVRO comunitarias e individuales son más fáciles de construir que las estaciones TVRO regionales; en ellas los diámetros de las antenas son menores y no existe tanta restricción en cuanto a la temperatura de ruido del sistema, por lo cual se pueden utilizar GaAsFET con figuras de ruido altas que son menos difíciles de fabricar y más fácil de manipular.

Pensando un poco más hacia el futuro, se puede contemplar inclusive la posibilidad de ampliar las fronteras del mercado interno y llevar este tipo de estaciones hasta Centroamérica y parte de Sudamérica. Con el incremento del número de canales de televisión comercial que posiblemente se tendrá cuando los satélites Morelos estén operativos, es muy probable que en ciertas regiones de Centro y Sudamérica haya interés por recibir tales transmisiones, siendo la forma más fácil de hacerlo a través de estaciones TVRO comunitarias e individuales, y existirá entonces la posibilidad de exportar a esas regiones este tipo de estaciones terrenas.

A P E N D I C E A

E C U A C I O N E S D E E N L A C E

P A R A E S T A C I O N E S T V R O

## CALCULOS DE ENLACE PARA ESTACIONES TVRO.

Para realizar el diseño de una estación TVRO, se necesita:

- a) Conocer la G/T del satélite, su densidad de flujo de potencia y su FIRE en los sitios en donde se va a instalar la estación.
- b) Conocer las características de la señal de televisión que se va a manejar.
- c) Fijar las características que se desea que tenga la estación, en función del tipo de uso al cual se va a destinar.

En este apéndice se harán los cálculos para el diseño de 6 estaciones TVRO, de las cuales 3 pertenecen a la categoría regional y 3 a la categoría individual.

En lo referente a las 3 estaciones de la categoría regional, se trabajará con estaciones que ya existen y que forman parte de la Red Nacional de Estaciones Terrenas TVRO regionales; por esta razón, el diámetro de la antena parabólica y la temperatura de ruido de los amplificadores de bajo ruido (ABR) ya están dadas, y en estos casos sólo se procederá a calcular la relación  $S_v/N$  para comprobar si es adecuada o no para su funcionamiento.

En el caso de las estaciones TVRO individuales, cada una de ellas se supondrá localizada en el mismo punto en el que se localizan cada una de las estaciones TVRO regionales. En este caso, dado que las estaciones no existen en forma física, se procederá a seguir todos los pasos de diseño hasta obtener el diámetro de la antena parabólica requerido para cumplir con la relación  $S_v/N$  deseada.

Los cálculos se harán suponiendo que las 6 estaciones van a trabajar con los satélites Morelos, a continuación se da una tabla con las características del satélite que se necesitan para realizar los cálculos.

Localización de la estación TVRO	FIRE del satélite	G/T del satélite	Densidad de flujo de potencia del satélite
Cd. Obregón	36.5 dBw	0.2 dB/K	-82.2 dBw/m <sup>2</sup>
León	37.5 dBw	0.2 dB/K	-82.2 dBw/m <sup>2</sup>
Cd. del Carmen	37 dBw	0.2 dB/K	-82.2 dBw/m <sup>2</sup>

TABLA A.I. Parámetros de los satélites Morelos.

La señal de televisión con la cual se va a trabajar es una señal del sistema NTSC, modulada en FM con una desviación de frecuencia de 10.75 MHz, que va a ser transmitida a 6.005 GHz y será recibida a 3.78 GHz, utilizándose la técnica de video de transpondedor completo.

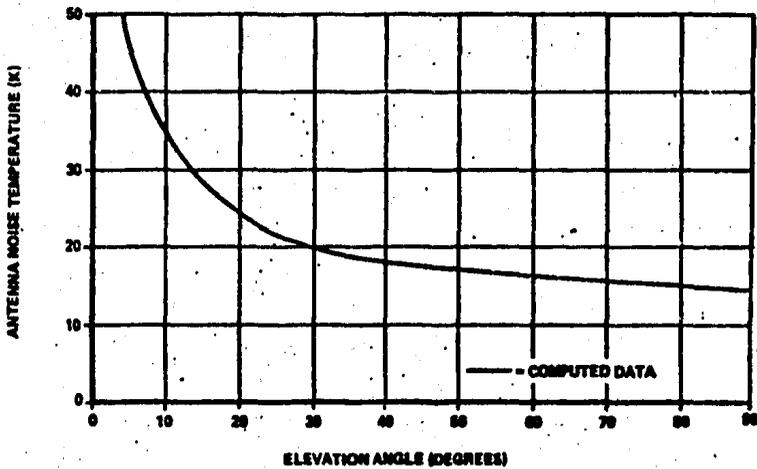


Fig. A.1. Variación típica de la temperatura de ruido de una antena en función del ángulo de elevación.

## SECCION A-J.

ESTACION TVRO REGIONAL EN CD. OBREGON, SONORA.

a) Parámetros de la estación.

Coordenadas de localización:  $27^{\circ} 29' 24''$  latitud N  
 $109^{\circ} 55' 48''$  longitud W

Antena:

Parabólica tipo Cassegrain, Scientific-Atlanta MOD. 8010A.  
 Diámetro: 7 metros.  
 Ganancia: 47.5 dBi en recepción.  
 VSWR: 1.3 : 1.

Amplificador de bajo ruido:

Scientific-Atlanta MOD. 200-4.  
 Temperatura de ruido: 80 K.  
 Ganancia: 52 dB.  
 Ancho de banda: 500 MHz.  
 VSWR: entrada 1.3 : 1  
 salida 1.5 : 1

b) Cálculo de la temperatura de ruido de la antena en función del ángulo de elevación.

Se define:  $X$  = latitud de la estación terrena =  $27^{\circ} 29' 24''$   
 $Y$  = longitud de la estación terrena =  $109^{\circ} 55' 48''$   
 $Z$  = longitud del satélite =  $116^{\circ} 30' 00''$

$$C = Z - Y = (116^{\circ} 30' 00'') - (109^{\circ} 55' 48'')$$

$$C = 6^{\circ} 34' 12''$$

$$\text{Azimuth} = A = 180^{\circ} + \tan^{-1} \left( \frac{\tan C}{\sin X} \right)$$

$$\text{Elevación} = E = \tan^{-1} \left[ \frac{(\cos C \cos X) - 0.15126}{\sqrt{\sin^2 C + \cos^2 C \sin^2 X}} \right]$$

substituyendo los valores en las ecuaciones, se obtiene:

$$A = 194^{\circ} 00' 36''$$

$$E = 57^{\circ} 04' 48''$$

→ de la gráfica A-1. se obtiene para este ángulo de elevación una temperatura de ruido  $T_A = 17^{\circ} \text{K}$ .

c) Cálculo de la figura de mérito de la estación TVRO.

$$G/T \text{ (dB/K)} = G \text{ (dBi)} - T \text{ (dB-K)}$$

$$\text{Sea: } G = G_a - L_v - L_f$$

donde:  $G_a$  = Ganancia de la antena en recepción = 47.5 dBi

$L_f$  = Factor de pérdidas en la línea de transmisión de la antena al ABR = 1.023 = 0.1 dB

$L_v$  = Reducción de la ganancia de la antena por efecto del VSWR =  $10 \log(1 - \rho^2)$ .

$\rho$  = Coeficiente de reflexión resultante del VSWR.

VSWR entre antena y ABR es de 1.3 : 1

$$\rho = \frac{\text{VSWR} - 1}{\text{VSWR} + 1} = \frac{1.3 - 1}{1.3 + 1} = 0.1304$$

$$L_v = 10 \log(1 - (0.1304)^2) = 0.074 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} \text{as } G &= 47.5 - 0.074 - 0.1 \\ G &= 47.32 \text{ dBi} \end{aligned}$$

$$\text{Sea: } T = \frac{T_A}{L_f} (1 - \rho^2) + \left(\frac{L_f - 1}{L_f}\right) T_0 + T_{\text{ABR}} + T_R$$

donde:  $T_A$  = Temperatura de ruido de la antena = 17 K.

$L_f$  = 1.023 = 0.1 dB

$T_0$  = temperatura ambiente = 293 K

$T_{\text{ABR}} = 80 \text{ K @ } 26^\circ\text{C}$

$$T_R = \left[ \frac{L_1 (F - 1)}{G_{\text{ABR}}} \right] T_0$$

donde:  $L_1$  = Relación de pérdidas entre el ABR y el convertidor de bajada.

$L_1 = 39.8$  (16 dB) considerando 200 pies de cable coaxial con dieléctrico de aire.

$F$  = Figura de ruido del convertidor de bajada

$F = 25.11$  (14 dB) para el Mod. 8362-5CH de Scientific - Atlanta.

$$G_{ABR} = \text{Ganancia del ABR} = 52 \text{ dB} = 1.584 \times 10^5$$

$$\Rightarrow T_R = \left[ \frac{34.8 (25.11 - 1)}{1.584 \times 10^5} \right] 293 = 1.77 \text{ K}$$

$$T = \frac{17}{1.023} \left[ 1 - (0.1342)^2 \right] + \left[ \frac{1.023 - 1}{1.023} \right] 293 + 80 + 1.77$$

$$T = 104.69 \text{ K} = 20.19 \text{ dB-K}$$

$$\Rightarrow G/T = 47.32 - 20.19$$

$$G/T = 27.13 \text{ dB/K}$$

d) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente.

$$L_s = 185.05 + 10 \log [1 - 0.295 \cos H \cos \Delta L] + 20 \log f_{\text{GHz}}$$

donde:  $H$  = latitud de la estación terrena receptora =  $27^\circ 29' 24''$

$\Delta L$  = diferencia de longitud entre el satélite y la estación terrena

$$\Delta L = (116^\circ 30' 00'') - (109^\circ 55' 48'')$$

$$\Delta L = 6^\circ 34' 12''$$

$$f = \text{frecuencia de recepción} = 3.78 \text{ GHz}$$

substituyendo los valores en la ecuación, se obtiene:

$$L_s = 195.29 \text{ dB}$$

e) Cálculo de la relación (C/N) para el enlace ascendente.

$$(C/N)_A = S_{\text{satélite}} + (G/T)_{\text{satélite}} - 20 \log f_{\text{GHz}} - 21.45 + 228.6 - 10 \log B_{\text{Hz}} - BO_{\text{in}} - P_{\text{su}}$$

$$\text{donde: } S_{\text{satélite}} = -82.2 \text{ dBW/m}^2$$

$$(G/T)_{\text{satélite}} = 0.2 \text{ dB/K}$$

$$f = \text{frecuencia de transmisión} = 6.005 \text{ GHz}$$

$$B = 36 \text{ MHz}$$

$$BO_{\text{in}} = \text{back-off de entrada} = 0 \quad (\text{debido a utilizarse una sola portadora}).$$

$P_{SH}$  = Potencia compartida en el transpondedor = 0  
(debido a utilizar una sola portadora).

$$\Rightarrow (C/N)_A = -82.2 + 0.2 - 20 \log(6.005) - 21.45 + 228.6 - 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_A = 34.01 \text{ dB} = 2517.17$$

f) Cálculo de la relación (C/N) en el enlace descendente.

$$(C/N)_D = PIRE_{sat} + (G/T)_{E.T.} - L_s - L_A + 228.6 - 10 \log B_{Hz} - BO_{out} - P_{SH}$$

donde:  $PIRE_{sat} = 36.5 \text{ dBw}$ .

$$L_s = 195.29 \text{ dB}$$

$L_A$  = absorción atmosférica = 3 dB.

$$(G/T)_{E.T.} = 27.13 \text{ dB/K}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$BO_{out}$  = back-off de salida = 0 (debido a utilizarse una sola portadora).

$P_{SH}$  = Potencia compartida en el transpondedor = 0  
(debido a utilizarse una sola portadora)

$$\Rightarrow (C/N)_D = 36.5 + 27.13 - 195.29 - 3 + 228.6 - 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_D = 18.37 \text{ dB} = 68.7$$

g) Cálculo de la relación (C/N) total del enlace.

$$\frac{1}{(C/N)_T} = \frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_D} + \frac{1}{(C/N)_{intermod}} + \frac{1}{(C/N)_{interferencia}}$$

donde:  $(C/N)_T$  = Relación total portadora a ruido.

$(C/N)_A$  = Relación (C/N) en el enlace ascendente = 2517.17.

$(C/N)_D$  = Relación (C/N) en el enlace descendente = 68.7

$(C/N)_{intermod}$  = Relación (C/N) de intermodulación = 0  
(debido a utilizarse una sola portadora)

$(C/N)$  interferencia = Relación  $(C/N)$  de interferencia. (Para simplificar los cálculos, no se toma en cuenta; ya que su valor típico es de aprox. 30 dB, el error cometido al ignorarla es muy pequeño).

$$\circ \circ \quad (C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_D}} = \frac{1}{\frac{1}{2517.17} + \frac{1}{68.7}}$$

$$(C/N)_T = 66.88 = 18.25 \text{ dB.}$$

h) Cálculo de la relación señal de video a ruido  $(S_V/N)$ .

$$(S_V/N) = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_V} \right) + W + CF$$

donde:  $(C/N)_T$  = Relación total portadora a ruido = 18.25 dB

$\Delta F$  = Desviación de frecuencia = 10.75 MHz

$f_m$  = Máxima frecuencia de video en banda base = 4.2 MHz

$B_{IF}$  = Ancho de banda del ruido en frecuencia intermedia = 36 MHz.

$B_V$  = Ancho de banda del ruido en banda base = 4.2 MHz

$W$  = Factor de mejoramiento debido a las redes de desacentuación y ponderación = 12.8 dB

$CF$  = Factor de conversión de la señal de video de un valor rms a un valor pico a pico = 6 dB.

$$(S_V/N) = 18.25 + 10 \log 3 \left( \frac{10.75}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{36}{8.4} \right) + 12.8 + 6$$

$$(S_V/N) = 55.84 \text{ dB.}$$

i) Cálculo de la relación  $(C/N)$  en el demodulador de la subportadora de audio.

$$(C/N)_{SC} = (C/N)_T + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_{SC}} \right) + 10 \log \left( \frac{\Delta F_C}{f_{SC}} \right)^2$$

donde:  $B_{SC}$  = Ancho de banda del filtro de ruido para la subportadora = 0.6 MHz

$\Delta F_C$  = Desviación pico de la portadora principal debido a la subportadora = 2 MHz.

$f_{sc}$  = frecuencia de la subportadora = 6.8 MHz.

$B_{IF}$  = 36 MHz

$(C/N)_T = 18.25$  dB.

$$\rightarrow (C/N)_{sc} = 18.25 + 10 \log \left( \frac{36}{2(0.6)} \right) + 10 \log \left( \frac{2}{6.8} \right)^2$$

$$(C/N)_{sc} = 22.39 \text{ dB}$$

j) Cálculo de la relación señal de audio a ruido  $(S_A/N)$ .

$$(S_A/N) = (C/N)_{sc} + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F_{sc}}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{sc}}{2B_A} \right) + E$$

donde:  $f_m$  = frecuencia máxima de audio = 15 KHz.

$B_A$  = Ancho de banda del ruido en banda base = 15 KHz

$\Delta F_{sc}$  = Desviación pico de la subportadora de audio = 75 KHz

$E$  = Factor de mejoramiento debido a redes de desacentuación y ponderación = 12 dB.

$$(S_A/N) = 22.39 + 10 \log 3 \left( \frac{75}{15} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{600}{2(15)} \right) + 12$$

$$(S_A/N) = 66.15 \text{ dB.}$$

## SECCION A-2.

ESTACION TVRO REGIONAL EN LEON, GUANAJUATO.

## a) Parámetros de la estación

Coordenadas de localización:  $21^{\circ} 57' 48''$  Latitud N  
 $101^{\circ} 40' 48''$  Longitud W

## Antena:

Parabólica tipo Cassegrain, Scientific-Atlanta MOD. 8010A.  
 Diámetro: 7 metros.  
 Ganancia: 47.5 dBi en recepción.  
 VSWR: 1.3 : 1

## Amplificador de bajo ruido:

Scientific-Atlanta MOD. 300-4.  
 Temperatura de ruido: 80 K  
 Ganancia: 52 dB.  
 Ancho de banda: 500 MHz.  
 VSWR: entrada 1.3 : 1  
 salida 1.5 : 1

## b) Cálculo de la temperatura de ruido de la antena en función del ángulo de elevación.

$$\begin{aligned} X &= 21^{\circ} 57' 48'' \\ Y &= 101^{\circ} 40' 48'' \\ Z &= 116^{\circ} 30' 00'' \end{aligned}$$

$$C = Z - Y = 14^{\circ} 49' 12''$$

$$\text{Azimuth} = A = 180^{\circ} + \tan^{-1} \left( \frac{\tan C}{\sin X} \right)$$

$$\text{Elevación} = E = \tan^{-1} \left[ \frac{(\cos C \cos X) - 0.15126}{\sqrt{\sin^2 C + \cos^2 C \sin^2 X}} \right]$$

substituyendo valores, se tiene:

$$A = 215.08^{\circ}$$

$$E = 59^{\circ} 07' 22''$$

⇒ de la gráfica A-1 se obtiene para este ángulo de elevación una temperatura de ruido  $T_A = 16 \text{ K}$

c) Cálculo de la figura de mérito de la estación TVRO.

$$(G/T) \text{ (dB/K)} = G \text{ (dBi)} - T \text{ (dB-K)}$$

$$G = G_A - L_u - L_F$$

$$G_A = 47.5 \text{ dBi}$$

$$L_F = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$V_{\text{SWR}} = 1.3 : 1$$

$$\rho = 0.1304$$

$$L_u = 10 \log(1 - \rho^2) = 0.074 \text{ dB}$$

$$\circ 8 \quad G = 47.5 - 0.074 - 0.1$$

$$G = 47.32 \text{ dB.}$$

$$T = \frac{T_A}{L_F} (1 - \rho^2) + \left( \frac{L_F - 1}{L_F} \right) T_0 + T_{\text{ARR}} + T_R$$

$$T_A = 16 \text{ K}$$

$$L_F = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$T_0 = 293 \text{ K}$$

$$T_{\text{ARR}} = 80 \text{ K @ } 25^\circ \text{C}$$

$$T_R = \left( \frac{L_1 (F - 1)}{G_{\text{ARR}}} \right) T_0$$

$$L_1 = 39.8 = 16 \text{ dB}$$

$$F = 25.11 = 14 \text{ dB}$$

$$G_{\text{ARR}} = 52 \text{ dB} = 1.584 \times 10^5$$

$$\circ 9 \quad T_R = 1.77 \text{ K}$$

$$T = \frac{16}{1.023} (1 - (0.1304)^2) + \left( \frac{1.023 - 1}{1.023} \right) 293 + 80 + 1.77$$

$$T = 103.71 \text{ K} = 20.15 \text{ dB-K}$$

$$\Rightarrow G/T = 47.32 - 20.15$$

$$G/T = 27.16 \text{ dB/K}$$

d) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente.

$$L_s = 185.05 + 10 \log [1 - 0.295 \cos H \cos \Delta L] + 20 \log f_{GHz}$$

$$H = \chi = 21^\circ 57' 48''$$

$$\Delta L = 14^\circ 49' 12''$$

$$f = 3.78 \text{ GHz}$$

$$\Rightarrow L_s = 195.26 \text{ dB}$$

e) Cálculo de la relación (C/N) para el enlace ascendente.

$$(C/N)_A = S_{sat} + (G/T)_{sat} - 20 \log f_{GHz} - 21.45 + 228.6 - 10 \log B_{Hz} - BO_{in} - P_{SH}$$

$$S_{sat} = -82.2 \text{ dBW/m}^2$$

$$(G/T)_{sat} = 0.2 \text{ dB/K}$$

$$f = 6.005 \text{ GHz}$$

$$B = 36 \text{ MHz}$$

$$BO = P_{SH} = 0$$

$$\Rightarrow (C/N)_A = -82.2 + 0.2 - 20 \log (6.005) - 21.45 + 228.6 - 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_A = 34.01 \text{ dB} = 2517.67$$

f) Cálculo de la relación (C/N) para el enlace descendente.

$$(C/N)_D = PIRE_{sat} + (G/T)_{E.T.} - L_s - L_A + 228.6 - 10 \log B_{Hz} - BO_{out} - P_{SH}$$

$$PIRE_{sat} = 37.5 \text{ dBW}$$

$$L_s = 195.26 \text{ dB}$$

$$L_A = 3 \text{ dB}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$BO_{out} = P_{SH} = 0$$

$$(G/T)_{E.T.} = 27.16 \text{ dB/K}$$

$$(C/N)_3 = 37.5 + 27.16 - 195.26 - 3 + 228.6 - 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_3 = 19.43 \text{ dB} = 87.841$$

g) Cálculo de la relación (C/N) total del enlace.

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_3}}$$

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{2517.67} + \frac{1}{87.841}} = 84.879$$

$$(C/N)_T = 19.288 \text{ dB}$$

h) Cálculo de la relación señal de video a ruido ( $S_v/N$ )

$$(S_v/N) = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_v} \right) + W + CF$$

$$(C/N)_T = 19.288 \text{ dB}$$

$$\Delta F = 10.75 \text{ MHz}$$

$$f_m = 4.2 \text{ MHz}$$

$$B_{IF} = 36 \text{ MHz}$$

$$B_v = 4.2 \text{ MHz}$$

$$W = 12.8 \text{ dB}$$

$$CF = 6 \text{ dB}$$

$$(S_v/N) = 19.288 + 10 \log 3 \left( \frac{10.75}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{36}{8.4} \right) + 12.8 + 6$$

$$(S_v/N) = 57.094 \text{ dB}$$

i) Cálculo de la relación (C/N) en el demodulador de la subportadora de audio.

$$(C/N)_{sc} = (C/N)_T + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_{sc}} \right) + 10 \log \left( \frac{\Delta F_{sc}}{f_{sc}} \right)^2$$

$$(C/N)_T = 19.288 \text{ dB}$$

$$B_{IF} = 36 \text{ MHz}$$

$$B_{sc} = 0.6 \text{ MHz}$$

$$\Delta F_{sc} = 2 \text{ MHz}$$

$$f_{sc} = 6.8 \text{ MHz}$$

$$(C/N)_{sc} = 19.288 + 10 \log \left( \frac{36}{2(0.6)} \right) + 10 \log \left( \frac{2}{6.8} \right)^2$$

$$(C/N)_{sc} = 23.42 \text{ dB.}$$

j) Cálculo de la relación señal de audio a ruido  $(S_A/N)$

$$(S_A/N) = (C/N)_{sc} + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F_{sc}}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{sc}}{2B_A} \right) + E$$

$$f_m = 15 \text{ kHz}$$

$$B_A = 15 \text{ kHz}$$

$$\Delta F_{sc} = 75 \text{ kHz}$$

$$E = 12 \text{ dB}$$

$$B_{sc} = 600 \text{ kHz}$$

$$(C/N)_{sc} = 23.42 \text{ dB}$$

$$(S_A/N) = 23.42 + 10 \log 3 \left( \frac{75}{15} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{600}{2(15)} \right) + 12$$

$$(S_A/N) = 67.18 \text{ dB.}$$

## SECCION A-3.

ESTACION TVRO REGIONAL EN CD. DEL CARMEN, CAMPECHE.

a) Parámetros de la estación.

Coordenadas de localización :  $18^{\circ} 39' 17''$  latitud N  
 $91^{\circ} 49' 02''$  longitud W

Antena:

Parabólica tipo Cassegrain, Scientific-Atlanta MOD. 8010A.  
 Diámetro : 7 metros  
 Ganancia : 47.5 dBi en recepción.  
 VSWR : 1.3 : 1

Amplificador de bajo ruido:

Scientific-Atlanta, MOD. 300-4.  
 Temperatura de ruido : 80 K  
 Ganancia : 52 dB.  
 Ancho de Banda : 500 MHz.  
 VSWR : entrada 1.3 : 1  
 salida 1.5 : 1

b) Cálculo de la temperatura de ruido de la antena en función del ángulo de elevación.

$$\begin{aligned} X &= 18^{\circ} 39' 17'' \\ Y &= 91^{\circ} 49' 02'' \\ Z &= 116^{\circ} 30' 00'' \end{aligned}$$

$$C = Z - Y = 24^{\circ} 40' 58''$$

$$\text{Azimuth} = A = 180^{\circ} + \tan^{-1} \left( \frac{\tan C}{\sin X} \right)$$

$$\text{Elevación} = E = \tan^{-1} \left[ \frac{(\cos C \cos X) - 0.15126}{\sqrt{\sin^2 C + \cos^2 C \sin^2 X}} \right]$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} A &= 235^{\circ} 09' 45'' \\ E &= 54^{\circ} 21' 40'' \end{aligned}$$

de la gráfica A-1 se obtiene para este ángulo de elevación una temperatura de ruido  $T_A = 18$  K.

c) Cálculo de la figura de mérito de la estación TVRO.

$$(G/T) \text{ (dB/K)} = G \text{ (dB)} - T \text{ (dB-K)}$$

$$G = G_A - L_V - L_F$$

$$G_A = 47.5 \text{ dB}$$

$$L_F = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$VSWR = 1.3 : 1$$

$$\rho = 0.1304$$

$$L_V = 0.074 \text{ dB}$$

$$\circ \circ \quad G = 47.5 - 0.1 - 0.074$$

$$G = 47.32 \text{ dB}$$

$$T = \frac{T_A}{L_F} (1 - \rho^2) + \left( \frac{L_F - 1}{L_F} \right) T_0 + T_{ABR} - T_R$$

$$T_A = 18 \text{ K}$$

$$L_F = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$\rho = 0.1304$$

$$T_0 = 293 \text{ K}$$

$$T_{ABR} = 80 \text{ K} \quad @ \quad 25^\circ\text{C}$$

$$T_R = \left( \frac{L_1 (F - 1)}{G_{ABR}} \right) T_0$$

$$L_1 = 39.8 = 16 \text{ dB}$$

$$F = 25.11 = 14 \text{ dB}$$

$$G_{ABR} = 52 \text{ dB} = 1.584 \times 10^5$$

$$T_R = \left( \frac{39.8 (25.11 - 1)}{1.584 \times 10^5} \right) 293 = 1.77 \text{ K}$$

$$\circ \circ \quad T = \frac{18}{1.023} \left( 1 - (0.1304)^2 \right) + \left( \frac{1.023 - 1}{1.023} \right) 293 + 80 + 1.77$$

$$T = 105.65 \text{ K} = 20.23 \text{ dB-K}$$

$$G/T = 47.32 - 20.23$$

$$G/T = 27.08 \text{ dB/K}$$

d) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente.

$$L_s = 185.05 + 10 \log [1 - 0.295 \cos \theta + \cos \Delta L] + 20 \log f_{\text{GHz}}$$

$$H = X = 18^\circ 39' 17''$$

$$\Delta L = 24^\circ 40' 58''$$

$$f = 3.78 \text{ GHz}$$

$$\therefore L_s = 195.32 \text{ dB.}$$

e) Cálculo de la relación (C/N) para el enlace ascendente.

$$(C/N)_A = S_{\text{sat}} + (G/T)_{\text{sat}} - 20 \log f_{\text{GHz}} - 21.45 + 228.6 - 10 \log B_{\text{Hz}} - BO_{\text{in}} - P_{\text{SH}}$$

$$S_{\text{sat}} = -82.2 \text{ dBw/m}^2$$

$$(G/T)_{\text{sat}} = 0.2 \text{ dB/K}$$

$$f = 6.005 \text{ GHz}$$

$$B = 36 \text{ MHz}$$

$$BO_{\text{in}} = P_{\text{SH}} = 0$$

$$(C/N)_A = -82.2 + 0.2 - 20 \log (6.005) - 21.45 + 228.6 - 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_A = 34.01 \text{ dB} = 2517.67$$

f) Cálculo de la relación (C/N) para el enlace descendente.

$$(C/N)_D = PIRE_{\text{sat}} + (G/T)_{\text{E.T.}} - L_s - L_A - 228.6 - 10 \log B_{\text{Hz}} - BO_{\text{out}} - P_{\text{SH}}$$

$$PIRE_{\text{sat}} = 37 \text{ dBw}$$

$$L_s = 195.32 \text{ dB}$$

$$L_A = 3 \text{ dB}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$BO_{\text{out}} = P_{\text{SH}} = 0$$

$$(G/T)_{\text{E.T.}} = 27.08 \text{ dB/K}$$

$$(C/N)_D = 37 + 27.08 - 195.32 - 3 + 228.6 - 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_D = 18.79 \text{ dB} = 75.68$$

g) Cálculo de la relación  $(C/N)$  total del enlace.

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_B}}$$

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{2517.67} + \frac{1}{75.68}} = 73.47$$

$$(C/N)_T = 18.66 \text{ dB.}$$

h) Cálculo de la relación señal de video a ruido  $(S_v/N)$

$$(S_v/N) = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_v} \right) + W + CF$$

$$(C/N)_T = 18.66 \text{ dB}$$

$$\Delta F = 10.75 \text{ MHz}$$

$$f_m = 4.2 \text{ MHz}$$

$$B_{IF} = 36 \text{ MHz}$$

$$W = 12.8 \text{ dB}$$

$$CF = 6 \text{ dB}$$

$$(S_v/N) = 18.66 + 10 \log 3 \left( \frac{10.75}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{36}{8.4} \right) + 12.8 + 6$$

$$(S_v/N) = 56.467 \text{ dB}$$

i) Cálculo de la relación  $(C/N)$  en el demodulador de la subportadora de audio.

$$(C/N)_{sc} = (C/N)_T + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_{sc}} \right) + 10 \log \left( \frac{\Delta F_c}{f_{sc}} \right)^2$$

$$(C/N)_T = 18.66 \text{ dB}$$

$$B_{IF} = 36 \text{ MHz}$$

$$B_{sc} = 0.6 \text{ MHz}$$

$$\Delta F_c = 2 \text{ MHz}$$

$$f_{sc} = 6.8 \text{ MHz}$$

$$(C/N)_{sc} = 18.66 + 10 \log \left( \frac{36}{2(0.6)} \right) + 10 \log \left( \frac{2}{6.8} \right)^2$$

$$(C/N)_{sc} = 22.8 \text{ dB.}$$

j) Cálculo de la relación señal de audio a ruido  $(S_A/N)$ .

$$(S_A/N) = (C/N)_{sc} + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F_{sc}}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{sc}}{2B_A} \right) + E$$

$$(C/N)_{sc} = 22.8 \text{ dB}$$

$$\Delta F_{sc} = 75 \text{ kHz}$$

$$f_m = 15 \text{ kHz}$$

$$B_{sc} = 600 \text{ kHz}$$

$$B_A = 15 \text{ kHz}$$

$$E = 12 \text{ dB}$$

$$(S_A/N) = 22.8 + 10 \log 3 \left( \frac{75}{15} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{600}{2(15)} \right) + 12$$

$$(S_A/N) = 66.56 \text{ dB.}$$

## SECCION A-4.

ESTACION TIPO INDIVIDUAL EN CD. OREGON, SONORA.

Coordenadas de localización:  $27^{\circ} 29' 24''$  latitud N  
 $109^{\circ} 55' 48''$  longitud W

a) Cálculo de la relación  $(C/N)_T$ , partiendo de una relación  $(Sv/N)$  requerida de 46 dB.

$$(Sv/N) = 46 \text{ dB} = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_v} \right) + W + CF$$

donde:

$$\begin{aligned} \Delta F &= 10.75 \text{ MHz} \\ f_m &= 4.2 \text{ MHz} \\ B_{IF} &= 36 \text{ MHz} \\ B_v &= 4.2 \text{ MHz} \\ W &= 12.8 \text{ dB} \\ CF &= 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow 46 = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{10.75}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{36}{8.4} \right) + 12.8 + 6$$

$$\therefore (C/N)_T = 46 - 37.807$$

$$(C/N)_T = 8.193 \text{ dB} = 6.5962$$

b) Cálculo de la relación  $(C/N)$  para el enlace ascendente.

$$(C/N)_A = S_{\text{sat}} + (G/T)_{\text{sat}} - 20 \log f_{\text{GHz}} - 21.45 + 228.6 - 10 \log B_{\text{Hz}} \\ - BO_{\text{in}} - P_{\text{TH}}$$

donde:

$$\begin{aligned} S_{\text{sat}} &= -82.2 \text{ dBm/m}^2 \\ (G/T)_{\text{sat}} &= 0.2 \text{ dB/K} \\ f &= 6.005 \text{ GHz} \\ B &= 36 \times 10^6 \text{ Hz} \\ BO_{\text{in}} &= P_{\text{SW}} = 0 \end{aligned}$$

$$(C/N)_A = -82.2 + 0.2 - 20 \log (6.005) - 21.45 + 228.6 - 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_A = 34.01 \text{ dB} = 2517.67$$

NOTA: Este valor es igual al que se obtuvo para el mismo parámetro en el caso de la estación TVRO regional de Cd. Obregón, Sonora. Esto se debe a que este factor no depende de las características de la estación TVRO.

c) Cálculo de la relación  $(C/N)$  para el enlace descendente.

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_D}}$$

despejando:

$$(C/N)_D = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_T} - \frac{1}{(C/N)_A}} = \frac{1}{\frac{1}{6.59} - \frac{1}{2517.67}}$$

$$(C/N)_D = 6.6135 = 8.2043 \text{ dB.}$$

d) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente.

$$L_s = 185.05 + 10 \log [1 - 0.295 \cos^4 \theta] + 20 \log f_{\text{GHz}}$$

$$H = X = 27^\circ 29' 24''$$

$$\Delta L = 6^\circ 34' 12''$$

$$f = 3.7 \text{ GHz}$$

$$\therefore L_s = 195.29 \text{ dB.}$$

e) Cálculo de la figura de mérito de la estación TVRO.

$$(C/N)_D = \text{PIRE}_{\text{sat}} + (G/T)_{\text{e.T.}} - L_s - L_a + 228.6 - 10 \log B_{\text{Hz}} - \text{BO}_{\text{out}} - P_{\text{su}}$$

$$(C/N)_D = 8.2043 \text{ dB}$$

$$\text{PIRE}_{\text{sat}} = 36.5 \text{ dBw}$$

$$L_s = 195.29 \text{ dB.}$$

$$L_a = 3 \text{ dB}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{BO}_{\text{out}} = P_{\text{su}} = 0$$

$$(G/T)_{E.T.} = 8.2043 - 36.5 + 195.29 + 3 - 228.6 + 10 \log (36 \times 10^6)$$

$$(G/T)_{E.T.} = 16.957 \text{ dB/K.}$$

f) Cálculo de la temperatura de ruido de la estación TURE.

$$T = \frac{T_A}{L_F} (1 - \rho^2) + \left( \frac{L_F - 1}{L_F} \right) T_0 + T_{ABR} + T_R$$

$T_A = 17 \text{ K}$  igual a la temperatura de ruido de la antena de la estación TURE regional.

$$\rho = \frac{\sqrt{SWR} - 1}{\sqrt{SWR} + 1} = 0.1304$$

$$L_F = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$T_0 = 293 \text{ K}$$

$$T_{ABR} = 120 \text{ K}$$

se seleccionó el modelo 300-5 de Scientific-Atlanta, con una temperatura de ruido de 120 K, que es el valor típico para este tipo de estación.

$$T_R = \left( \frac{L_1(F-1)}{G_{ABR}} \right) T_0$$

$$L_1 = 4.975$$

$$F = 15 \text{ dB} = 31.62 \text{ para el modelo 6600 de Scientific-Atlanta.}$$

$$G_{ABR} = 52 \text{ dB} = 1.584 \times 10^5 \text{ para el modelo 300-5 de Scientific-Atlanta.}$$

$$T_R = \left( \frac{4.975 (31.62 - 1)}{1.584 \times 10^5} \right) 293 = 0.2789 \text{ K}$$

$$\therefore T = \frac{17}{1.023} (1 - (0.1304)^2) + \left( \frac{1.023 - 1}{1.023} \right) 293 + 120 + 0.2789$$

$$T = 142.128 \text{ K} = 21.52 \text{ dB-K}$$

g) Cálculo de la ganancia de la antena de la estación TURE.

$$(G/T)_{E.T.} = G (\text{dBi}) - T (\text{dB-K})$$

$$(G/T)_{E.T.} = 16.957 \text{ dB/K}$$

$$T = 21.52 \text{ dB-K}$$

$$G = (G/T)_{\text{E.T.}} + T = 16.957 + 21.52$$

$$G = 38.477 \text{ dB}$$

$$G = G_A - L_v - L_f$$

$$L_f = 0.1 \text{ dB}$$

$$L_v = 10 \log(1 - \rho^2) = 10 \log(1 - (0.1204)^2) = 0.074 \text{ dB}$$

$$G_A = 38.477 + 0.1 + 0.074$$

$$G_A = 38.651 \text{ dB}$$

h) Cálculo del diámetro de la antena.

$$G_A = -42.27 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log D.$$

$$G_A = 38.651 \text{ dB}$$

$$f = 3.78 \times 10^3 \text{ MHz}$$

$$D = \text{antilog} \left[ \frac{38.651 + 42.27 - 20 \log(3.78 \times 10^3)}{20} \right]$$

$$D = 2.941 \text{ m.}$$

Como antenas de este diámetro no son comerciales, se escogerá una antena de 3 m. de diámetro, con lo cual se asegura el buen funcionamiento de la estación TUPD, pues esta antena tiene una ganancia ligeramente mayor de la requerida.

Se recomienda la antena de 3 m., MOD. 8006 de Scientific Atlanta, que tiene una ganancia en recepción de 39.5 dB.

## SECCION A-5.

ESTACION TIPO INDIVIDUAL EN LEON, QUANAJUATO.

Coordenadas de localización  $21^{\circ} 57' 48''$  latitud N.  
 $101^{\circ} 40' 48''$  longitud W.

a) Cálculo de la relación  $(C/N)_T$  partiendo de una relación  $(S/N)$  requerida de 46 dB.

$$(S/N)_r = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_u} \right) + W + CF$$

donde:  $(S/N)_r = 46$  dB.  
 $\Delta F = 10.75$  MHz  
 $f_m = 4.2$  MHz  
 $B_{IF} = 36$  MHz  
 $B_u = 4.2$  MHz  
 $W = 12.8$  dB  
 $CF = 6$  dB

$$46 = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{10.75}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{36}{8.4} \right) + 12.8 + 6$$

$$(C/N)_T = 8.193 \text{ dB} = 6.597$$

b) Cálculo de la relación  $(C/N)$  para el enlace ascendente.

$$(C/N)_A = S_{sat} + (G/T)_{sat} - 20 \log f_{GHz} - 21.45 + 228.6 - 10 \log B_{Hz}$$

- 80 in - Pm.

donde:

$$S_{sat} = -82.2 \text{ dBw/m}^2$$

$$(G/T)_{sat} = 0.2 \text{ dB/K}$$

$$f = 6.005 \text{ GHz}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$80 \text{ in} = P_{SH} = 0$$

$$(C/N)_A = -82.2 + 0.2 - 20 \log(6.005) - 21.45 + 228.6 - 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_A = 34.01 \text{ dB} = 2517.67$$

c) Cálculo de la relación  $(C/N)$  para el enlace descendente.

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_D}}$$

$$(C/N)_D = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_T} - \frac{1}{(C/N)_A}} = \frac{1}{\frac{1}{6.59} - \frac{1}{2517.67}} = 6.6135$$

$$(C/N)_D = 8.2043 \text{ dB}$$

d) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente.

$$L_s = 185.05 + 10 \log [1 - 0.295 \cos \theta \cos \Delta L] + 20 \log f_{MHz}$$

$$\theta = X = 21^\circ 57' 48''$$

$$\Delta L = 14^\circ 49' 12''$$

$$f = 3.78 \text{ GHz.}$$

$$\text{ob } L_s = 195.26 \text{ dB}$$

e) Cálculo de la figura de mérito de la estación TVEO.

$$(C/N)_D = \text{PIRE}_{\text{sat}} + (G/T)_{E.T.} - L_s - L_A + 228.6 - 10 \log B_{Hz} - \text{BO}_{\text{ant}} - \text{P}_{\text{FH}}$$

$$(C/N)_D = 8.2043 \text{ dB}$$

$$\text{PIRE}_{\text{sat}} = 37.5 \text{ dBw}$$

$$L_s = 195.26 \text{ dB}$$

$$L_A = 3 \text{ dB}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{BO}_{\text{ant}} = \text{P}_{\text{FH}} = 0$$

$$(G/T)_{E.T.} = 8.2043 - 37.5 + 195.26 + 3 - 228.6 + 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$(G/T)_{E.T.} = 15.927 \text{ dB}$$

f) Cálculo de la temperatura de ruido de la estación TVRO.

$$T = \frac{T_A}{L_F} (1 - \rho^2) + \left( \frac{L_F - 1}{L_F} \right) T_0 + T_{ABR} + T_R$$

$$T_A = 16 \text{ K}$$

$$\rho = 0.1304$$

$$L_F = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$T_0 = 293 \text{ K}$$

$$T_{ABR} = 120 \text{ K}$$

$$T_R = \left( \frac{L_1 (F - 1)}{G_{ABR}} \right) T_0$$

$$L_1 = 4.975$$

$$F = 15 \text{ dB} = 31.62$$

$$G_{ABR} = 52 \text{ dB} = 1.584 \times 10^5$$

$$T_R = \left( \frac{4.975(31.62 - 1)}{1.584 \times 10^5} \right) 293 = 0.2789 \text{ K}$$

$$\therefore T = \frac{16}{1.023} (1 - (0.1304)^2) + \left( \frac{1.023 - 1}{1.023} \right) 293 + 120 + 0.2789$$

$$T = 141.445 \text{ K} = 21.505 \text{ dB-K}$$

g) Cálculo de la ganancia de la antena de la estación TVRO.

$$(G/T)_{E.T.} = G (\text{dBc}) - T (\text{dB-K})$$

$$(G/T)_{E.T.} = 15.927 \text{ dB/K}$$

$$T = 21.505 \text{ dB-K}$$

$$G = (G/T)_{E.T.} + T = 15.927 + 21.505$$

$$G = 37.432 \text{ dB}$$

$$G = G_A - L_v - L_f$$

$$L_f = 0.1 \text{ dB}$$

$$L_v = 0.074 \text{ dB}$$

$$\text{de } G_A = 37.432 + 0.1 + 0.074$$

$$G_A = 37.606 \text{ dB}$$

h) Cálculo del diámetro de la antena.

$$G_A = -42.27 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log D$$

$$G_A = 37.606 \text{ dB}$$

$$f = 3.78 \times 10^3 \text{ MHz}$$

$$D = \text{antilog} \left[ \frac{37.606 + 42.27 - 20 \log(3.78 \times 10^3)}{20} \right]$$

$$D = 2.608 \text{ m.}$$

de se escoge una antena comercial con un diámetro de 3 m.  
Se recomienda la antena Scientific-Atlanta MOD 8006.

## SECCION A-6

ESTACION TVRO INDIVIDUAL EN CD DEL CARMEN, CAMPECHE.

Coordenadas de localización:  $18^{\circ} 39' 17''$  latitud N  
 $91^{\circ} 49' 02''$  longitud W.

a) Cálculo de la relación  $(C/N)_T$ , partiendo de una relación  $(S/N)$  requerida de 46 dB.

$$(S/N) = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{\Delta F}{f_m} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{B_{IF}}{2B_v} \right) + W + CF$$

donde:  $(S/N) = 46$  dB

$$\Delta F = 10.75 \text{ MHz}$$

$$f_m = 4.2 \text{ MHz}$$

$$B_{IF} = 36 \text{ MHz}$$

$$B_v = 4.2 \text{ MHz}$$

$$W = 12.8 \text{ dB}$$

$$CF = 6 \text{ dB}$$

$$46 = (C/N)_T + 10 \log 3 \left( \frac{10.75}{4.2} \right)^2 + 10 \log \left( \frac{36}{8.4} \right) + 12.8 + 6$$

$$(C/N)_T = 46 - 37.807$$

$$(C/N)_T = 8.193 \text{ dB} = 6.5962$$

b) Cálculo de la relación  $(C/N)$  para el enlace ascendente.

$$(C/N)_A = S_{sat} + (G/T)_{sat} - 20 \log f_{GHz} - 21.45 + 228.6 - 10 \log B_{Hz} - BO_{in} - P_{in}$$

donde:  $S_{sat} = -82.2$  dBW/m<sup>2</sup>

$$(G/T)_{sat} = 0.2 \text{ dB/K}$$

$$f = 6.005 \text{ GHz}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$BO_{in} = P_{in} = 0$$

$$(C/N)_A = -82.2 + 0.2 - 20 \log(6.005) - 21.45 + 228.6 - 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$(C/N)_A = 34.01 \text{ dB} = 2517.67$$

c) Cálculo de la relación  $(C/N)$  para el enlace descendente.

$$(C/N)_T = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_A} + \frac{1}{(C/N)_D}}$$

$$(C/N)_D = \frac{1}{\frac{1}{(C/N)_T} - \frac{1}{(C/N)_A}} = \frac{1}{\frac{1}{6.59} - \frac{1}{2517.67}}$$

$$(C/N)_D = 6.6135 = 8.2043 \text{ dB}$$

d) Cálculo de las pérdidas en el espacio libre para el enlace descendente.

$$L_s = 185.05 + 10 \log [1 - 0.295 \cos^2 \theta] + 20 \log f_{\text{GHz}}$$

$$H = X = 18^\circ 37' 17''$$

$$\Delta L = 24^\circ 40' 58''$$

$$f = 3.78 \text{ GHz}$$

$$\text{o8 } L_s = 195.32 \text{ dB}$$

e) Cálculo de la figura de mérito de la estación. TVRO.

$$(C/N)_D = \text{PIRE}_{\text{sat}} + (G/T)_{\text{E.T.}} - L_s - L_A + 228.6 - 10 \log B_{\text{Hz}} - \text{BO}_{\text{out}} - \text{P}_{\text{m}}$$

$$(C/N)_D = 8.2043 \text{ dB}$$

$$\text{PIRE}_{\text{sat}} = 37 \text{ dBw}$$

$$L_s = 195.32 \text{ dB}$$

$$L_A = 3 \text{ dB}$$

$$B = 36 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{BO}_{\text{out}} = \text{P}_{\text{m}} = 0$$

$$(G/T)_{\text{E.T.}} = 8.2043 - 37 + 195.32 + 3 - 228.6 + 10 \log(36 \times 10^6)$$

$$(G/T)_{\text{E.T.}} = 16.487 \text{ dB/K}$$

f) Cálculo de la temperatura de ruido de la estación TURO.

$$T = \frac{T_A}{L_P} (1 - \rho^2) + \left( \frac{L_P - 1}{L_P} \right) T_0 + T_{NR} + T_R$$

$$T_A = 18 \text{ K}$$

$$\rho = 0.1304$$

$$L_P = 1.023 = 0.1 \text{ dB}$$

$$T_0 = 293 \text{ K}$$

$$T_{NR} = 120 \text{ K}$$

$$T_R = \left( \frac{L_1 (F - 1)}{G_{NR}} \right) T_0$$

$$L_1 = 4.975$$

$$F = 15 \text{ dB} = 31.62$$

$$G_{NR} = 52 \text{ dB} = 1.584 \times 10^5$$

$$T_R = \left( \frac{4.975 (31.62 - 1)}{1.584 \times 10^5} \right) 293 = 0.2789 \text{ K}$$

$$\therefore T = \frac{18}{1.023} (1 - (0.1304)^2) + \left( \frac{1.023 - 1}{1.023} \right) 293 + 120 + 0.2789$$

$$T = 143.37 \text{ K} = 21.564 \text{ dB-K.}$$

g) Cálculo de la ganancia de la antena de la estación TURO.

$$(G/T)_{E.T.} = G(\text{dB}) - T(\text{dB-K})$$

$$(G/T)_{E.T.} = 16.487 \text{ dB/K}$$

$$T = 21.56 \text{ dB-K}$$

$$G = (G/T)_{E.T.} + T = 16.487 + 21.56$$

$$G = 38.05 \text{ dB}$$

$$G = G_A - L_v - L_f$$

$$L_f = 0.1 \text{ dB}$$

$$L_v = 0.074 \text{ dB}$$

$$G_A = G + L_v + L_f$$

$$G_A = 38.05 + 0.1 + 0.074$$

$$G_A = 38.224 \text{ dB}$$

h) Cálculo del diámetro de la antena.

$$G_A = -42.27 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log D$$

$$G_A = 38.224 \text{ dB}$$

$$f = 3.78 \times 10^3 \text{ MHz}$$

$$D = \text{antilog} \left[ \frac{38.224 + 42.27 - 20 \log (3.78 \times 10^3)}{20} \right]$$

$$D = 2.8 \text{ m.}$$

o) se escoge una antena de diámetro comercial, es decir una antena de 3 m.

A P E N D I C E B

ESPECIFICACIONES TECNICAS

DE EQUIPO PARA DIFUSION

DE T. V. VIA SATELITE

S E C C I O N B - 1

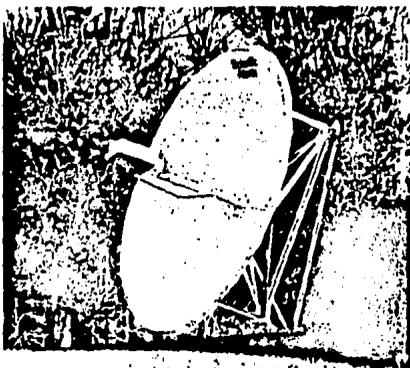
E Q U I P O

S C I E N T I F I C - A T L A N T A

- Ref.: -Satellite Communications Products 1981-1982  
Scientific-Atlanta.  
-Satellite Earth Stations For Television  
Programming Distribution, 1983  
Scientific-Atlanta.

## Earth Station Antennas

### 3-Meter Antenna, Model 8006



#### Features

- Minimum shipping costs.
- Minimum site preparation and installation costs.
- No panel alignment or testing required at installation.
- Single-axis mount for ease of pointing.
- Rigid mechanical design; consistent pointing in winds.
- Single or dual-polarized feed system.
- Modular, interchangeable parts for ease of field support.
- Stamped aluminum panels for consistently good surface accuracy.
- Erectable by hand with two people in approximately one-half day. No special tools are required.
- Foundation heading errors are easily compensated by mount adjustments.
- Steel pier foundation kit available.

The Scientific-Atlanta 3-Meter Earth Station Antenna offers excellent performance and maximum cost effectiveness for audio, digital and video receive-only applications. It was developed out of the design and manufacturing technology that produced the highly successful 4.6-meter and 5-meter Scientific-Atlanta antennas.

Manufactured with precision die-stamping techniques pioneered by Scientific-Atlanta, the 3-meter antenna has six reflector panels. No special tools, panel alignment or testing are required to achieve the specified performance.

Compact components allow economical transportation and facilitate assembly in remote sites upon rooftops where handling equipment is not readily available. Two people can normally erect the antenna in one-half day.

The single-axis mount provides pointing accuracy, structural safety, and simple pointing adjustment. With proper alignment on installation, the antenna can be pointed with a single-axis adjustment to any two satellites in the 90-136° arc with zero pointing error. Similar pointing adjustments can be made in the 70-90° arc by a single strut change.

For minimum installed cost, a specially designed foundation kit, which reduces both concrete requirements and installation time, is available.

#### Specifications

##### Electrical

###### Operating Frequency

Receive 3.7 - 4.2 GHz

###### Feed Type

Prime focus "Quasi" buttonhook arrangement using a corrugated horn with a 90° flair angle

###### First Sidelobe Level

- 20 dB nominal

###### Gain at Midband (Referenced to OMT Port)

Receive - 39.5 dBi

###### VSWR

1.3:1 maximum

###### Polarization

Single Linear, manual 360° adjustment (dual linear polarization optional)

###### Axial Ratio

35 dB min.

###### Isolation Between Ports

30 dB min (dual polarization option)

###### Beamwidth at Midband (Nominal)

.3 dB - Receive 1.7°

.15 dB - Receive 3.6°

###### Feed Interface

CPR-229G flange

###### Antenna Noise Temperature

Elevation	°K
5°	52
10°	38
15°	29
20°	25
25°	23
30°	21
40°	19
50°	18
60°	17
70°	17
80°	17

##### General

###### Antenna Type

Parabolic

###### Antenna Diameter

3 meters

###### Reflector Construction

6 precision die-stamped aluminum panels

###### Mount Configuration

Single-axis

###### Foundation

Drilled pier-type

###### Antenna Pointing Range

Can be boresighted to any satellite located between 90° and 140° west longitude without foundation changes from any site in the contiguous states. A base riser and optional strut may be required for midwestern areas to allow pointing to the 70° arc limit

##### Environmental

###### Pointing Accuracy

0.25° rms in 97 km/h (60 mi/h) wind

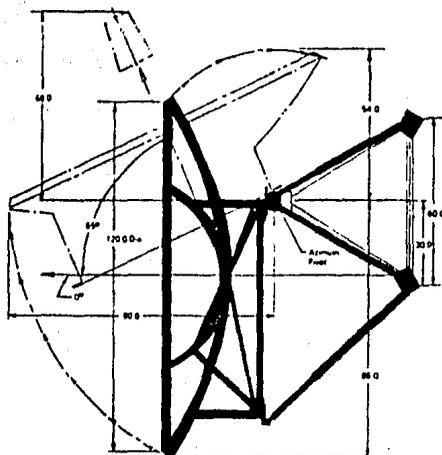
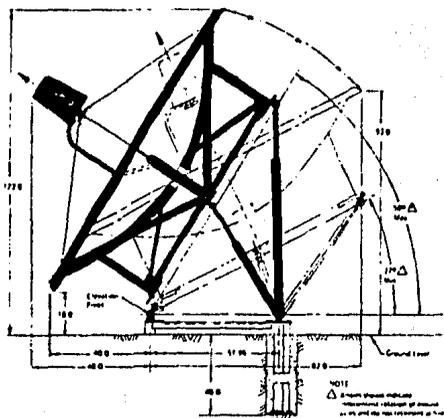
###### Temperature Range

Operational Wind - 20°C to +55°C (-4°F to +131°F)

Survival - 35°C to +55°C (-31°F to +131°F)

## Earth Station Antennas

### 3-Meter Antenna, Model 8006



### Specifications --continued

#### Solar Radiation

1.1 mW/mm<sup>2</sup> (710 mW/in.<sup>2</sup>)

#### Atmospheric Conditions

Salt, pollutants, and corrosive contaminants as encountered in coastal and industrial areas

#### Weight (Approximate)

Net: 170 Kg (375 lb)

Shipping: 290 Kg (640 lb)

#### Shipping Volume (Approximate)

2.6m<sup>3</sup> (90 pt<sup>3</sup>)

- Survival conditions considered separately. Adjustable components securely clamped.

### Ordering Information

#### Model 8006 3.0-Meter Antenna

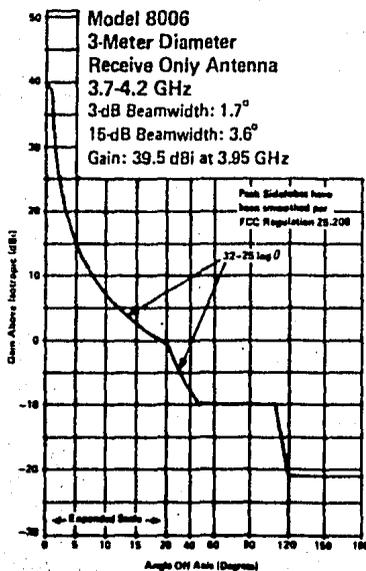
Includes: 8027 Mount  
8213 SP Feed  
8123 Reflector

#### Alternative Feeds

Model 8213 DP - Receive-only  
4 GHz, dual linear polarization

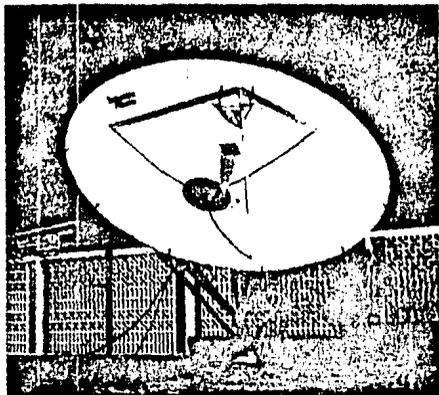
#### Accessories

Model 8061 Three-foot foundation kit  
Pressurizer/Dehydrator, with fittings



## Earth Station Antennas

### 4.6-Meter, Model 8005



### Features

- Cassegrain Feed for High-Efficiency RF Performance
- Protected Environment Behind Reflector for LNA's
- Designed for Minimum Maintenance
- Stamped Aluminum Reflector Panels Provide Consistent Surface Accuracy
- Designed for Minimum Shipping and Installation Costs
- No Panel Alignment or Testing Required
- All-Aluminum Reflector for Maximum Temperature Stability
- Minimum Site Preparation Required
- Field-Erectable Without Crane

For receive/transmit applications in the 4/6-GHz range, the Scientific Atlanta Model 8005 4.6-Meter Earth Station Antenna can easily be installed in a wide variety of locations with a minimum of site preparation. Rooftop installation at theatres, stadiums, hotels/motels, etc., can be accomplished to furnish television, audio, or data circuits from any satellite located from 90° to 140° west longitude\* from any of the 48 contiguous states. Pending application and FCC approval, the Model 8005 can be furnished for transmit operation as well.

Two men can easily install this antenna in one day, as no special tools are required and no part weighs more than 45 kg (100 lb).

The main reflector is paraboloidal and uses a shaped quasi-hyperboloidal subreflector to focus the incoming signal to a Model C22' Diagonal Horn Feed. The optics used provide high gain while still meeting FCC sidelobe requirements.

\*Optional strut is available for 70° - 90° arc coverage.

### Specifications

#### Electrical

##### Operating Frequency

Receive: 3.7 - 4.2 GHz

Transmit: 5.925 - 6.425 GHz

##### Feed Type

Diagonal horn

##### Gain at Midband (Referenced to OMT Port)

Receive: 43.5 dBi

Transmit: 46.3 dBi

##### VSWR

1.3:1 Max

##### Polarization

Receive-only, dual linear (Standard 8227DP Feed)

See "Ordering Information" for alternative feeds

##### Axial Ratio (On-Axis)

35 dB Min

##### Isolation Between Ports

Receive: 30 dB Min

Receive/Transmit: 35 dB Min

##### Beamwidth at Midband (Nominal)

-3 dB: Receive - 1.12°

Transmit - 0.78°

-15 dB: Receive - 2.15°

Transmit - 1.62°

##### First Sidelobe Level

-12 dB

##### Antenna Noise Temperature (Ref. OMT Port), Typical

Elevation	°K
5°	48
10°	37
15°	30
20°	26
30°	22
40°	20

##### Power-Handling Capability

5 kW CW, 20 kW peak

##### Polarization Adjustment

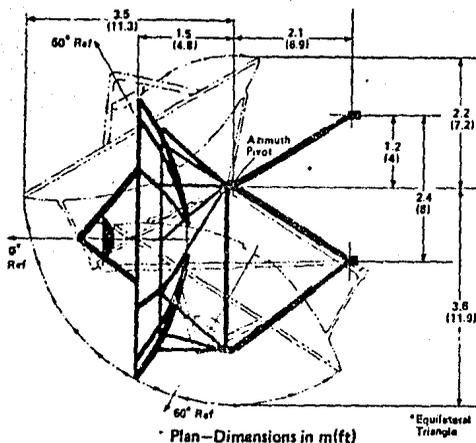
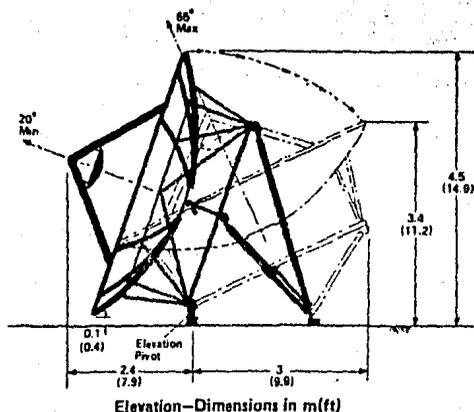
360°, Manual

##### Feed Interface

Receive: CPR-229G flange

Transmit: CPR-137G flange

## Earth Station Antennas 4.6-Meter, Model 8005



### Specifications --continued

#### General

##### Antenna Type

Cassegrain, dual-reflector

##### Antenna Diameter

4.6m (15 ft)

##### Reflector Construction

12 panels, precision die stamped, space-frame backing structure

##### Mount Configuration

Single-axis

##### Antenna Pointing Range

Can be boresighted on any satellite located between 90° and 140° west longitude without foundation changes from any site in the 48 contiguous states. A base riser and optional strut may be required for mid-western areas to allow pointing to the 70° arc limit.

#### Environmental

##### Pointing Accuracy

0.04° rms in 48-km/h (30-mi/h) wind gusting to 72 km/h (45-mi/h)

0.16° rms 97-km/h (60-mi/h) wind gusting to 137 km/h (85-mi/h)

##### Temperature Range

Operational: -20°C to +55°C (-4°F to +131°F)

Survival: -35°C to +60°C (-31°F to +140°F)

Wind Loading at 0°C (+32°F) air temperature

Operational: 97-km/h (60-mi/h); gusts to 137 km/h (85-mi/h)

Survival: 177 km/h (110 mi/h) any direction or 137 km/h (85 mi/h) with 50 mm (2 in.) radial ice.

#### Solar Radiation

1.1 mW/mm<sup>2</sup> (710 mW/in.<sup>2</sup>)

#### Atmospheric Conditions

Salt, pollutants, and corrosive contaminants as encountered in coastal and industrial areas

#### Weight (Approximate)

Net: 635 kg (1400 lb)

Shipping: 1043 kg (2300 lb)

#### Shipping Volume (Approximate)

6.5 m<sup>3</sup> (230 ft<sup>3</sup>)

\*Survival conditions considered separately. Adjustable components securely clamped.

### Ordering Information

#### Model 8005 4.6-Meter Antenna

Includes: 8026 Mount  
8227DP Feed  
8125 Reflector

#### Alternative Feeds

Model 8227SP - Receive-only, 4 GHz, single linear polarization

Model 8227RT - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal linear polarization

#### Accessories

Model 8095 Erection Kit

Pressurizer/Dehydrator, with Fittings

Deicing System

Select requirements from "Deicing Systems" Section

Model 8011A Six-Foot Foundation Kit

Model 8011B Three-Foot Foundation Kit

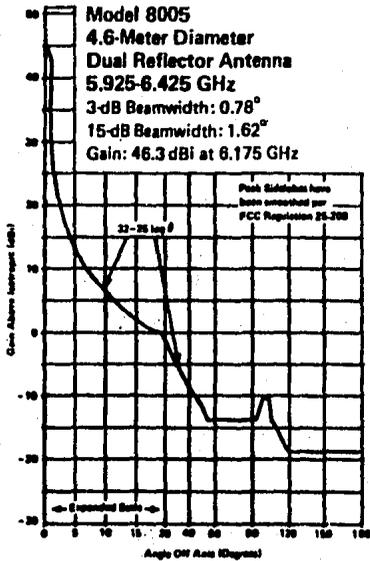
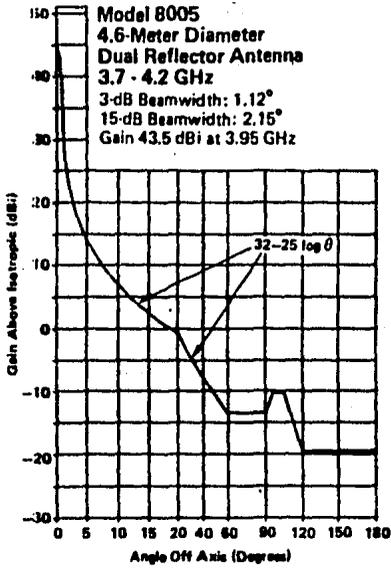
Anchor-Bolt Set, With Template

Outrigger "W" Base Mount

Six Foot Base Riser

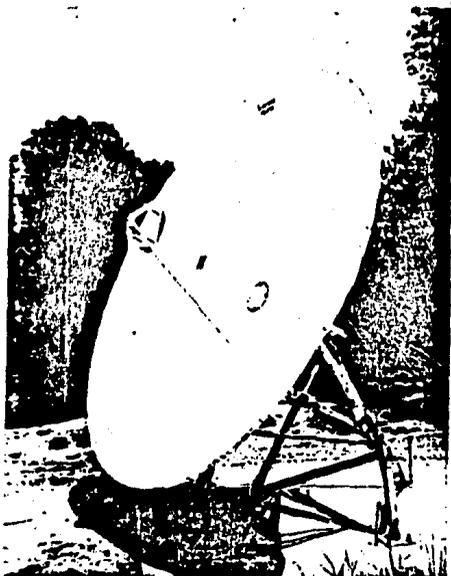
## Earth Station Antennas

### 4.6-Meter, Model 8005



## Earth Station Antennas

### 7-Meter, Model 8010



#### Features

The features offered by the Model 8010 Earth Station are the product of Scientific-Atlanta experience in the design and manufacture of more than 90% of the commercial television broadcasters satellite earth stations.

- Easily pointed to any U.S. domestic satellite in the arc from 70° to 136° from any location in the 48 contiguous states (With no mechanical linkage modification).
- Optional motorized drives and automatic position controls provide hands-off antenna pointing from any remote location.
- Minimum maintenance requirements.
- Broadcast quality signal-to-noise and video performance (NTC Report No. 7 and EIA RS 250B).
- Minimum shipping volume and weight.
- Less obtrusive than larger system facilitating easier local clearance.
- Upgradable to transmit (pending FCC approval).
- Fully enclosed hub for protecting feed and LNA.

The Scientific-Atlanta Model 8010 7-Meter Earth Station Antenna is the most recent addition to a broad line of quality antenna products for satellite communications. Several features have been incorporated in the design to provide performance which is unmatched in the industry. In particular, the polar-type mount provides full arc coverage with a single strut adjustment which can be optionally equipped with a motorized jack and programmable remote controls. This allows high speed, accurate positioning of the antenna to any satellite in the 70° - 136° orbital arc from any site in the contiguous U.S.

The reflector size was chosen to provide a cost-effective product with the gain required for high quality video signals. The specified gain is realized using the high-efficiency microwave design techniques developed for the 10-meter antennas and others. These design parameters were also chosen to yield low sidelobe characteristics which meet or exceed those specified by the FCC.

Manufacturing techniques used to produce the Model 8010 Antenna are also those which have been used on other Scientific-Atlanta antennas.

The antenna is constructed of eighteen interchangeable aluminum panels. Each panel is die-stamped using precision techniques to yield sections which are lightweight, easily assembled, and economical. These techniques have been demonstrated to provide quality, performance, and reliability in thousands of Scientific-Atlanta antenna installations throughout the world.

#### Specifications

##### Electrical

Operating Frequency

Receive: 3.7-4.2 GHz

Transmit: 5.925-6.425 GHz

-3 dB Beamwidth

Receive: 0.7° nominal

Transmit: 0.5° nominal

Feed Type

Diagonal horn

Gain at midband (referenced to OMT Port)

Receive: 47.5 dBi

Transmit: 49.4 dBi

VSWR

1.3:1 max.

Polarization

Receive-only, dual linear (standard 8228 DP feed)

See "Ordering Information" for alternative feeds.

Polarization Adjustment

Manual: 360°

Remote: ±110°

Axial Ratio (On-Axis)

Linear: 35 dB Min.

Isolation Between Ports

Linear Receive/Transmit

35 dB Min

Linear Receive/Receive

30 dB Min.

Beamwidth at Midband (Nominal)

-3 dB: Receive - 0.7°

Transmit - 0.5°

-15 dB: Receive - 1.3°

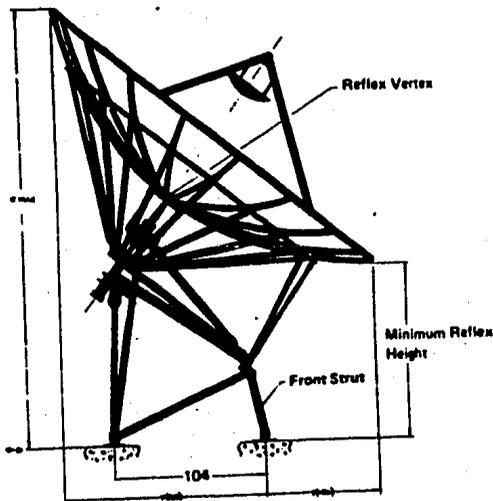
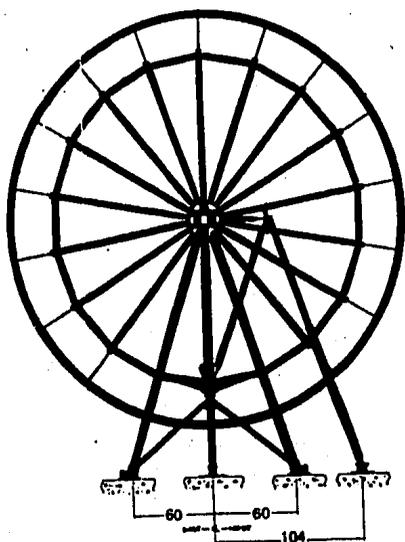
Transmit - 1.0°

First Sidelobe Level

-14 dB

## Earth Station Antennas

### 7-Meter, Model 8010



### Specifications --continued

#### Antenna Noise Temperature (Ref. OMT Port) Typical

Elevation	°K
5°	48
10°	35
15°	29
20°	26
30°	22
40°	19

#### Power-Handling Capability

5 kW CW, 20 kW peak

#### Feed Interface

Receive (All Feeds): CPR-229G flange

Transmit: CPR-137G flange

#### Power Requirements (Actuators Only)\*

Voltage: 208V ac, 3φ, 4-wire, 60 Hz

Power: Normal motorized, 1.5 kVA

Extra high speed motorized 4 kVA

#### General

##### Antenna Type

Cassegrain, dual shaped reflector

##### Antenna Diameter

7.0 meters (23 ft)

#### Reflector Construction

18 panels, precision die-stamped

#### Mount Configuration

Single-axis with declination correction

#### Antenna Pointing Range

Any satellite located between 70° and 136°W longitude from any place in contiguous U.S.

#### Antenna Travel Rate (Motorized Options)

Polar: 0.1°/s (extra high speed option: 1.8°/s)

#### Antenna Pointing Accuracy

0.13° rms in 72-km/h (45-mi/h) wind gusting to 97 km/h (60 mi/h)

#### Environmental

##### Temperature Range

Operational: -20°C to +55°C (-4°F to +131°F)

Survival\*\*: -35°C to +55°C (-31°F to +131°F)

##### Wind Loading at 0°C (+32°F) Air Temperature

Operational: 72 km/h (45 mi/h) winds gusting to 97 km/h (60 mi/h)

\* Power shown is for normal run condition, both actuators. Locked rotor kVA is approximately 7 times that shown. Does not include deicing requirements. Other voltages/frequencies available.

\*\* Survival conditions considered separately. Adjustable components securely clamped.

## Earth Station Antennas

### 7-Meter, Model 8010

#### Specifications --continued

**Solar Radiation**  
 1.1 mW/mm<sup>2</sup> (710 mW/in.<sup>2</sup>)

**Atmospheric Conditions**  
 Salt, pollutants, and corrosive contaminants as encountered in coastal and industrial areas

**Weight (Approximate)**  
 Net: 2270 Kg (5000 lbs)  
 Shipping: 3450 Kg (7600 lbs)

**Shipping Volume (Approximate)**  
 19.3 in<sup>3</sup> (680 ft<sup>3</sup>)

#### Ordering Information

Model 8010 7-Meter Antenna

Includes: 8128 Reflector  
 8228 DP Feed  
 8029 Mount

Antenna erection requires the use of a Model 8097 Installation Kit.

#### Alternatives/Options

##### Alternative Feeds

Model 8228 SP Receive-Only, 4 GHz, single linear polarization

Model 8228 RT Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal linear polarization

Model 8228 RTP, Receive/Transmit, 4/6 GHz, parallel linear polarization

##### Optional Mounts

Model 8029M Motorized Mount

Includes Model 8039-7 Polarization Drive. Refer to "Antenna Positioning" section for choice of control systems.

#### ACCESSORIES

Model 8097 Erection Kit

Anchor-Bolt Set, with Template

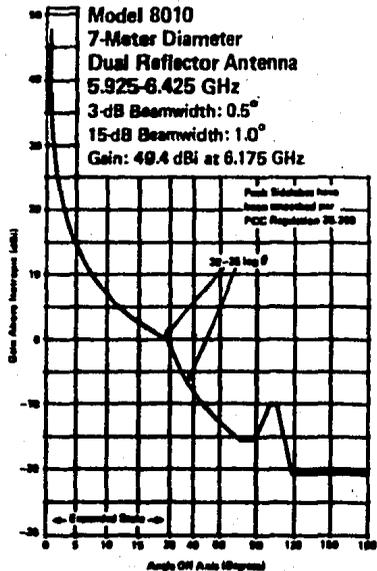
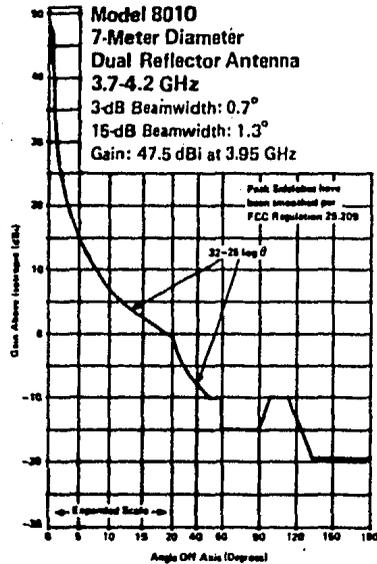
Specify antenna model no.

Pressurizer/Dehydrator

Fits all models, with fittings

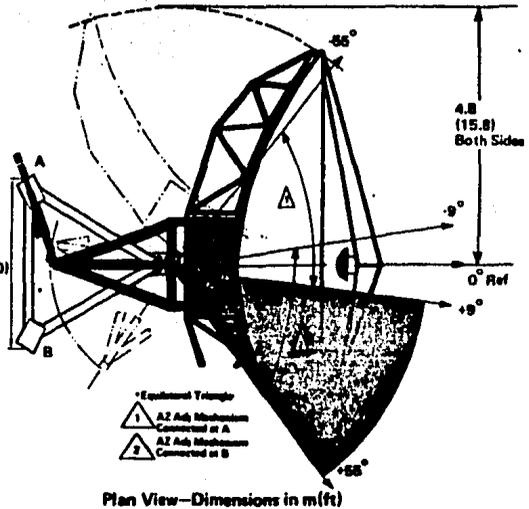
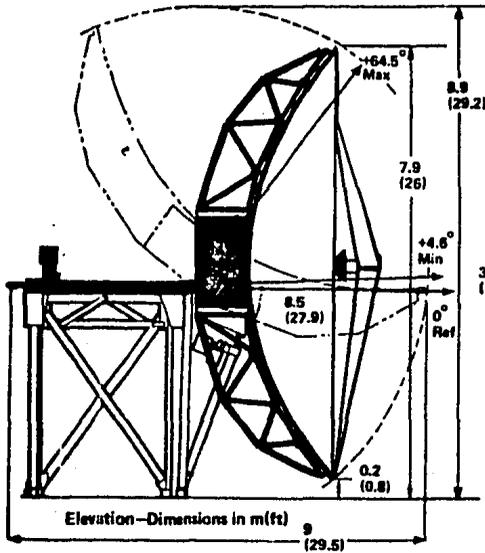
Deicing System

Select requirements from "Deicing Systems" section.



## Earth Station Antennas

### 7.7-Meter, Model 8101-7.7



### Features

- Cassegrain Feed for High-Efficiency RF Performance
- Very High Surface and Pointing Accuracies Ensure Best Possible 12/14-GHz Receive/Transmit Capability
- Ideal for Low-Signal-Strength Areas or High-Volume Trunking Applications
- Enclosed Central Hub to House Antenna-Mounted Electronics
- Designed for Minimum Maintenance
- Motorized Drives Standard
- Designed for Minimum Shipping and Installation Costs
- No Panel Alignment or Testing Required
- All-Aluminum Reflector for Maximum Temperature Stability
- Locked-In Surface Accuracy through Precision Tooling

Of dual shaped reflector Cassegrainian design, with 7.7-meter diameter reflector, the Model 8101-7.7 Antenna is a precision, high-gain 12/14-GHz antenna for applications where traffic volume and earth-station availability demand very high antenna performance. The corrugated conical horn feed assembly is mounted in a bearing-supported rotatable housing to permit easy manual polarization adjustment. Transmit and receive capabilities are provided, with the transmit and receive signals available on opposite ports of the OMT.

The antenna reflector consists of a central hub and 24 panels and trusses. Reflector surface accuracy is locked-in at the factory by precision tooling that produces interchangeable panels and trusses. Time-consuming panel alignment during field installation is completely eliminated. The antenna reflector is all aluminum to minimize differential thermal distortions.

A structural-steel mount attached to a concrete foundation supports the antenna. The mount is designed to provide the stiffness required to maintain precise pointing accuracies during extreme environmental conditions.

Remote pointing of the antenna is accomplished by azimuth and elevation screw-jack actuators. The motor-driven, high-load capacity jacks permit rapid and precise antenna pointing-angle changes.

### Specifications

#### Electrical

##### Operating Frequency

Receive: 11.7 - 12.2 GHz  
Transmit: 14.0 - 14.5 GHz

##### Feed Type

Corrugated horn

##### Gain at Midband (Referenced to OMT Port)

Receive: 57.95 dBi  
Transmit: 59.25 dBi

##### VSWR

Receive: 1.30:1 Max  
Transmit: 1.25:1 Max

##### Polarization (Model 8101-7.7 feed)

Linear - receive/transmit orthogonal

##### Axial Ratio (On-Axis)

35 dB Min

##### Isolation Between Ports

Receive/Transmit: 35 dB Min

##### Beamwidth at Midband (Nominal)

-3 dB: Receive - 0.22°  
Transmit - 0.18°

## Earth Station Antennas

### 7.7-Meter, Model 8101-7.7

#### Specifications --continued

##### Radiation Pattern Averaged Sidelobe Envelope<sup>1</sup>

Receive:	32 - 25 log $\theta$	$1^\circ < \theta < 48^\circ$
	-10 dBi	$48^\circ < \theta < 125^\circ$
	-15 dBi	$125^\circ < \theta < 180^\circ$

Transmit: Same as receive band

##### Antenna Noise Temperature (Ref. OMT Port), Typical

Elevation	°K
5°	74
10°	45
15°	33
20°	26
30°	19
40°	16

##### Power-Handling Capability

3 kW CW

##### Polarization Adjustment

360°, manual

##### Feed Interface (Receive and Transmit)

Choke flange for WR-75 waveguide

##### Power Requirements (Actuators Only)<sup>2</sup>

208V ac, 3 $\phi$ , 4-wire, 60 Hz, 4 kVA

#### General

##### Antenna Type

Cassegrain, dual shaped reflector

##### Antenna Diameter

7.7m (25.3 ft)

##### Reflector Construction

24 panels, fabricated

##### Mount Configuration

Elevation-over-azimuth

##### Antenna Pointing Range

Azimuth: 11C° in 2 overlapping sectors

Elevation: +4.6° to +90°

##### Antenna Travel Rate

Azimuth: 0.01°/s (8131A-7.7 Actuator)

Elevation: 0.01°/s (8131E-7.7 Actuator)

<sup>1</sup> Per FCC Reg. 25-209.

<sup>2</sup> Power shown is for locked rotors, both actuators. Operating power is approx. 50% of that shown. Does not include deicing requirements. Other voltages/frequencies available.

##### Pointing Accuracy

0.020° rms (per EIA Std. RS-411)

##### Surface Tolerance

0.7 mm (0.028 in.) rms static

#### Environmental

##### Temperature Range

Operational: -30°C to +50°C (-22°F to +122°F)

Survival: -40°C to +60°C (-40°F to +140°F)

##### Wind Loading at 0°C (+32°F) Air Temperature

Operational: 90 km/h (60 mi/h)

Survival: No ice--200 km/h (125 mi/h)

25 mm (1 in.) radial ice--110 km/h (87 mi/h)

##### Solar Radiation

1.1 mW/mm<sup>2</sup> (710 mW/in.<sup>2</sup>)

##### Atmospheric Conditions

Salt, pollutants, and corrosive contaminants as encountered in coastal and industrial areas

##### Weight (Approximate)

Net: 3900 kg (8600 lb)

Shipping: 6700 kg (14,800 lb)

##### Shipping Volume (Approximate)

45.3 m<sup>3</sup> (1600 ft<sup>3</sup>)

\*Survival condition considered separately. Adjustable components securely clamped.

#### Ordering Information

##### Model 8101-7.7 7.7-Meter Antenna

Includes: 8161--7.7 Mount

8181--7.7 Feed

8191--7.7 Reflector

8131--7.7 Motorized Az/EI Actuators

Select remote control system from "Antenna Positioning" section

#### Accessories/Options

##### Model 8091--7.7 Erection Kit (Reusable)

Order Kit or

8091P--7.7 Platform

8091H--7.7 Hoist

##### Anchor-Bolt Set with Template

##### Pressurizer/Dehydrator

With all fittings

##### Deicing System

Select requirements from "Deicing Systems" section

##### Remote polarization control

See "Antenna Positioning" section

## Earth Station Antennas

### 10-Meter, Models 8002A/8002A-HP



#### Features

- Cassegrain Feed for High-Efficiency RF Performance
- Enclosed Central Hub to House Antenna-Mounted Electronics
- Designed for Minimum Maintenance
- Motorized Drives Available for Rapid Remote Positioning to Alternate Satellite
- Superior Sidelobe Performance
- Designed for Minimum Shipping and Installation Costs
- No Panel Alignment or Testing Required
- All-Aluminum Reflector for Maximum Temperature Stability
- Locked-In Surface Accuracy through Precision Tooling
- Frequency Reuse Available
- Minimum Site Preparation Required
- Field-Erectable Without Crane

Two models of 10-Meter Earth Station Antennas provide receive/transmit and receive-only capabilities in the 4/6-GHz bands to fulfill voice, message, and video requirements in domestic communications systems.

The Model 8002A 10-Meter Earth Station Antenna is a dual-reflector, Cassegrain system that exhibits highly efficient RF performance. Similar to this antenna is the Model 8002A-HP Antenna, which exhibits somewhat lower sidelobes than the Model 8002A, making it more suitable for use in congested terrestrial microwave areas.

Three types of feeds are available for the Models 8002A and 8002A-HP Antennas. Included as standard equipment, the Model 8220SP Feed provides receive-only, single linear polarized operation for the Model 8002A Antenna. Standard in the Model 8002A-HP antenna is the Model 8221SP Feed, which also provides receive-only, single linear polarization. Variations of these two basic models provide single- and

dual-polarized receive/transmit operation. A third type, available as an option, is the Series 8230 Frequency Reuse Feed. All are capable of manual or remote polarization adjustment. See "Ordering Information" for further description.

The reflector assembly used in each configuration consists of a machined central hub, to which are attached the radial trusses, and the reflector panels. Ample space is provided inside the hub for the mounting of redundant low-noise amplifiers and switching equipment. Each reflector panel is a single piece manufactured on precision tooling to ensure accuracy and to allow interchangeability. Machined tabs on the radial trusses support the panels and lock in the overall shape and antenna surface tolerance. Optical panel alignment during installation is thereby eliminated. High-strength aluminum is used throughout for all reflector components to minimize panel surface distortion due to thermal effects on dissimilar metals.

Two mounts are available to support and position the 10-meter antennas. Constructed of structural steel, each mount provides maximum torsional stiffness to resist the torque produced by wind moments on the large reflector. The principal difference between the two mounts is their height; the Model 8024A is 3.7m (12 ft) high, while the Model 8021A is 5.2m (17 ft) high. The taller mount permits the reflector to be depressed below +15° elevation to be able to boresight geostationary satellites from high northern latitudes.

The most recent mount option is the Model 8021-110. This mount, available on both tall and short models, is capable of azimuth coverage throughout a continuous 110° sector. The entire 70° - 135° satellite orbital arc is covered from anywhere in the contiguous United States without mechanical changeovers, thus minimizing system downtime while switching satellite headings.

Antenna positioning about two axes is furnished by two precision jackscrew assemblies. These units permit rapid re-orientation of the antenna during changeover from one satellite to another. The standard manual configuration, consisting of Models 8035A Azimuth and 8036A Elevation Actuators, can also be driven by a hand-held drill motor. Several remote-controlled motor-driven versions of the Model 8031 Azimuth and 8032 Elevation Actuators are available for use when frequent satellite changes are anticipated.

#### Specifications

##### Electrical—Model 8002A

##### Operating Frequency

Receive: 3.7 - 4.2 GHz

Transmit: 5.925 - 6.425 GHz

##### Feed Type

Diagonal horn

##### Gain at Midband (Referenced to OMT Port)

Receive: 50.85 dBi

Transmit: 53.5 dBi

##### VSWR

1.25:1 Max

##### Polarization

Receive-only, dual linear (Standard 8220DP Feed)

See "Ordering Information" for alternative feeds

## Earth Station Antennas

### 10-Meter, Models 8002A/8002A-HP

#### Specifications --continued

##### Axial Ratio (On-Axis)

- Linear: 35 dB Min (Std)
- Circular: 1.40:1 Max (3 dB Max) (Optional)

##### Isolation Between Ports (Std. Feed)

- Linear Receive: 30 dB Min

##### Isolation Between Ports (Optional Feeds)

- Linear Receive/Transmit: 35 dB Min
- Circular Receive: 22 dB Min
- Circular Receive/Transmit: 35 dB Min

#### Electrical—Model 8002A

##### Beamwidth at Midband (Nominal)

- 3 dB: Receive - 0.46°  
Transmit - 0.32°
- 15 dB: Receive - 0.95°  
Transmit - 0.70°

##### First Sidelobe Level

- 14 dB

##### Antenna Noise Temperature (Ref. OMT Port), Typical

Elevation	°K
5°	48
10°	34
15°	27
20°	25
30°	21
40°	19

##### Power-Handling Capability

- 5 kW CW, 20 kW peak

##### Polarization Adjustment

- Manual: 360°
- Remote: ±90°

##### Feed Interface

- Receive (all feeds): CPR-229G flange
- Transmit: CPR-137G flange

##### Power Requirements (Actuators Only)<sup>2</sup>

- Voltage: 208V ac, 3φ, 4-wire, 60-Hz
- Power: normal motorized, 4kVA
- high-speed motorized, 12.5 kVA

#### Electrical—Model 8002A-HP

##### Operating Frequency

- Receive: 3.7 - 4.2 GHz
- Transmit: 5.925 - 6.425 GHz

##### Feed Type

- Corrugated horn

##### Gain at Midband (Referenced to OMT Port)

- Receive: 50.5 dBi
- Transmit: 53.0 dBi

##### VSWR

- 1.25:1 Max

##### Polarization

- Receive-only, dual linear (Standard 8221DP Feed)
- See "Ordering Information" for alternative feeds

##### Axial Ratio (On-Axis)

- Linear: 35 dB Min (Std)
- Circular: 1.40:1 Max (2.9 dB Max) (Optional)

##### Isolation Between Ports (Std. Feed)

- Linear Receive: 30 dB Min

##### Isolation Between Ports (Optional Feeds)

- Linear Receive/Transmit: 35 dB Min
- Circular Receive: 22 dB Min
- Circular Receive/Transmit: 35 dB Min



Ample room inside reflector hub for electronics.

##### Beamwidth at Midband (Nominal)

- 3 dB: Receive - 0.49°  
Transmit - 0.35°
- 15 dB: Receive - 1.02°  
Transmit - 0.78°

##### First Sidelobe Level

- 14 dB

##### Antenna Noise Temperature (Ref. OMT Port), Typical

Elevation	°K
5°	48
10°	37
15°	31
20°	26
30°	23
40°	20

##### Power-Handling Capability

- 5 kW CW, 20 kW peak

##### Polarization Adjustment

- Manual: 360°
- Remote: ±90°

##### Feed Interface

- Receive (all feeds): CPR-229G flange
- Transmit (-RT only): CPR-137G flange

##### Power Requirements (Actuators Only)<sup>2</sup>

- Voltage: 208V ac, 3φ, 4-wire, 60-Hz
- Power: normal motorized, 4 kVA
- high-speed motorized, 12.5 kVA

<sup>2</sup> Power shown is for locked rotors, both actuators. Operating power is approx. 50% of that shown. Does not include deicing requirements. Other voltages/frequencies available.

## Earth Station Antennas

### 10-Meter, Models 8002A/8002A-HP

#### Specifications—continued

##### General—8002A/8002A-HP

###### Antenna Type

Cassegrain, dual shaped reflector

###### Antenna Diameter

10m (32.8 ft)

###### Reflector Construction

24 panels, precision riveted and welded aluminum

###### Mount Configuration

Elevation-over-azimuth

###### Antenna Pointing Range

Azimuth, Standard Manual and Optional Motorized:

110° in two overlapping 57° sectors

Azimuth, Optional 110° Motorized:

110° Continuous (55° either side of dead center)

Elevation, Standard Manual and Optional Motorized:

8021A Tall mount, 0° to +90°

8024A Short mount, +15° to +90°

###### Antenna Travel Rate (Motorized Options)

	High-Speed
Azimuth	0.1°/s
Elevation	0.07°/s

##### Environmental—8002A/8002A-HP

###### Antenna Pointing Accuracy

0.041° rms in 48-km/h (30-mi/h) wind gusting to

72 km/h (45 mi/h)

0.091° rms in 72-km/h (45-mi/h) wind gusting to

105 km/h (65 mi/h)

###### Surface Tolerance

1 mm (0.040 in.) static

##### Temperature Range

Operational: -20°C to +55°C (-4°F to +131°F)

Survival: -35°C to +60°C (-31°F to +140°F)

##### Wind Loading at 0°C (+32°F) Air Temperature

Operational: 72 km/hr (45 mi/h) gusting to 105 km/h (65 mi/h)

Survival: 200 km/h (125 mi/h) with no ice; 140 km/h (87 mi/h) with 61 mm (2 in.) radial ice

##### Solar Radiation

1.1 mW/mm<sup>2</sup> (710 mW/in.<sup>2</sup>) (350 BTU/ft<sup>2</sup>-hr)

##### Atmospheric Conditions

Salt, pollutants, and corrosive contaminants as encountered in coastal and industrial areas

##### Weight (Approximate)

Net: 5900 kg (13,000 lb)

Shipping: 8200 kg (18,000 lb)

##### Shipping Volume (Approximate)

59.5m<sup>3</sup> (2100 ft<sup>3</sup>)

\*Survival conditions considered separately. Adjustable components securely clamped.

#### Ordering Information

##### Model 8002A 10-Meter Antenna

Includes: 8021A Tall Mount

8111-1 Reflector

8220DP Feed

Manual actuators (az, el, pol)

##### Model 8002AS 10-Meter Antenna

Includes: 8024A Short Mount

8111-1 Reflector

8220DP Feed

Manual Actuators (az, el, pol)

##### Model 8002A-HP 10-Meter Antenna

Includes: 8021A Tall Mount

8113 Reflector

8221DP Feed

Manual Actuators (az, el, pol)

##### Model 8002AS-HP 10-Meter Antenna

Includes: 8024A Short Mount

8113 Reflector

8221DP Feed

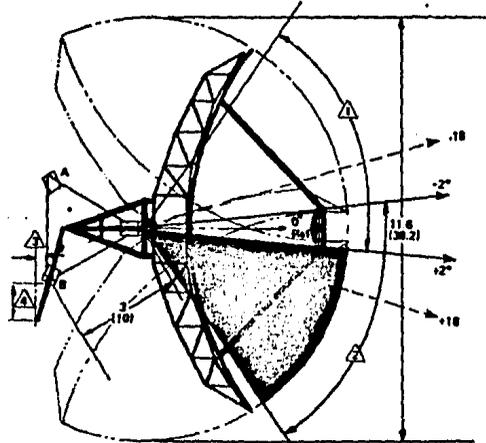
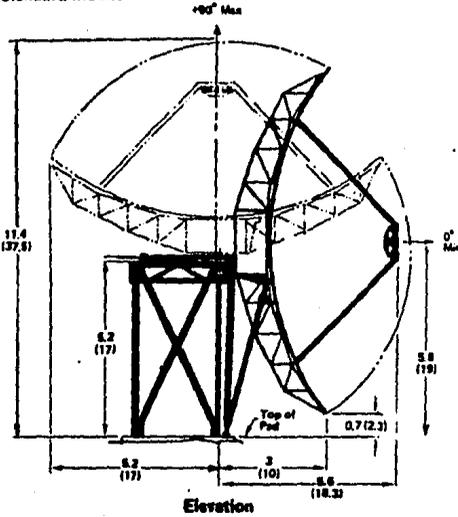
Manual Actuators (az, el, pol)

Select alternative motorized actuators and optional feeds from tables on following page.

# Earth Station Antennas

## 10-Meter, Models 8002A/8002A-HP

**Models 8002A/8002A-HP**  
Standard Mount

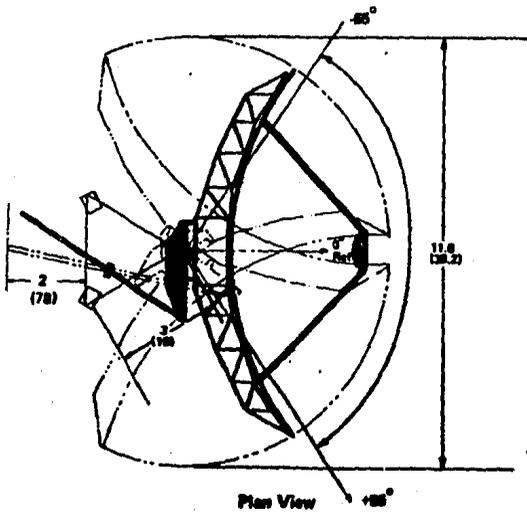
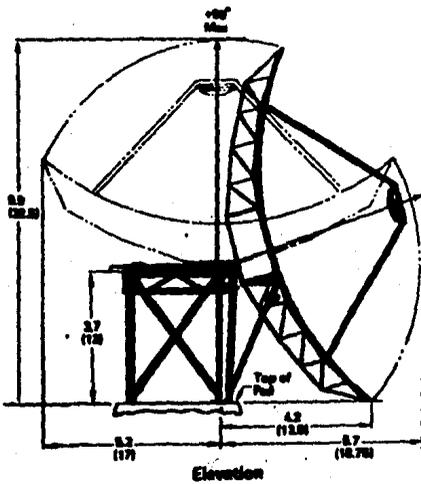


- ▲ AZ Adj. Mechanism Connected at A
- ▲ AZ Adj. Mechanism Connected at B

	▲	▲
Mounted Antenna	8.6	1
	(17.5)	(3.5)
Mounted Antenna	1	2.2
	(3.5)	(7.28)

\*Equilateral Triangle

**Models 8002AS/8002AS-HP**  
Optional 110° Continuous Azimuth Mount



All Dimensions in m(ft)

## Earth Station Antennas

### 10-Meter, Models 8002A/8002A-HP

#### Alternatives/Options

##### Alternative Mounts:

Model 8021-110 Tall Mount for continuous 110° coverage

Model 8024-110 Short Mount for continuous 110° coverage

##### Alternative Feeds - 8002A, 8002AS Antennas

Model 8220RT - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal linear polarization

Model 8220RTC - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal circular polarization

Model 8220DPC - Receive Only, 4 GHz dual circular polarization

Model 8220RTP - Receive/Transmit, 4/6 GHz, parallel linear polarization

##### Alternative Feeds - 8002A-HP, 8002AS-HP Antennas

Model 8220RTP - Receive/Transmit, 4/6 GHz, parallel linear polarization

Model 8221DPC - Receive-Only, 4 GHz, dual circular polarization

Model 8221RT - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal linear polarization

Model 8221RTC - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal circular polarization

Model 8230 - Receive/Transmit, 4/6 GHz, frequency reuse, orthogonal linear polarization

#### Accessories/Options

##### Model 8090 Erection Kit

Consists of: 8091 Erection Platform  
8092 Hoist Assembly

Note: Kit is re-usable. Order kit or 8091, 8092 separately.

Model 8082-10/11 Foundation kit consists of anchor bolts and template

##### Pressurizer/Dehydrator

Fits all models, with fittings

##### Deicing System

Select requirements from "Deicing Systems" Section

##### Lightning-Protection Kit

Specify Antenna Model No.

Models 8168 Retrofit kits for converting standard antenna to 110° coverage. Specify current mount and actuator model numbers.

Alternative Motorized Actuators\* - 8002A, 8002A-HP Antennas

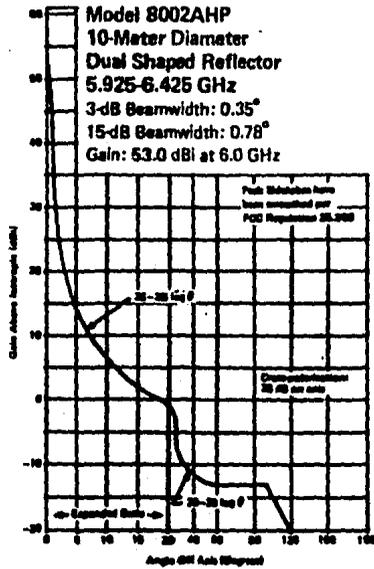
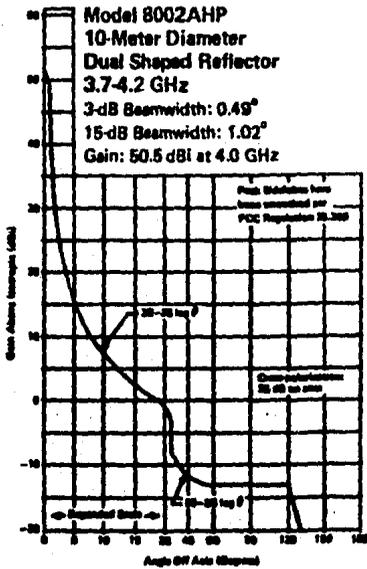
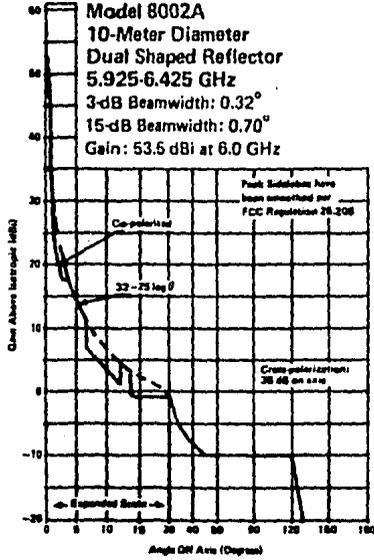
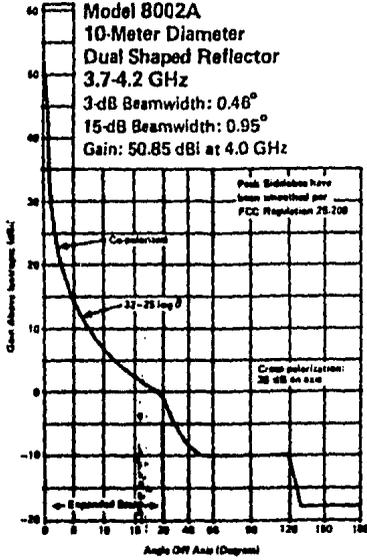
Configuration	Speed	Az Coverage	Az Model	EI Model	Pol Model
Az/EI/Pol	Normal	Standard	8031	8032A	8039-10
	High	110°	8031-110	8032AHS	8039-10

Alternative Motorized Actuators\* - 8002AS, 8002AS-HP Antennas

Configuration	Speed	Az Coverage	Az Model	EI Model	Pol Model
Az/EI/Pol	Normal	Standard	8031	8032B	8039-10
	High	110°	8031-110	8032BHS	8039-10

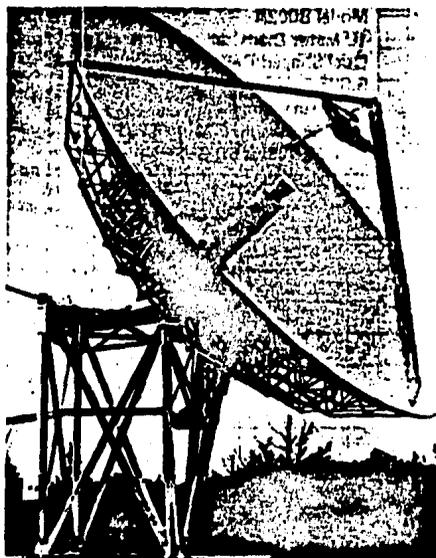
\*Refer to "Antenna Positioning" section for choice of control systems.

## Earth Station Antennas 10-Meter, Models 8002A/8002A-HP



## Earth Station Antennas

### 11-Meter, Model 8007



#### Features

- Cassegrain Feed for High-Efficiency RF Performance
- Enclosed Central Hub to House Antenna-Mounted Electronics
- Designed for Minimum Maintenance
- Motorized Drives Standard
- Designed for Minimum Shipping and Installation Costs
- No Panel Alignment or Testing Required
- All-Aluminum Reflector for Maximum Temperature Stability
- Locked-In Surface Accuracy Through Precision Tooling
- Frequency Reuse Feeds Available
- Minimum Site Preparation Required
- Optimized for INTELSAT-B Applications
- Field-Erectable Without Crane

Designed specifically for INTELSAT-B applications, the Model 8007 11-Meter Earth Station Antenna is an extremely cost-effective, high-efficiency antenna that exhibits very high G/T and low sidelobes. This antenna, capable of receive/transmit operation in the 4/6 GHz range, is also particularly well suited for domestic use in areas of low satellite signal strength such as Puerto Rico, Hawaii, and Alaska.

Construction of the Model 8007 is similar in most respects to the Model 8002A-HP 10-Meter Earth Station Antenna.

Two high-efficiency feeds are available for use with this antenna. The Model 8225DP Feed is offered as standard. Installed as an option, the Model 8230 or 8231 Frequency Reuse Feed permits simultaneous reception and transmission of two signals at the same frequency by utilizing the orthogonal linear polarizations of the basic carrier.

The 11-meter antenna is available with a 110° coverage mount similar to that for a 10-meter antenna.

Positioning of the 11-meter antenna is provided by motor-driven azimuth and elevation jackscrews. Digital position readout, automatic position programming, remote polarization adjustment, and local control are included in the available control equipment.

The Model 8007 11-Meter Earth Station Antenna can be easily shipped to remote areas using standard vehicles. Erection in the field can be accomplished by a crew of four without a crane in four days.

#### Specifications

##### Electrical

##### Operating Frequency

Receive: 3.7 - 4.2 GHz

Transmit: 5.925 - 6.425 GHz

##### Feed Type

Corrugated horn

##### Gain at Midband (Referenced to OMT Port)

Receive: 52.0 dBi

Transmit: 54.4 dBi

##### VSWR

1.25:1 Max

##### Polarization

Receive-only, dual linear (Standard 8225DP Feed)

See "Ordering Information" for alternative feed.

##### Axial Ratio (On-Axis)

Linear: 35 dB Min

Circular: 1.40:1 Max (3 dB Max) (Optional)

##### Isolation Between Ports (Std. Feed)

Linear Receive: 30 dB Min

##### Isolation Between Ports (Optional Feeds)

Linear Receive/Transmit: 35 dB Min

Circular Receive: 22 dB Min

Circular Receive/Transmit: 35 dB Min

##### Beamwidth at Midband (Nominal)

-3 dB: Receive - 0.40°

Transmit - 0.26°

-15 dB: Receive - 0.78°

Transmit - 0.54°

## Earth Station Antennas

### 11-Meter, Model 8007

#### Specifications --continued

First Sidelobe Level  
-14 dB

Antenna Noise Temperature (Ref. OMT Port), Typical

Elevation	°K
5°	45
10°	34
15°	28
20°	23
30°	18
40°	17

Power-Handling Capability

5 kW CW, 20 kW peak

Polarization Adjustment

Manual: 360°

Remote: ±90°

Feed Interface

Receive: CPR-229G flange

Transmit: CPR-137G flange

Power Requirements (Actuators Only)\*

208V ac, 3φ, 4-wire, 60-Hz, 25 kVA

#### General

Antenna Type

Cassegrain, dual-reflector

Antenna Diameter

11m (37 ft)

Reflector Construction

24 panels, precision riveted and welded aluminum

Mount Configuration

Elevation-over-azimuth

Antenna Pointing Range

Azimuth, Standard motorized:

110° in two overlapping 57° sectors

Azimuth: Optional 110° motorized: 110° continuous

(55° either side of dead center)

Elevation: +5° to +90° continuous

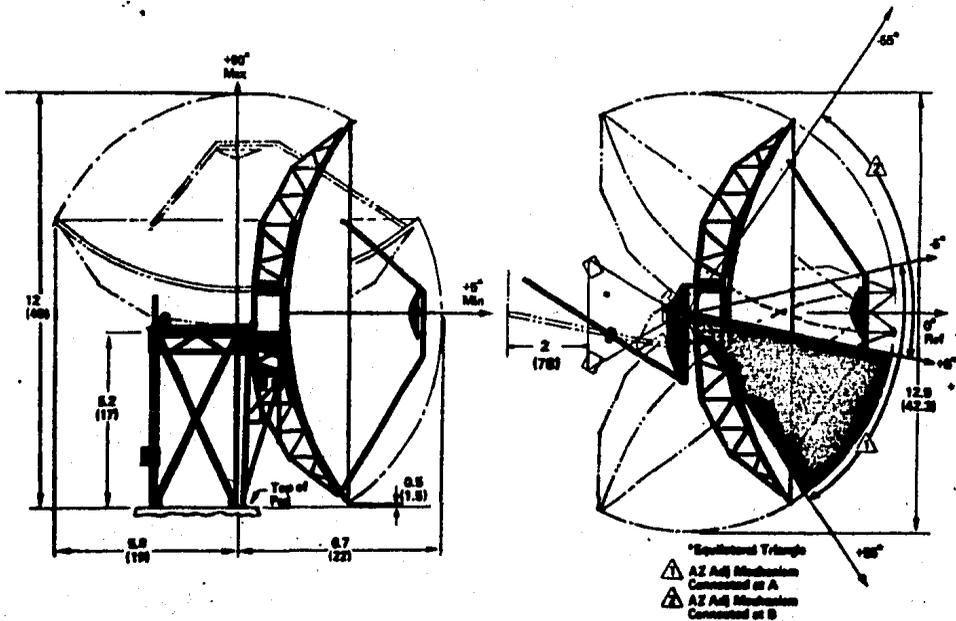
Antenna Travel Rate (Motorized Option)

Azimuth: 0.03 deg/sec.

Elevation: 0.03 deg/sec.

Azimuth (110° continuous) 0.09 deg/sec

- \* Power shown is for locked rotors, both actuators. Operating power is approx. 50% of that shown. Does not include deicing requirements. Other voltages/frequencies available.



Elevation Dimensions in m(ft)

# Earth Station Antennas

## 11-Meter, Model 8007

### Environmental

#### Pointing Accuracy

0.04° rms in 48-km/h (30-mi/h) wind gusting to 72 km/h (45 mi/h)

0.091° rms in 72-km/h (45-mi/h) wind gusting to 105 km/h (65 mi/h)

#### Surface Tolerance

1 mm (0.040 in.) static

#### Temperature Range

Operational: -20°C to +55°C (-4°F to +131°F)

Survival: -35°C to +60°C (-31°F to +140°F)

#### Wind Loading at 0°C (+32°F) Air Temperature

Operational: 72 km/h (45 mi/h) gusting to 105 km/h (65 mi/h)

Survival: No ice-201 km/h (125 mi/h)

51 mm (2 in.) radial ice-110 km/h (87 mi/h)

#### Solar Radiation

1.1 mW/mm<sup>2</sup> (710 mW/in.<sup>2</sup>) (350 BTU/ft<sup>2</sup>-hr)

#### Atmospheric Conditions

Salt, pollutants, and corrosive contaminants as encountered in coastal and industrial areas

#### Weight (Approximate)

Net: 6900 kg (15,000 lb)

Shipping: 9750 kg (21,500 lb)

#### Shipping Volume (Approximate)

74m<sup>3</sup> (2600 ft<sup>3</sup>)

\*Survival conditions considered separately. Adjustable components securely clamped.

### Ordering Information

#### Includes: 8025A Mount

8225DP Feed

8114 Reflector

8037/8038 Motorized Az/EI Actuators

See "Antenna Positioning" Section for choice of control systems.

#### Alternative Mounts

Model 9825-110 mount for continuous 110° coverage

#### Alternative Feeds

Model 8225DPC - Receive-only, 4 GHz, dual circular polarization

Model 8225RT - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal linear polarization

Model 8225RTC - Receive/Transmit, 4/6 GHz, orthogonal circular polarization

Model 8225RTP - Receive/Transmit, 4/6 GHz, parallel polarization

Model 8230 - Receive/Transmit, 4/6 GHz, frequency reuse, orthogonal linear polarization

Model 8231 - Receive/transmit, 4/6 GHz, frequency reuse, independently adjustable linear polarizations (includes remote control panel)

#### Accessories:

Model 8093 Erection Kit (Reusable)

Model 8082-10/11 Foundation Kit

Consists of anchor bolts and templates

Pressurizer/Dehydrator, with fittings

Model 8039-11 Feed Polarization Drive System (for Series 8225 Feed)

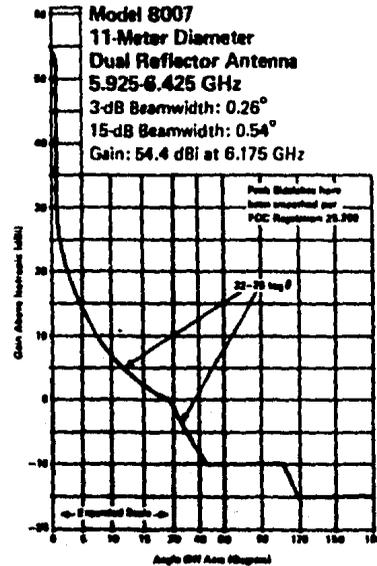
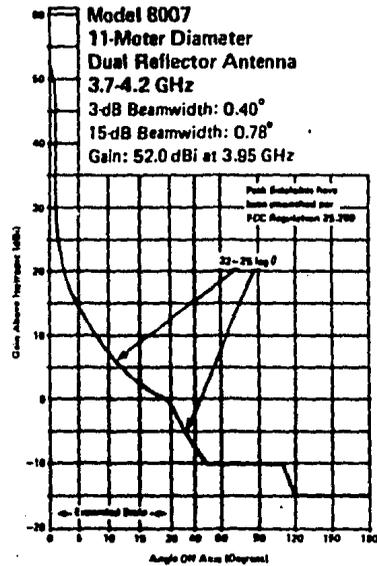
#### Deicing System

Select Requirements from "Deicing Systems" Section

#### Lightning-Protection Kit

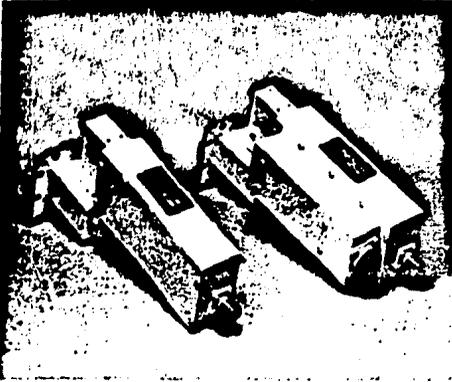
Specify antenna model no.

Model 8169 Retrofit Kit for converting standard antenna to 110° coverage: Specify current mount and actuator model numbers



## Ground Communications Equipment

### Low Noise Amplifiers

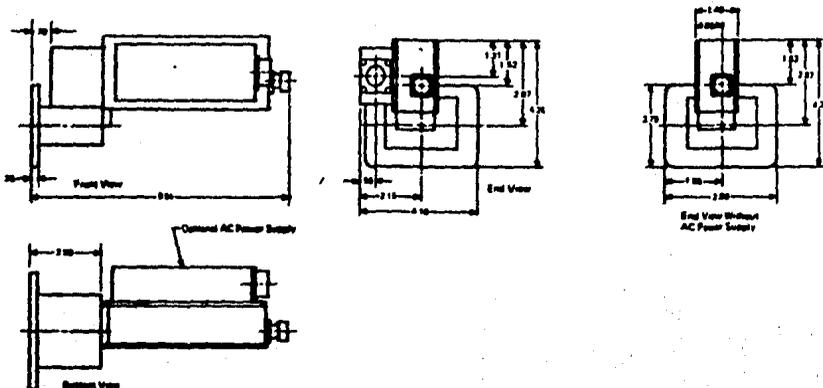


Scientific-Atlanta has developed a series of Low Noise Amplifiers (LNA) for satellite earth stations operating in the 3.7 - 4.2 GHz frequency band. They are designed using the latest GaAs FET technology for optimum uncooled noise performance. These LNA's are available in 18 different models depending on the desired noise temperature, gain or power supply requirements. Noise temperatures are available ranging from 80K to 120K with gains of 52 dB or 60 dB. The basic LNA is powered from a dc voltage but units are also available with an attached power supply which can be powered from either ac or dc.

All units come with an integral isolator to protect against antenna mismatch and have internal output isolation. Models designed for dc power permit dc voltage to vary from +15 to +25 without performance degradation and are powered through the center conductor of the RF cable. These units are fully weatherproofed to assure long operation outdoors and have waveguide pressurization capabilities.

### Specifications

<b>Electrical</b>	
Frequency Range	3700 - 4200 MHz
Gain	52 $\pm$ 2 dB or 60 $\pm$ 3 dB
Gain Ripple	NGT $\pm$ 0.5 dB
Gain Stability	Less than 0.1 dB/hr. Less than 0.5 dB/mo.
Gain Slope	NGT $\pm$ 0.5 dB/500 MHz NGT $\pm$ 0.25 dB/40 MHz
Gain Compression	NGT 1 dB @ +5 dBm output
Input VSWR	NGT 1.25:1
Output VSWR	NGT 1.3:1 (52 dB gain models) NGT 1.5:1 (60 dB gain models)



Series 300 Low Noise Amplifier Block Diagram

# Ground Communications Equipment

## Low Noise Amplifiers

### Specifications --continued

Third Order Intercept  
+15 dBm

Overdrive Capacity  
Will withstand 0 dBm within operating band applied  
to input continuously without permanent damage

Spurious Outputs  
Less than output noise level

AM-PM Conversion  
Less than 0.1°/dB @ -15 dBm output

Group Delay

Linear

NGT  $\pm 0.015$  nsec/MHz

Parabolic

NGT  $\pm 0.0015$  nsec/MHz<sup>2</sup>

Ripple

NGT .1 nsec p-p

Operating Temperature Range  
-30°C to +50°C

Survival Temperature Range  
-40°C to +60°C

Noise Figure

See chart page 2

Power Supply

DC Models

+15 to +25V dc through center conductor of RF cable

AC/DC Models

+15 to +25V dc through center conductor of RF cable

OR +15 to +25V dc through power connector OR

115V ac  $\pm 10\%$  through power connector

Maximum Current

150 mA

### Mechanical

Input Connector

CPR 229G waveguide capable of pressures to 10 psi

Output Connector

Type "N" female, weatherproof

Power Connector (AC/DC Models only)

Quick disconnect type Bendix No. PT02E-14-5P

Pin A - 115V ac

Pin B - Ground

Pin C - 115V ac common

Pin D - +15 to +25V dc

Pin E - No connection

Housing

Weatherproof enclosure can be subjected to all normal  
environmental extremes of temperature and humidity

Orientation

Operation of unit is unaffected by physical orientation

Shipping

Unit is shipped in a close-fitting styrofoam container.

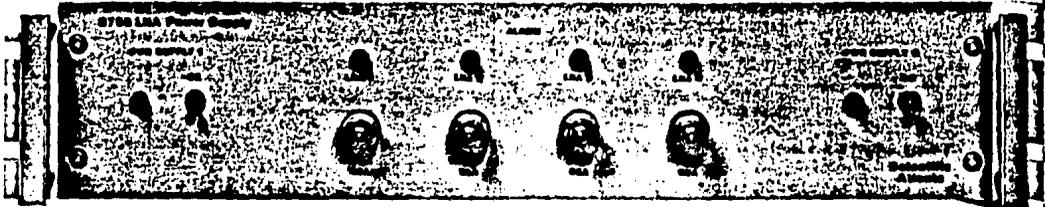
While in this container, unit will withstand any shock  
and vibration encountered during normal transportation

### Ordering Information

Model No.	Noise Figure	Gain	Power
300-1	120K	52 dB	DC
300-2	100K	52 dB	DC
300-3	90K	52 dB	DC
300-4	80K	52 dB	DC
300-5	120K	52 dB	AC/DC
300-6	100K	52 dB	AC/DC
300-7	90K	52 dB	AC/DC
300-8	80K	52 dB	AC/DC
300-9	120K	60 dB	DC
300-10	100K	60 dB	DC
300-11	90K	60 dB	DC
300-12	80K	60 dB	DC
300-13	120K	60 dB	AC/DC
300-14	100K	60 dB	AC/DC
300-15	90K	60 dB	AC/DC
300-16	80K	60 dB	AC/DC

## Ground Communications Equipment

### LNA Power Supplies, Model 8760/8761



The Model 8760 and 8761 LNA power supplies are designed to work with Scientific-Atlanta LNA's. The Model 8760 LNA power supply contains two ac (120/240V ac) power supplies for redundant operation. Each supply has a green LED indicator on the front panel to indicate proper operation. Model 8760 can provide power (+15V dc) and alarms (dry contact Form C) for up to 4 LNA's. Power may be supplied to the LNA using a bias T arrangement. Each LNA has a current sensing alarm circuit which provides an alarm when the LNA current moves outside of a specified window. There are 4 indicating fuses on the front panel for each LNA channel, and 4 red LED's indicating alarms.

The Model 8761 is identical to Model 8760 except it can provide power for up to 2 LNA's.

### Specifications

**Input Voltage**  
 117V ac  $\pm 10\%$  47-63 Hz  
 240V ac  $\pm 10\%$  47-63 Hz  
 +20V dc to +28V dc

**Output Voltage**  
 +16V dc  $\pm 5\%$  fully loaded

**Output Current**  
 70 - 140 mA per channel

**Output Ripple**  
 100 mV p-p

**Alarm Point Range**  
 $\pm 50$  mA window adjustable about a center point  
 from 70 - 140 mA

**Alarm Outputs**  
 1 dry Form C per channel

**Indicators**  
 Green LED's on power supply outputs.  
 Red LED channel alarms indicating fuses

### Ordering Information

Model 8760 LNA Power Supply (4 Channel)  
 Light Gray  
 Part No. 208823-01  
 Green  
 Part No. 208823-02

Model 8761 LNA Power Supply (2 Channel)  
 Light Gray  
 Part No. 208822-01  
 Green  
 Part No. 208822-02

## Ground Communications Equipment

### Video Receiver, Series 6600



The Series 6600 is capable of providing the highest quality video and audio from a satellite downlink in the 3.7-4.7 band.

Modular in construction, the 6600 downconverter plugs into receiver mainframe from the front panel; all other modules plug in from the top of the receiver.

Several configurations of the receiver are available depending on requirements for frequency control and channel spacing, and remote monitor and control capabilities. The basis 6602 receiver has a 24 channel frequency synthesizer which tunes the downconverter in 20 MHz steps. Remote programming can be done with either direct frequency control or selection of 6 memory channels.

For sophisticated control systems, this receiver is also available with a control interface compatible with the SABus interface monitor and control. Frequency control of SABus equipped receivers is accomplished by a front panel key board and numeric display.

Four plug-in circuit boards contain the standard, basic circuits required. These include the IF amplifier, video demodulator, video clamp, and audio demodulator. Three other positions are provided for the addition of optional circuits. These options include a 4.5-MHz sub-carrier modulator and subcarrier demodulators. These optional circuits may be ordered at any time and installed in the receiver as desired.

An alarm card is also available to interface the receiver to protection switching in systems not using the SABus for monitor and control.

Threshold extension demodulation (TED) significantly increases receiver operating threshold margin. Operating as a standard discriminator over the range of normal carrier-to-noise (C/N) ratios, TED automatically switches to extend the operating range to lower C/N ratios. Impulse noise in the video signal is reduced near the threshold level and acceptable picture quality is extended to considerably lower operating signal levels than with conventional demodulation.

All interface with the earth station is through type-N (RF) and BNC (IF, video) connectors and screw-terminal barrier strips (audio) on the rear panel. Optional rack slides or mounting brackets are available.

#### Features

- Frequency-Agile 3.7 to 4.2 GHz in 20-MHz or 250 kHz Increments
- Threshold Extension Demodulation Provides Enhanced Picture Quality at Lower Signal Levels for Reduced System Cost
- Solid-State Reliability
- Easy-Access Plug-In Downconverter
- Plug-In Cards Allow Simplified Field Service
- Adaptable for Microwave Applications
- Optional Audio Demodulators for Future Audio Services
- Optional SABus Control and Interface

#### Specifications

- Frequency  
3700 to 4200 MHz
- Maximum Level  
-34 dBm
- Frequency Control  
Switch Selectable  
24 Channel synthesizer  
Optional 250 kHz  
Synthesizer with SA bus interface and control
- Impedance  
50 ohms, unbalanced
- Return Loss  
>20 dB
- Noise Figure  
15 dB maximum
- Image Rejection  
>60 dB
- LO Leakage  
<-70 dBm
- IF  
Intermediate Frequency: 70 MHz  
Effective Noise Bandwidth: 32.4 MHz nominal  
Impedance: 75 ohms, unbalanced  
Return Loss at IF Monitor Ports: >20 dB  
Dynamic Operating Range: 40 dB
- Baseband  
De-emphasis: 525-Line (CCIR Rec. 405-1)  
Deviation Range: 6 to 12 MHz peak at de-emphasis cross-over frequency
- Threshold Extension Demodulation  
See charts at right
- Video  
Video Level: 1V p-p  $\pm 3$  dB adjustable  
Response (15 Hz - 4.2 MHz): Standard,  $\pm 0.5$  dB.  
With TED,  $\pm 1.0$  dB  
Impedance: 75 ohms, unbalanced  
Return Loss: >26 dB  
Polarity: Black-to-White, positive-going  
Clamping: 40-dB dispersal rejection  
Line-Time Waveform Distortion: <1% tilt  
Field-Time Waveform Distortion: <1% tilt  
Differential Phase: <  $\pm 1^\circ$  10 to 90% APL  
Differential Gain: <  $\pm 2.5\%$  10 to 90% APL

# Ground Communications Equipment

## Video Receiver, Series 6600

### Audio

Subcarrier Frequency: 6.8 MHz standard, other frequencies available  
 Frequency Response: 30 Hz to 15 kHz  $\pm 0.5$  dB  
 De-emphasis: 75  $\mu$ s  
 Output Level: Continuously variable, -10 to +10 dBm  
 Impedance: 600 ohms, balanced  
 Harmonic Distortion:  $\leq 1\%$

### Operating Temperature

0°C to 50°C (32°F to 122°F)

### Power Requirements

100-130V ac, 60 Hz, 100W Max  
 -19 to -32V dc (with optional power module)

### Dimensions

Standard 483-mm (19-in.) EIA panel, 133 mm (5.25 in.) high, 483 mm (19 in.) deep

### Ordering Information

Except as noted, any of the assemblies below can be ordered separately.

#### Standard Model 6601 Video Receiver

##### Includes:

Crystal-Controlled Downconverter Part No. 228980<sup>1</sup>  
 IF Amplifier Part No. 229030  
 Video Demodulator Part No. 229035  
 Video Clamp Part No. 229040  
 Program Audio Demodulator<sup>2</sup>  
 Power Supply, ac Input, Part No. 229000

#### Standard Model 6602 Video Receiver

##### Includes:

Synthesized Downconverter Part No. 230260  
 IF Amplifier Part No. 229030  
 Video Demodulator Part No. 229035  
 Video Clamp Part No. 229040  
 Program Audio Demodulator<sup>2</sup>  
 Power Supply, ac Input, Part No. 229000

### Optional Demodulators/Modulator

Up to three of the following options can be installed in the receiver.

#### Demodulators

6.2-MHz cue demodulator, 40-kHz deviation — PN 230230

6.2-MHz subcarrier, 40-kHz deviation<sup>3</sup> — PN 229055

7.4-MHz subcarrier, 40-kHz deviation — PN 229060

#### Modulator (suitable for microwave use)

4.5-MHz subcarrier, 25-kHz deviation<sup>3</sup> — PN 229045

Audio modulation limiter for above — PN 153189

### Optional Power Supply

The receiver can be powered from -24V dc. Specify dc Supply Part No. 229840.

### Optional Rack Slides/Brackets

#### Specify One:

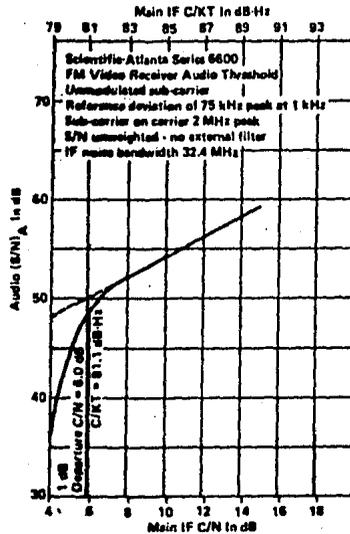
Rack Slides — Part No. 228961

Support Brackets — Part No. SA24

- Specify transponder center frequencies desired. Each crystal is furnished with a downconverter panel cover-plate marked with transponder center frequency.
- Specify: 6.2-MHz subcarrier, 75-kHz deviation — Part No. 229070  
 6.8-MHz subcarrier, 75-kHz deviation — Part No. 229050
- Fist response. All others per audio-response specifications.

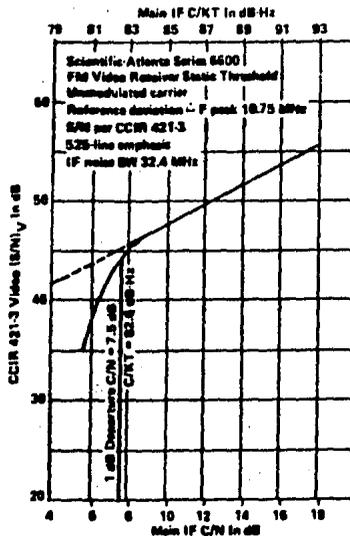
### Series 6600

#### Video Receiver Audio Threshold Performance



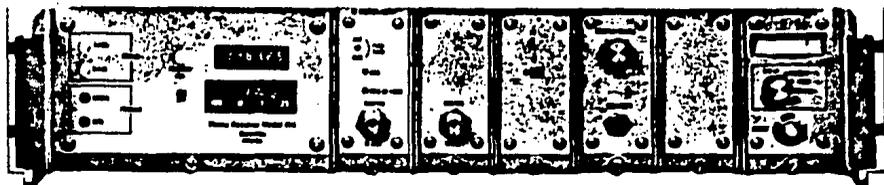
### Series 6600

#### Video Receiver Video Threshold Performance



## Ground Communications Equipment

### Video Receiver, Series 414



#### Features

- Satellite television reception, 3.7 - 4.2 GHz
- Frequency-agile synthesizer tuning
- Dual-conversion IF, optional bandwidth
- Extended low-signal video threshold
- Compact styling, plug-in panel modules
- Simple operation and system interconnections
- Expansion capability for specialized services
- Local/remote/automatic modes
- Suitable for 1:N redundancy switching
- Monitor and servicing outputs
- 50/60 Hz power supply, 115/220V ac
- Optional -24 or -48V dc operation

Toll-quality picture and sound reception of satellite television transmissions to either domestic or international standards is afforded by the Model 414 Video Receiver. Front-panel or remote tuning of an internal ultra-stable synthesizer is adjustable in 2.5- or 0.25-MHz increments from 3.7 to 4.2 GHz.

Mechanical design is modular and compact. The complete receiver measures only 89 mm (3.5 in.) vertically with standard 483-mm (19-in.) rack width. IF amplifiers, IF bandwidth filters, demodulators, and metering modules plug into front-panel slots allowing receiver application in all video earth station configurations. An optional threshold extension demodulator provides enhanced picture quality at signal levels significantly below normal for added fade-margin safety—often sufficient to realize economies in other portions of the earth station.

Because the Model 414 Video Receiver uses synthesized tuning, it can be used as a back-up receiver in a 1:N protection system. In this configuration, the receiver would be instantly tuned to the receiver frequency of a malfunctioning unit by a protection switch, and the back-up receiver would be placed on line. Fully alarmed, all critical circuits in the receiver are monitored and alarm outputs provided for out-of-parameter operation.

Simple operation and adjustments combined with above-average performance establish the receiver as an outstanding value.

#### Standard Modules

- Mainframe
- Downconverter
- IF Filter/Amplifier
- Demodulator
- Video Clamp
- Audio Demodulator
- Metering
- AC Power Supply

#### Options

Tuning resolution 2.5 or 0.25 MHz

IF filter/amplifiers available in several filter bandwidths. Demodulator available for 525- or 625-line operation, with or without threshold extension.

Audio demodulator for 5.8-, 6.2-, 6.6/6.65-, or 6.8-MHz subcarrier with 10 kHz, or 15 kHz audio bandpass

Cue demodulator

Alarm Module

Power supply, -19V to -26V dc input

Power supply, -42V to -54V dc input

#### Specifications

##### RF Input

Maximum Level: -33 dBm

Frequency: 3.7 - 4.2 GHz

Impedance: 50 ohms

Return Loss: >20 dB

Noise Figure: 15 dB max, 12.5 dB typical

Frequency Agility: Frequency synthesizer with increments of either 2.5 or 0.25 MHz

RF Input Dynamic Range: 40 dB

Video IF Bandwidth: 17.5 to 36 MHz (by plug-in choice)

Local Oscillator Stability: 1 part in  $10^6$ /day  
2 parts in  $10^7$ /°C (0° to 50°C)

##### Deviation Range

5- to 12-MHz peak at de-emphasis cross-over frequency

##### De-Emphasis

525L or 625L, CCIR Rec. 405-1, as required

# Ground Communications Equipment

## Video Receiver, Series 414

### Specifications

#### Video Output

Level: 1V p-p  $\pm 3$  dB adjustable  
 Frequency Response (RF to BB): 15 Hz to 4.2 MHz,  $\pm 0.3$  dB ( $\pm 1.0$  dB with TED\*),  $\pm 0.5$  dB to 6 MHz  
 Impedance: 75 ohms unbalanced  
 Return Loss:  $> 26$  dB  
 Polarity: Black to white, positive-going

#### Clamping

40-dB dispersal rejection

#### Distortions (525L Operation)

Differential Phase: (10 - 90% APL)  $\pm 0.5^\circ$

( $\pm 1^\circ$  with TED\* in)

Differential Gain: (10 - 90% APL)  $\pm 2.0\%$   
 ( $\pm 2.5\%$  with TED\*)

Line-Time Waveform Distortion: 1% tilt maximum

Field-Time Waveform Distortion: 1% tilt maximum

\*Threshold Extension Demodulator

#### Program Output

Frequency Response: 50 Hz to 15 kHz  $\pm 0.5$  dB  
 Level: 0 dBm to 10 dBm for test tone deviation at the test-tone frequency  
 Impedance: 600 ohms bal (transformer)

#### Operating Temperature

+15°C to +35°C (+59°F to +95°F)  
 Usable 0°C to +50°C (+32°F to +122°F)

#### Power Requirements

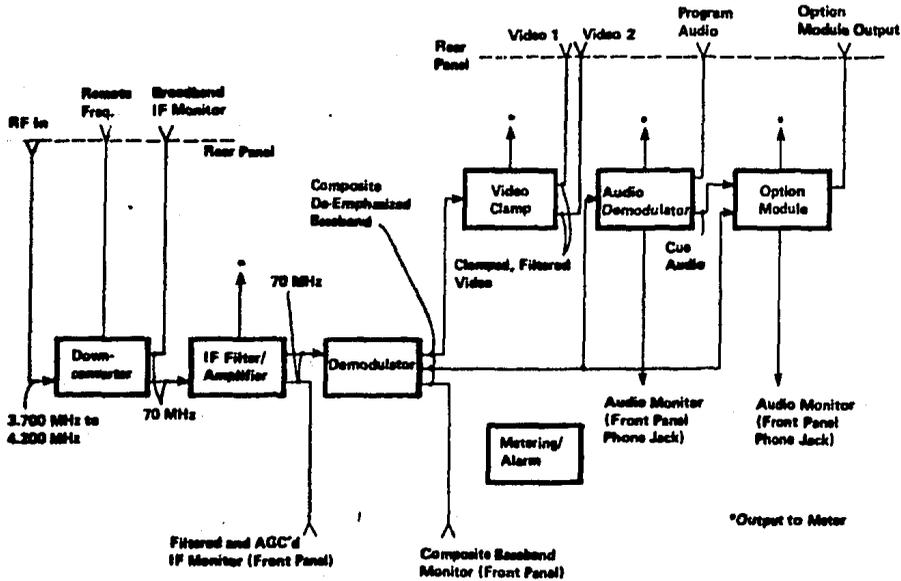
Standard: 105 - 130V, 50/60 Hz, 1 $\phi$ , 110W or 198 - 242V, 50/60 Hz, 1 $\phi$ , 110W  
 Optional: 24V dc, 3.5A or 48V dc, 1.8A

#### Dimensions

Standard 483-mm (19-in.) EIA panel, 89 mm (3.5 in.) high, 540 mm (21.25 in.) deep

#### Weight (Approx.)

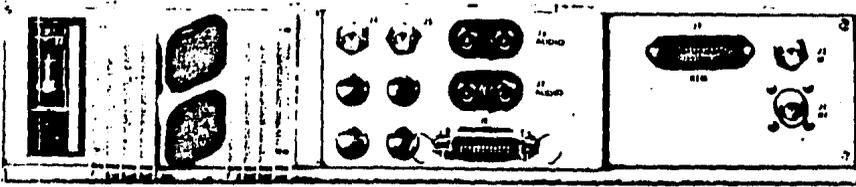
Net: 16 kg (35 lb)  
 Shipping: 20 kg (45 lb)



Model 414 Video Receiver Block Diagram

## Ground Communications Equipment

### Video Receiver, Series 414



J1 RF Input, type N female, 50 ohms  
 J2 Broadband IF Monitor, BNC female, 75 ohms  
 J3 Remote Frequency Selector, 24 pin female  
 J4, J5 Video Outputs, BNC female, 75 ohms

J6 Main Audio, dual banana jacks  
 J7 Optional Audio, dual banana jacks  
 J8 Metering/Alarm Connector, 24 pin female

#### Ordering Information

	Receiver Model No.				
	414 D5	414 D8	414 I5	414 I6	
Standard Configurations	●	●	●	●	Basic 525-Line Video Rcvr.
	●	●	●	●	Basic 625-Line Video Rcvr.
	●	●	●	●	IF Filter/Amplifier <sup>1</sup>
	●	●	●	●	Video Demodulator
	●	●	●	●	Video Clamp <sup>2</sup>
	●	●	●	●	Metering
Options	○	○	○	○	-01 Rack Slides
	○	○	○	○	-02 2.5-MHz/Step Synthesized Tuning
	○	○	○	○	-03 0.25-MHz/Step Synthesized Tuning
	○	○	○	○	-04 Threshold Extension <sup>3</sup>
	○	○	○	○	-05 6.2-MHz Audio Demodulator
	○	○	○	○	-06 6.6/6.65-MHz Audio Demodulator
	○	○	○	○	-07 6.8-MHz Audio Demodulator
	○	○	○	○	-08 Cue Demodulator
	○	○	○	○	-09 Metering/Alarm <sup>4</sup>
	○	○	○	○	-10 -24V dc Power
	○	○	○	○	-11 -48V dc Power

● - Standard ○ - Optional  
 Blank - Not available on this configuration.

<sup>1</sup> Specify bandwidth. See module description on following page.

<sup>2</sup> Specify clamp from Page 56.

<sup>3</sup> Option to 525- or 625-line video demodulator.

<sup>4</sup> Installs in metering position.

Example: Model 414 D5-01-03-04-06-08-09 Receiver,  
 20-MHz BW.

The Model 414 Video Receiver is available in four basic configurations. Models suffixed "D" are for use with domestic satellites, while "I" suffixed receivers are for use with INTELSAT. All receivers are synthesized and available in two tuning increments. Available options are explained in the chart and can be ordered in any combination except as noted. Refer to the individual module descriptions on the following pages for detailed information.

## Ground Communications Equipment Protection Switches

### Protection Switching

The lowest possible cost for fail-safe protection of your video and communications links can be provided by Scientific-Atlanta's line of Protection Switches. Available in several configurations suitable for downlink and uplink baseband and RF switching, the Scientific-Atlanta Protection Switch is in operation continuously, monitoring the status of your receivers, exciters, frequency converters, and HPA's and ready to automatically switch to a standby backup unit should on-line trouble develop.

Downlink protection is usually performed at baseband frequency. In the one-for-one (1:1) configuration, the incoming RF is split and fed to two receivers, each identically tuned. One receiver is designated the "on-line" unit, the other the "backup" unit. Baseband from both receivers is fed to the protection switch, which connects the on-line baseband to the program bus. If the on-line receiver malfunctions, switchover to the backup receiver is accomplished automatically and essentially with no program loss, as typical switching time is measured in milliseconds.

In the larger installation with many receivers, a one-for-N (1:N) protection scheme is used, wherein one receiver is held in backup for N on-line receivers. A substantial cost savings is realized here, as one 1:N protection switch and one receiver can protect many on-line receivers. 1:N protection switches use a frequency-synthesized backup receiver and a separate digital frequency-selection switch for each of the on-line receivers. The on-line frequencies are duplicated on the frequency-selection switches so that if one on-line receiver were to fail the backup receiver would be automatically tuned to the necessary frequency and placed on line. These on-line receivers can be crystal-controlled or synthesized.

Uplink protection is performed in a similar manner, usually on a 1:1 basis, and with switching taking place at RF. Scientific-Atlanta's uplink protection switching includes exciter and HPA switching.

Also included in the protection-switching line is a 1:1/1:2 LNA switch. This unit automatically transfers a backup low-noise amplifier on line in case of a malfunction by switching the waveguide inputs and coaxial outputs on command from the switching-logic circuit.

For protection of a frequency-conversion subsystem, Scientific-Atlanta offers three versions of 1:1 converter protection switches.

For protection switching systems which must also be remotely controlled Scientific-Atlanta offers several new protection switches all of which may be remotely controlled via the SABus. The SABus interface standard was developed to provide a common, flexible and powerful remote control capability for new GCE equipment. It is essentially a multi-drop, asynchronous, serial interface compatible with EIA standards RS422 and RS449. Equipment that is listed as SABus compatible can be remotely controlled and monitored by standard computer equipment over two twisted pairs.

### 1:N RX Video Protection Switches



Capable of providing automatic backup protection for up to seven on-line video receivers from one standby receiver, this protection switch can also be operated manually to replace an on-line video receiver with the standby receiver. The unit will provide video and audio switching for any synthesized, frequency-agile video receiver, with a Series 414 or 6600 Video Receiver as the backup unit.

A frequency selection unit allows the channel frequencies of the on-line receivers to be duplicated on thumbwheel switches. When switching is required, the backup receiver is automatically tuned to the required frequency set on the thumbwheel switches and is placed on line.

### Specifications

#### Configuration

1:N

#### Switching Method

Video: Coaxial Relay

Audio: Relay

#### Number of Channels

8 video, 8 audio

#### Power Requirements

108-132V, 47-63 Hz, 5.5W max.

#### Dimensions

Switch Unit: Standard 483-mm (19-in.) EIA panel,

89 mm (3.5 in.) high, 406 mm (16 in.) deep

Frequency Panel: Standard 483-mm (19-in.) EIA panel,

44 mm (1.75 in.) high, 140 mm (5.5 in.) deep

#### Weight

Switch Unit: Net 4.5 kg (10 lb); shipping 6.8 kg (15 lb)

Frequency Panel: Net 0.9 kg (2 lb); shipping 2 kg (4.5 lb)

### Ordering Information

1:N RX Baseband Switch, Part No. 153504

Order one Frequency Control Panel, Part No. 201300 for each group of four or fewer receivers to be protected.

Interconnecting cables included; specify length from Protection Switch to Frequency Panel.

For other than Series 414 Receiver as backup, please contact factory.

Rack Slides, Option -01

## Ground Communications Equipment Protection Switches

### 1:1 RX Video/Audio Protection Switch



Offered as an accessory to the Model 414 Video Receiver, this protection switch provides redundant switching for one video/audio channel. Two receivers, each connected to the switch, are continually monitored by the switch. When an alarm condition exists in one receiver for any reason, the other receiver is immediately switched on line. Relay closures can be used for remote alarm indication.

Housed in a standard rack panel, the switch receives its dc power from both of the receivers so that if one were to fail, power would still be available to the switch. A front-panel switch allows either receiver to be manually placed on line, selected automatically, or switched on-line from a remote location.

### Specifications

#### Input/Output Characteristics

Frequency Range: DC to 6 MHz

Impedance: 75 ohms, unbal (Video)  
600 ohms, bal (Audio)

#### Insertion Loss

0.2 dB

#### Flatness Response

±0.1 dB

#### Power Requirements (from Receivers)

+15V to +25V dc at 300 mA (total)

#### Dimensions

Standard 483-mm (19-in.) EIA panel, 44.5 mm (1.75 in.) high, 140 mm (5.5 in.) deep

#### Weight

Net: 3.6 kg (8 lb)

Shipping: 5.4 kg (12 lb)

### Ordering Information

1:1 Video Switch, Part No. 201620

### 1:N TX Video Protection Switch



Up to seven on-line exciters can be protected by one standby exciter through the use of this protection switch. Capable of manual operation as well, the unit will provide video and audio switching for any crystal-controlled, frequency-agile exciter, with a Series 461 Video Exciter as the backup unit.

When switchover is required, relay contacts switch crystals in the backup receiver as required to retune to the on-line frequency.

### Specifications

#### Configuration

1:N

#### Switching Method

Video: Relay

Audio: Relay

#### Number of Channels

8 video, 8 audio

#### Power Requirements

108-132V, 47-63 Hz, 10W max

#### Dimensions

Switch Unit: Standard 483-mm (19-in.) EIA panel,

89 mm (3.5 in.) high, 406 mm (16 in.) deep

#### Weight

Switch Unit: Net 3.4 kg (7.5 lb); shipping 5.9 kg (13 lb)

### Ordering Information

1:N TX Baseband Switch, Part No. 156586

For other than Series 461 Exciter as backup, please contact factory.

Rack Slides, Option -01

## Ground Communications Equipment

### Television Modulator, Series 416

#### Features

- SAW Filter Technology
- For Use In CATV/MATV, Educational Distribution Systems
- Ideal for Private Television Earth Stations
- Standard, Midband, Superband Channels Available
- Two Power Supply Configurations
- Minimum Rack Space Requirements
- Monitor/Test Port Standard

Video and audio signals from a Series 411, 414, or 6600 Video Receiver can be used by the Series 416 Television Modulator to generate a high-quality vestigial sideband television signal. Standard, midband, and superband TV channels can be generated. The modulator is intended for use in CATV/MATV distribution systems, educational TV systems, and in private earth stations.

Surface acoustic wave (SAW) technology is used to provide outstanding vestigial sideband response characteristics with superior adjacent channel performance and excellent group-delay characteristics. Vestigial sideband filter adjustments are virtually eliminated by the SAW filter, and temperature stability is significantly improved over conventional methods.

In order to conform to standard FCC pre-distortion requirements, a delay predistortion network is provided as standard.

A peak white-level clipper limits video modulation to 85%, eliminating the possibility of carrier cutoff or phase reversal, a major cause of sync buzz.

Automatic phase-lock circuitry provides accurate video-to-sound carrier separation.

The Series 416 Television Modulator is available in two versions. The standard version is intended to operate as an accessory to the Series 6600 Video Receiver and obtains its power from the receiver. An optional ac-powered version is also available to enable the modulator to operate with any receiver.

All configurations have a front-panel RF output port that can be used for monitoring or testing purposes.

#### Specifications

##### Video

##### Input

Type: Negative sync  
Level: 1V p-p for 87.5% modulation depth  
Impedance: 75 ohms, unbalanced  
Return Loss: 26 dB

##### Frequency Response

±1 dB, 15 Hz - 4.2 MHz

##### Differential Gain

<5%, max modulation at 87.5%

##### Differential Phase

<1°, max modulation at 87.5%

##### Hum and Noise

-60 dB with respect to 90% modulation

##### Audio

##### Input

Level: 0 dBm for 25-kHz peak deviation at 1 kHz

Impedance: 600 ohms, balanced

Return Loss: 26 dB

##### Frequency Response

±1 dB, 30 Hz - 15 kHz

##### Pre-Emphasis

75 µs

##### Harmonic Distortion

1% max with 25-kHz deviation at 1 kHz

##### FM Hum and Noise

<60 dB with 25-kHz deviation at 1 kHz

##### RF Output

##### Channels Available

2-13, A-W

##### Output

Level: +60 to +60 dBmV, continuously variable

Impedance: 75 ohms, unbalanced

Return Loss: 16 dB

##### Inter-carrier Level

Audio carrier 15 dB below video carrier (adjustable)

##### Inter-carrier Frequency Tolerance

Audio carrier 4.5 MHz ±500 Hz above video-carrier

##### Channel Frequency Tolerance

±10 kHz

##### Vestigial Sideband Response

At Channel Edge: -20 dB

At Adjacent Picture and Sound Carriers: -40 dB

##### Output Spurious

> 60 dB below video carrier (40-300 MHz)

##### RF Output Monitor

##### Output

Level: -30 dB

Impedance: 75 ohms, unbalanced

Return Loss: 10 dB

##### General Characteristics

##### Power Requirements

Standard: +15V dc, 400 mA

-15V dc, 400 mA

Optional: 105-130V, 47-63 Hz, 25W

##### Dimensions

Standard 483-mm (19 in.) EIA panel, 44 mm (1.75 in.)

high, 343 mm (13.5 in.) deep

##### Weight

Net: 4.5 kg (10 lb)

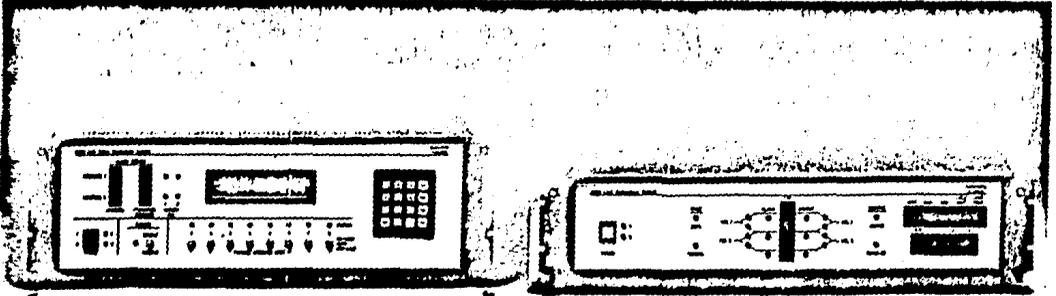
Shipping: 5.5 kg (12 lb)

#### Ordering Information

Model 416 Television Modulator (standard dc power)

Model 416A Television Modulator (optional ac power)

Specify Channel Desired: 2-13, A-W



Model 7620 Video Protection Switch

Model 7630A LNA Protection Switch

### *Protection Switching*

Highly reliable earth stations for television transmission are typically equipped with standby LNAs and receivers for receive-only systems, as well as standby exciters and HPAs for transmit/receive stations. Protection switching equipment automatically replaces a complete link or individual electronic units in the chain with standby equipment to prevent link shutdown due to equipment outage. Each piece of electronic equipment in the earth station contains its own failure sensing circuitry, and upon failure, provides an alarm output to protection switching logic.

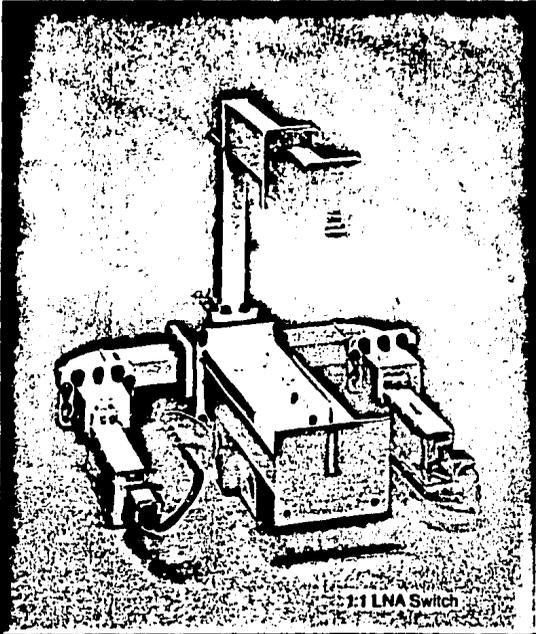
### *Downlink Switching*

The Model 7620 Video Protection Switch is used where receiver protection is required.

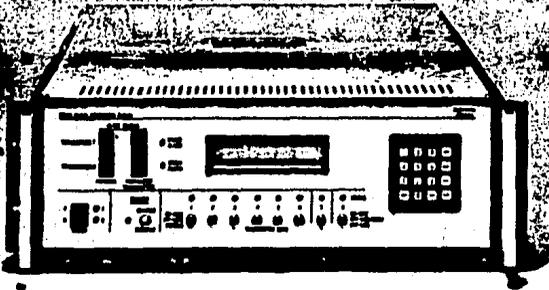
- May be used in a 1:N, 2:N or independent 1:N configuration with up to eight Model 7500 receivers.

- Backup receiver can be wired to automatically select the correct polarization.
- An alarm causes the standby receiver to retune to the frequency of the alarming receiver. Data stored in non-volatile memory is retained during a power failure.
- Receiver alarm occurs when C/N, LO, or power supply parameters deviate from preset norms.
- Switching is provided for two audio subcarriers per receiver.

The SAbus-compatible Model 7630A LNA Protection switch contains a redundant LNA power supply, alarm circuits for up to four LNAs and the protection switch logic circuits. The 7630A can be used in a 1:1 LNA protection scheme for single-polarization receive operation or in a 1:2 or dual 1:1 protection scheme in dual-polarization systems.



1:1 LNA Switch



Model 7640 Uplink Protection Switch

### *Uplink Switching*

For redundant uplink configurations, Scientific-Atlanta offers simple 1:1 protection switching or sophisticated 1:N and 2:N switching for complex uplinks.

#### **Model 7640 Uplink Protection Switch**

The Model 7640 Uplink Protection Switch provides complete protection of exciters and HPAs in many configurations:

- 1:N, 2:N or independent 1:1.
- Exciter and HPA switched as a pair.
- Direct control of waveguide switching for up to four HPAs and two antennas.
- Optional expansion to eight antennas and eight HPAs with 7641 waveguide switch interface.
- Front panel control of all functions.
- SAbus monitor and control of all uplink parameters.

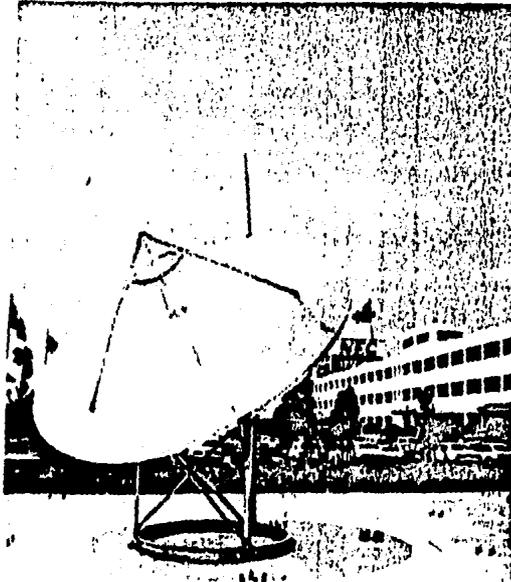
S E C C I O N    B - 2

E Q U I P O

N I P P O N   E L E C T R I C   C O .

Ref.: -Domestic Satellite Earth Stations System  
For Rural Communications.  
April 1983.  
NEC.

# HIGH EFFICIENCY 4/6 GHz ANTENNA (1/2)



4.5 m ANTENNA

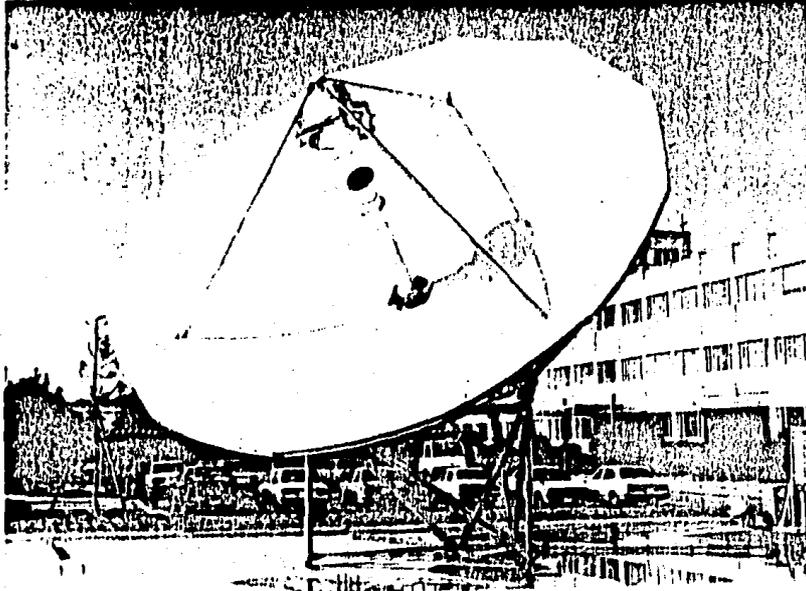
- CASSEGRAIN FEED SYSTEM WITH CORRUGATED PRIMARY RADIATOR AND SHAPED REFLECTORS
- HIGH EFFICIENCY AND EXCELLENT RADIATION PATTERN
- SIMPLIFIED INSTALLATION AND FIELD ADJUSTMENT
- PERFORMANCE-PROVEN PRODUCTION TYPE

(TYPICAL VALUE)

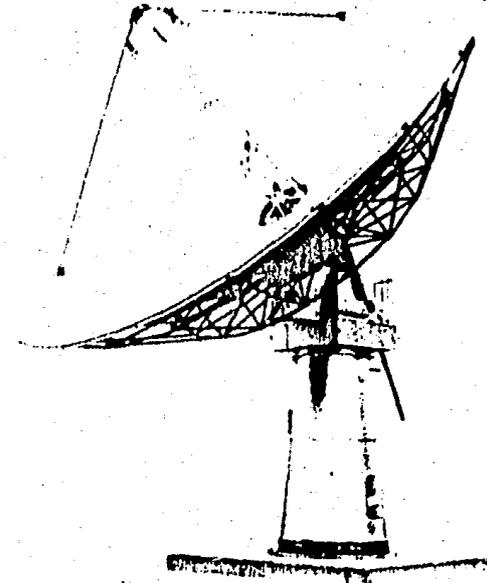
ITEM \ TYPE	4.5 m	6.0 m	7.5 m	11 m	13 m
FREQUENCY TX RX	5.925 ~ 6.425 GHz 3.7 ~ 4.2 GHz				
GAIN TX (6 GHz) RX (4 GHz)	47.0 dB 43.6 dB	49.6 dB 46.3 dB	51.5 dB 48.5 dB	54.9 dB 52.0 dB	56.4 dB 53.5 dB
G/T at 30° EL WITH 55K LNA	24.2 dB/K	26.9 dB/K	29.1 dB/K	32.6 dB/K	34.1 dB/K
POLARIZATION	LINEAR/CIRCULAR				
AXIS DRIVE	MANUL			ELECTRIC MOTOR	
TRACKING	---			AUTO STEP TRACKING	

NOTE: NEC STANDARD PRODUCTS COVER UP TO 32 m ANTENNA DIAMETERS, IN ADDITION TO ABOVE.

# HIGH EFFICIENCY 4/6 GHz ANTENNA (2/2)

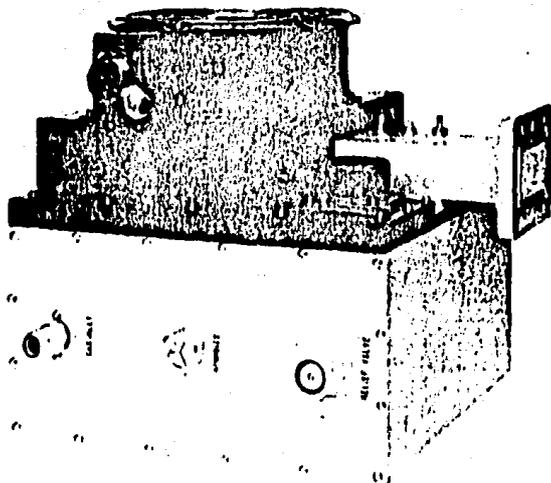


**7.5m ANTENNA**



**11m ANTENNA**

# 4 GHz PARAMETRIC AMPLIFIER



MODEL LA-043A 4 GHz LNA

- **LOW NOISE TEMPERATURE**  
SCHOTTKY BARRIER VARACTOR DIODE WITH  
HIGH IDLER FREQUENCY CONFIGURATION
- **EXCELLENT GAIN STABILITY**  
TEMPERATURE-STABILIZED 60 GHz DIRECT  
PUMP OSCILLATOR
- **MAINTENANCE-FREE RELIABLE OPERATION**  
SOLID-STATE MODULAR DESIGN
- **PERFORMANCE-PROVEN PRODUCTION TYPE**
- **MTBF : More Than 80,000 HRS**

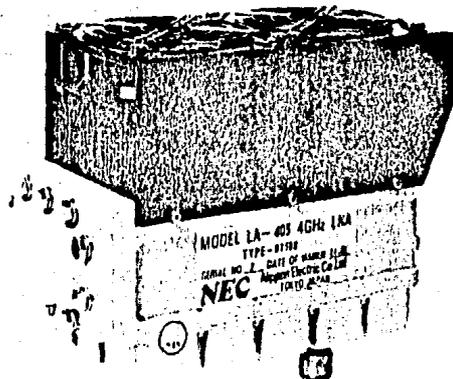
ITEM \ MODEL	LA-043A	LA-043B	LA-044A	LA-045A
NOISE TEMPERATURE (TYPICAL VALUE)	30 K	35 K	40 K	45 K
INSTANTANEOUS BANDWIDTH *	3.7-4.2 GHz			
GAIN	60 dB			
TEMPERATURE CONTROL	THERMOELECTRIC			UNCOOLED

\* 3.625~4.2 GHz available

# 4 GHz LOW NOISE FET AMPLIFIER



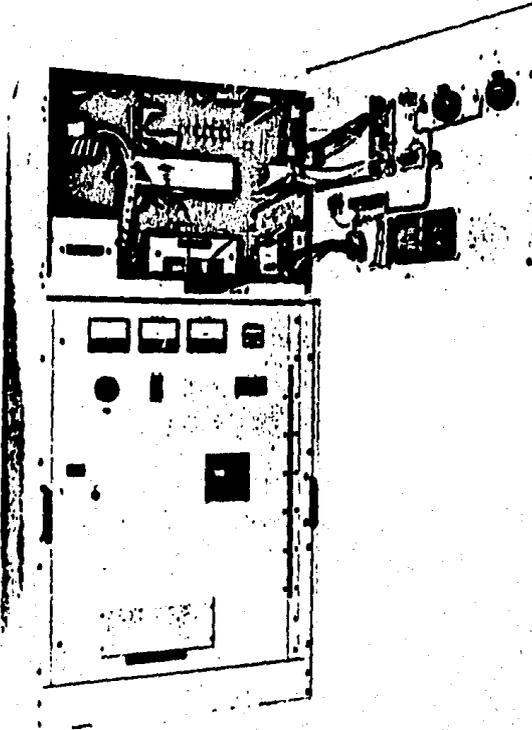
- ULTRA LOW NOISE PERFORMANCE  
GaAs FIELD EFFECT TRANSISTOR(FET)  
WITH SHORT SCHOTTKY-BARRIER  
GATE AND LOW LOSS INPUT ISOLATOR
- MAINTENANCE-FREE STABLE OPERATION
- LONG LIFE RELIABILITY
- MINIATURIZED CONFIGURATION  
COMPATIBLE WITH ANY TYPE OF ANTENNA



MODEL LA-405 4 GHz LNA

MODEL	LA-405	LA-406	LA-408	LA-409	LA-410	LA-412
— INSTANTANEOUS BANDWIDTH	3700~4200 MHz					
— NOISE TEMPERATURE	55 K	65 K	80 K	90 K	100 K	120 K
— AMPLIFIER GAIN	50 dB/60 dB					
— TEMPERATURE CONTROL	THERMOELECTRIC COOLED		UNCOOLED			

# 6 GHz 400W/700W/1kW TWT POWER AMPLIFIER

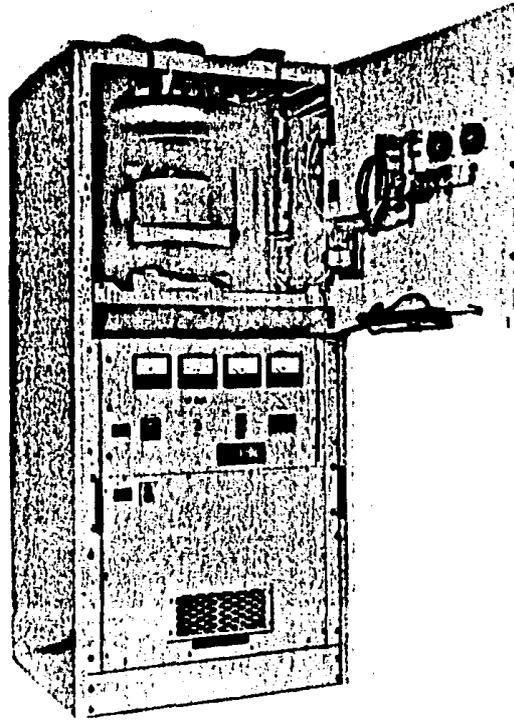


- CAPABLE OF OPERATION WITH 400W/700W/1kW TWT FOR SIMPLE FLEXIBLE SYSTEM EXPANSION
- P.P.M FOCUSED TWT UP TO 1kW RATED OUTPUT POWER
- "IN-RUSH" CURRENT LESS THAN 1.5 TIMES NORMAL OPERATING CURRENT
- COMPACT AND INTEGRATED PACKAGING
- RELIABLE OPERATION WITH SIMPLE MAINTENANCE

PA TYPE	400W TWT LD 4255	700W TWT LD 4225	1kW TWT LD 4228
ITEM			
-INSTANTANEOUS BANDWIDTH	500MHz	500MHz	500MHz
IPA DRIVER AMP	SOLID STATE FET AMPLIFIER		
-POWER OUTPUT AT EQUIPMENT FLANGE	370W TYPICAL 350W MIN	650W TYPICAL 620W MIN	1kW TYPICAL PULSED 800W MIN PULSED 550W MIN CW
-SMALL SIGNAL GAIN (WITH IPA)	80dB	80dB	80dB
-GAIN SLOPE (LINEAR) AT 6dB OUTPUT BACKOFF	0.05dB/MHz	0.05dB/MHz	0.05dB/MHz
-GAIN STABILITY	±0.25dB/DAY	±0.25dB/DAY	±0.25dB/DAY
-COOLING SYSTEM	FORCED-AIR	FORCED-AIR	FORCED-AIR
-PRIMARY POWER DRAIN (TYPICAL)	4.1kVA	5.9kVA	9.0kVA

• OPTION: LINEARIZER FOR INTERMODULATION COMPENSATION

# 6 GHz 400W/1.5kW/3kW KLYSTRON POWER AMPLIFIER



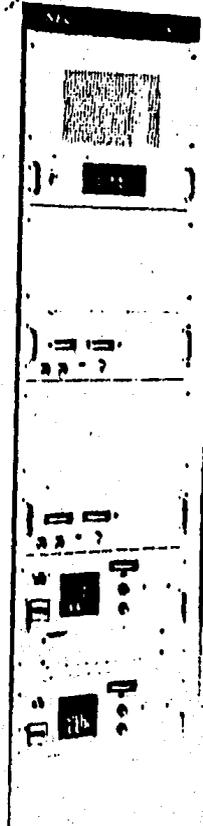
400W/1.5kW/3kW KLYSTRON POWER AMPLIFIER.

- HIGH POWER CAPABILITY WITH A MINIMUM PRIMARY POWER REQUIREMENT
- COMPACT AND INTEGRATED PACKAGING
- RELIABLE OPERATION WITH SIMPLE MAINTENANCE
- PERFORMANCE-PROVEN PRODUCTION TYPE

PA TYPE	400W	1.5kW	3kW
ITEM	NEC LD4184K	NEC LD4117K	NEC LD4134K
-INSTANTANEOUS BANDWIDTH	40 MHz	40 MHz	45 MHz
	(TUNABLE OVER 6925 TO 6425 MHz)		
-PRESET TUNER	6-POSITION		
-POWER OUTPUT AT EQUIPMENT FLANGE	360W	1.5kW	3kW
-SMALL SIGNAL GAIN(WITH IPA)	75 dB	77 dB	80 dB
-GAIN SLOPE(LINEAR) AT 3dB OUTPUT BACKOFF	0.07 dB/MHz	0.07 dB/MHz	0.07 dB/MHz
-GAIN STABILITY	±0.5 dB/DAY	±0.5 dB/DAY	±0.5 dB/DAY
-COOLING SYSTEM	FORCED-AIR	FORCED-AIR	FORCED-AIR
-PRIMARY POWER DRAIN	4.5 kVA	7.5 kVA	11 kVA

- OPTION : REMOTE CONTROL TUNING FUNCTION

# 6GHz REDUNDANT 150W TWT POWER AMPLIFIER



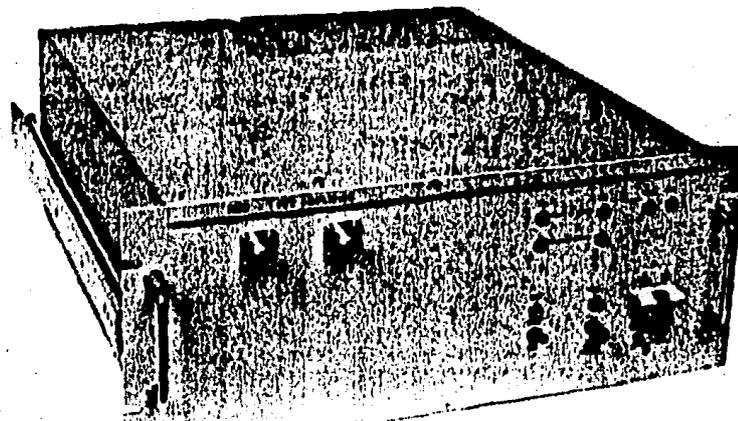
- HIGH GAIN — more than 75 dB including IPA
- AUTO RECYCLE FOR PRIME POWER LINE FAULT
- COMPACT AND INTEGRATED PACKAGING
- CONSISTING:

- 150W TWT HPA 2 SET
- IPA (FETAMP) 2 SET
- TX WG ASS 1 SET
- TX PATH SELECTOR 1 SET
- OPTION LINEARIZER

- RELIABLE OPERATION WITH SIMPLE MAINTENANCE

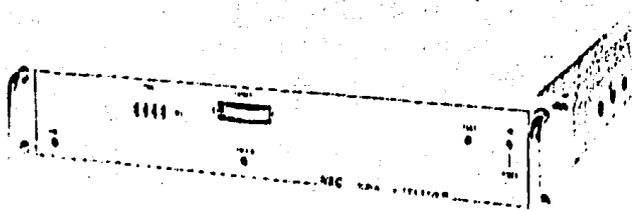
ITEM	PA TYPE	150W TWT — LD4416A
— INSTANTANEOUS BANDWIDTH		500 MHz
— IPA DRIVER AMP		SOLID STATE FET AMPLIFIER
— POWER OUTPUT AT EQUIPMENT FLANGE		120 W
— SMALL SIGNAL GAIN (WITH IPA)		75 dB
— GAIN SLOPE (LINEAR) AT 6 dB OUTPUT BACKOFF		0.05dB/MHz
— GAIN STABILITY		± 0.25dB/DAY
— COOLING SYSTEM		FORCED — AIR
— PRIMARY POWER — DRAIN (TYPICAL)		1.2 kVA

# 6 GHz 1W/3W/5W/10W/20W GaAs FET AMPLIFIER



- **FREQUENCY RANGE : 5.925~6.425 GHz**
- **POWER OUTPUT : 1W/3W/5W/10W/20W**
- **GAIN : 70 dB**
- **INTERNALLY-MATCHED POWER GaAs FET FOR HIGH OUTPUT POWER AND BROAD BANDWIDTH**
- **COMPACT AND INTEGRATED CONSTRUCTION**
- **INTERNAL POWER SUPPLY WITH PROTECTOR FOR FETs**
- **HIGH RELIABILITY**

# TV RECEIVER



- **COMPACT :**

- STANDARD 19 INCH WIDE**
  - SHELF 3.5 INCHES HIGH**

- **LOW THRESHOLD C/N :**

- STATIC THRESHOLD C/N AS**
  - LOW AS 8 dB WITH PHASE**
  - LOCKED DEMODULATOR**

- **SMALL STEP FREQUENCY SYNTHESIZER :**

- SMALL STEP (250 kHz STEP)**
  - FREQUENCY SYNTHESIZER LOCAL**
  - OSCILLATOR WITH NEC'S**
  - LSI TECHNOLOGY**

## B I B L I O G R A F I A

L I B R O S

- All About Home Satellite Television.  
Rick Cook & Frank Vaughan.  
TAB
- Build a Personal Earth Station for Worldwide Satellite TV Reception.  
J. Traister.  
TAB
- Handbook of Electronic Communication.  
Gary M. Miller.  
Prentice Hall
- Introduction to Solid State Television Systems. Color and Black and  
White.  
Gerald L. Hansen.  
Prentice Hall
- La Electrónica.  
Biblioteca Salvat de Grandes Temas.
- Microondas.  
K. C. Gupta.  
Limusa
- Satellite Communications.  
L. Van Trees.  
IEEE Press
- Satellite Communications Conference, 1983.  
K. Feher  
IEEE Press
- Satellite Communications Symposium '82 .  
Scientific-Atlanta

- Satellite Communications Technology.  
K. Miya.  
KEC
- Sistemas de Comunicación.  
A. Bruce Carlson.  
Mc. Graw Hill
- Telecomunicaciones Vía Satelite. 1983.  
Curso impartido por la División de Educación Continua  
de la Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Telecommunications Systems Design.  
Volume 1. Transmission Systems.  
Hills & Evans.  
London. George Allen & Unwin LTD.
- Telecommunications Transmission Handbook.  
Roger L. Freeman.  
John Wiley & Sons Inc.
- Transmission Systems For Communication  
Bell Telephone Laboratories.

#### A R T I C U L O S

- A 12 GHz-Band FM Receiver for Satellite Broadcasting.  
Y. Konishi, N. Hoshino, Y. Utsumi and H. Matsumura.  
SMPTE Journal, March 1980
- Design Considerations For Earth Stations to Operate with  
ANIK C-3 Satellite.  
TELESAT, Canada.

- FM Television Signal to Noise Ratio.  
Lorimer Clayton.  
IEEE Transactions on Cable Television, October 1976.
- Home Reception Via Satellite.  
R. B. Cooper Jr.  
Television
- Low Cost Satellite Receiving Techniques.  
Pat Hawker.  
ABU Technical Review, No. 1978.
- Mexico's First Domestic Satellite.  
Sánchez Ruiz, Bruce Elbert.  
ATAA:- 84.
- Small Television Receive Only 12 GHz Ground Terminals.  
D. W. Halayko & A. W. Huck.  
IEEE Transactions on Cable Television, July 1978.
- Space 25  
IEEE Spectrum, September 1983.
- Special Issue Satellite Communications.  
P. Kullstam  
IEEE Communications Magazing, March 1984.
- Systems Planning.  
J. L. Dicks, P. H. Schultz and C. H. Schmitt.  
COMSAT Technical Review, Fall 1972.
- Television to Small Earth Stations.  
G. W. Beakley.  
IEEE Transactions Broadcasting, Sept:1976.
- Transmission Modeling.  
A.L. Berman, C. Mahle and M.R. Wachs.  
COMSAT Technical Review, Fall 1972.

- 12 GHz TV Receiver for Direct Reception from Broadcasting Satellites.  
H. Yoshida, K. Tomoda.  
NEC Research & Development, July 1978.

## M A N U A L E S

- Domestic Satellite Earth Stations System for Rural Communication.  
NEC 1983
- One Up On The World. The Best Receiving Systems in the Industry.  
Microdyne/Realt.
- Satellite Communications.  
NEC 1983
- Satellite Communications Products 1981/1982 .  
Scientific-Atlanta.
- Satellite Earth Stations For Television Programming Distribution.  
Scientific- Atlanta, 1983.
- Sistemas Terrenos de Comunicación Vía Satélite.  
Mexsat, S.A..
- Televisión Vía Satélite.  
Macromex, S.A..
- Recomendaciones e Informes del CCIR. 1982.  
Volumen IX-1 Servicio Fijo. Sistema de Relevadores Radiocelétricos.  
p. 238-240  
Volumen XII Transmisión a Larga distancia de Señales de  
Radiodifusión Sonora y de Televisión.  
p. 1-72, 209-219