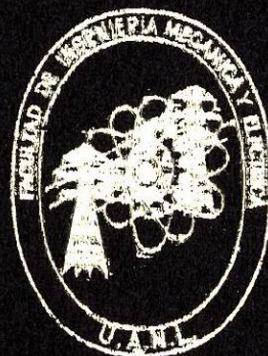


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

JOSE FCO. DE JESUS CANTU LOPEZ

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

7 DE ABRIL DE 1997

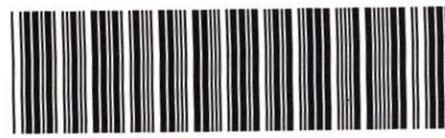
T

PK510

C35

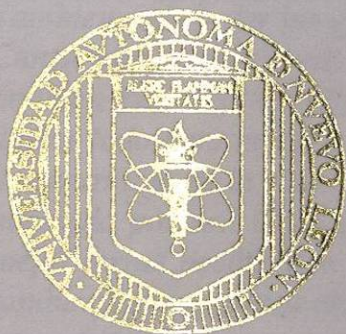
C. M.

P
PK5104
35
0.1



1080072236

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

P R E S E N T A

JOSE FCO. DE JESUS CANTU LOPEZ

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.
7 DE ABRIL DE 1997

T
K
5/104
C
35



AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias primeramente a Dios por guiarme para tomar las mejores decisiones que para ese momento eran las mejores, por darme un poco de su luz para tener siempre la inteligencia y la confianza en uno mismo que siempre debemos tener, y por darme la salud, paz y felicidad que todo hombre debe tener.

Tambien quiero dar las gracias a mis padres Sr. Baudelio Cantú Rdz. y Sra. Atala López de Cantú por darme la educación, el amor, apoyo y la libertad en la toma de decisiones, y tambien por todo su esfuerzo que realizaron al mandarme a estudiar fuera de casa, por darme todo para mis estudios y nunca negarse ; porque todo esto es lo mejor que le pueden dar a un hijo en la vida, nunca voy a terminar de agradecerles todo lo que hicieron y siguen haciendo por mi. Creo que ahora me toca a mi responderles, y espero responderles de la mejor forma posible con todo lo que me enseñaron para que se sientan orgullosos de mi y tambien espero nunca defraudarlos . Gracias, y que Dios me los cuide mucho y les de salud paz y felicidad.

Gracias a mis hermanos Iracema, Christopher, Jaime, Omar, Angela y Pedro por darme siempre consejos, y si no fueron consejos fueron actos o comentarios buenos los cuales, siempre llevan detrás de ellos enseñanzas que nunca se olvidan. Tambien quiero agradecerles sus esfuerzos y preocupaciones para que nunca me faltara nada en mi estancia fuera de casa, Gracias a dios que les dio esa luz a mis padres para educar a cada uno de nosotros de tal forma que fuéramos muy unidos y recibir ese apoyo y ayuda, quizá de mejor forma por ser el menor y por eso les doy las gracias a todos mis hermanos por recibir tantas cosas de ellos.

Gracias, y quiero que sepan que los quiero mucho a todos y que son un ejemplo para muchas familias que desafortunadamente no son como ésta y que gracias a dios tengo la suerte de pertenecer a ella.

Por último quiero dar las gracias a todos los Ingenieros maestros que formaron parte de mi carrera y que me dieron sus conocimientos para hacer de mi y de muchos estudiantes unos hombres de bien. Gracias a ustedes que tambien nos dieron consejos que veces los supimos aprovechar y veces no, por ser pacientes con nosotros, por hacernos ver nuestros errores y por muchas otras cosas GRACIAS !.

San Nicolas de los Garza N,L.

7 de Abril de 1997.

LOS SATELITES

Definición:

Un satélite es una repetidora, en el rango de las microondas, puesta en el espacio. Un satélite no crea transmisiones por sí mismo, solo repite las señales que recibe de tierra.

Algunas formas de comunicación previas a la comunicación vía satélite lo fueron las ondas de radio en la banda HF, el cable y las redes terrenas de microondas.

Con respecto a la radiocomunicación por onda corta (banda HF) éstas solo pueden proveer un número limitado de canales debido a lo pequeño de su ancho de banda, a mayor frecuencia se dispone de un mayor ancho de banda y por lo tanto mayor capacidad. Además, la propagación en esta banda esta afectada por factores aleatorios ya que depende su propagación de, la ionósfera, la cual es esencialmente irregular y cambiante introduciendo cierta incertidumbre en su comunicación.

En lo que respecta a los cables, sobre todo submarinos, tienen un ancho de banda, aunque es amplio, es limitado y su costo aumenta considerablemente con la extensión.

Al considerar los enlaces de microondas en redes por tierra los problemas de ancho de banda (capacidad) y de incertidumbre a causa de la ionósfera son ampliamente superados, siendo un medio de gran confiabilidad y capaz de manejar gran información (tanto de telefonía como de TV), sin embargo no son factibles en distancias demasiado grandes, en enlaces intercontinentales, por la imposibilidad de poner repetidores en medio del oceano, fuera de ese pequeño problema, económicamente son convenientes.

La utilización del satélite hace factible el uso de las microondas, con las ventajas inherentes a las mismas en cuanto a capacidad y confiabilidad, agregandose a esto la ventaja de poder utilizar un solo repetidor para enlazar dos puntos distantes en vez de redes de 30 o 40 repetidoras.

VENTAJAS DE LA COMUNICACION VIA SATELITE.

Simplificaciòn del sistema:

Debido a la gran altura del satèlite se tiene linea de vista entre satèlite y cualquier estaciòn terrena que este dentro de su àrea de cobertura, la cual puede ser del 40% de la superficie terrestre con un solo satèlite. Esto simplifica enormemente el sistema ya que el satèlite sustituye a las redes de microondas.

Mayor calidad:

Debido a que cualquier proceso electrònico degrada la seña agregando ruido, se debe considerar que en una red de microondas el paso de la seña a traves de una repetidora de la misma, se ve alterada, así al final de la red la seña va acumulando el ruido. Y por lo tanto comparando la misma seña que pasa unicamente por el satèlite, que también es una repetidora, el ruido acumulado será menor.

Mayor confiabilidad:

Otra consecuencia de utilizar una sola repetidora es aminorar la posibilidad de fallas. Pues en una red ahy más probabilidad de que una estacion repetidora falle y esto traiga consigo la perdida del enlace. En el proceso de fabricaciòn de los satèlites hay un estricto control de calidad, asegurando así su correcto funcionamiento durante su tiempo de vida útil.

Alta capacidad:

Esta es una característica propia de las microondas, dado que las frecuencias son muy altas el ancho de banda es amplio y por lo tanto se tiene disposiciòn de manejar grandes cantidades de informaciòn. Es decir, en la actualidad un satèlite puede manejar hasta 24 canales de televisiòn simultáneamente, o su equivalente en telefonia, que es de 960 canales telefònicos por cada canal de televisiòn.

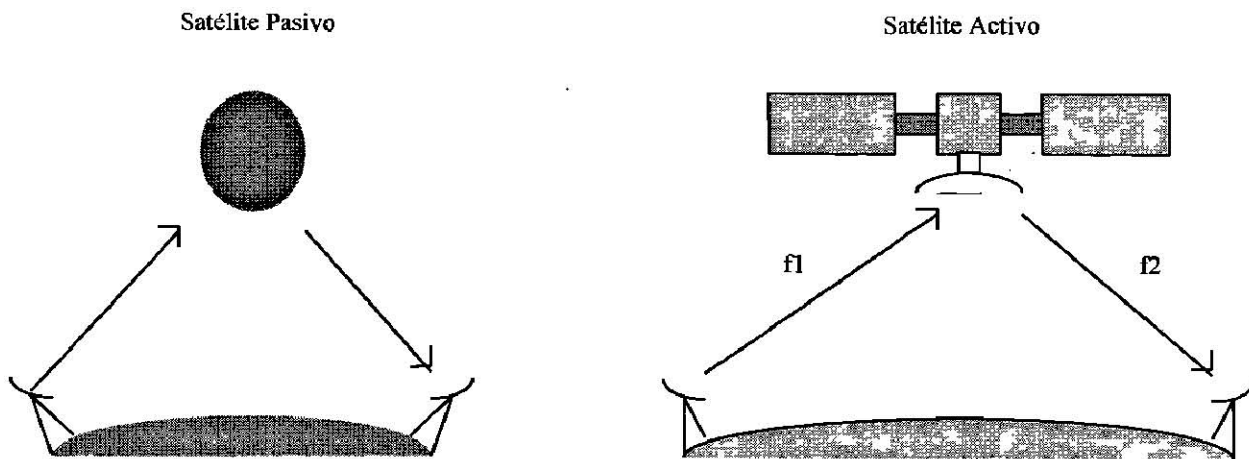
Ventajas de tipo social:

Con este sistema se tiene acceso a lugares que por su situación geográfica no pueden tener un sistema de comunicación, por ejemplo: Selvas, islas, pantanos, montañas, etc.

CLASIFICACION DE LOS SATELITES.

De acuerdo a su principio de operación.

Se puede clasificar a los satélites en pasivos o activos. Un satélite es pasivo si su funcionamiento es a base de superficie reflectora. Y activo si en su funcionamiento involucra un proceso electrónico.



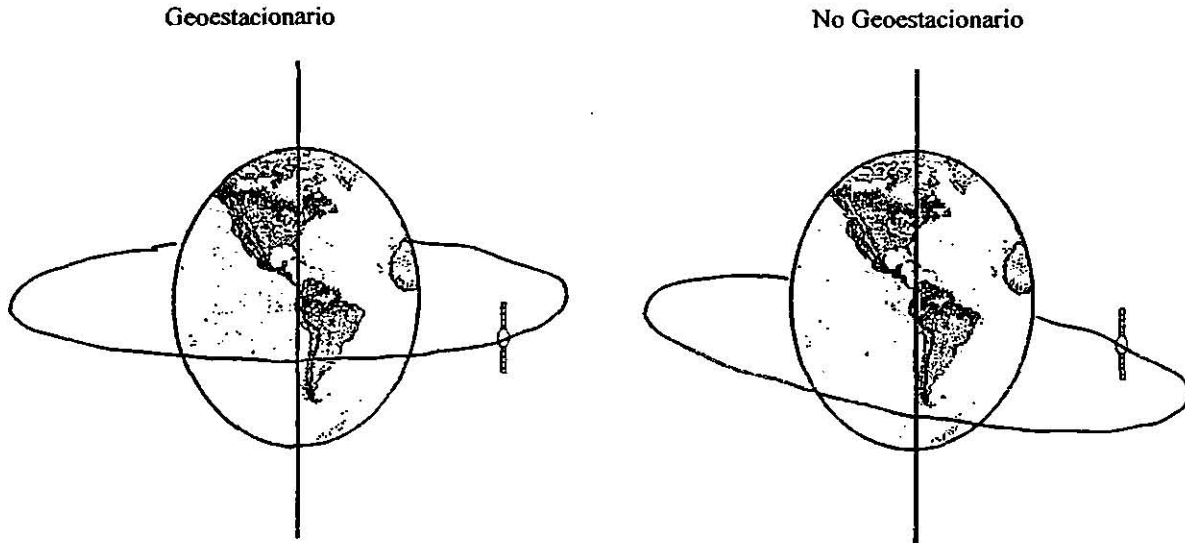
De acuerdo a su aplicación.

Se pueden clasificar en dos grupos que son: los civiles y los militares. Dentro de los civiles podemos incluir a los de comunicación, los meteorológicos, los de investigación, etc.

De acuerdo a su órbita.

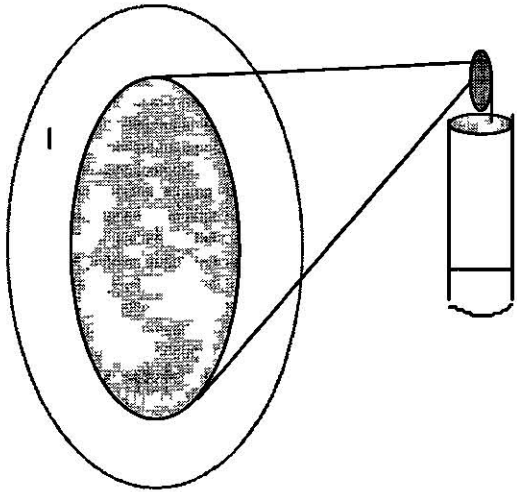
Aquí se clasifican en geoestacionarios y no geoestacionarios. Un satélite geoestacionario es aquel que permanece fijo con respecto

a la tierra, es decir que el satélite se mueve en la misma dirección y a la misma velocidad de rotación de que la tierra y está situado en una franja sobre el ecuador. Un satélite no geoestacionario es aquel que viendolo desde tierra, éste se vería en movimiento.



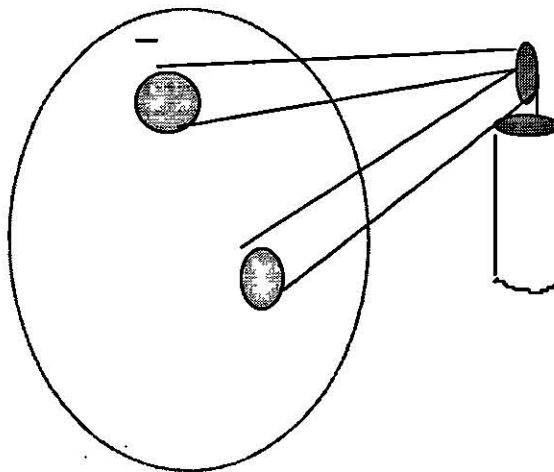
De acuerdo a su cobertura.

Se clasifican en globales y domésticos. Un sistema global será cuando su cobertura sea del 40 % de la superficie terrestre en su línea de vista. Un sistema doméstico será cuando la cobertura es específica, que puede ser grande o pequeña según sean los requerimientos. Técnicamente la diferencia entre un satélite y otro radica en la forma de la antena. Para un satélite global la antena es una corneta, mientras que para un satélite doméstico la antena es una parábola.



Sistema Global

Sistema Domestico



UN ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE SATELITE

Un satélite es un sistema integrado por varios subsistemas de igual importancia pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto. El satélite necesita energía eléctrica , disipar calor, corregir sus movimientos y mantenerse en equilibrio, ser capaz de regular su temperatura, ser resistente al medio ambiente en le que vive, y desde luego poder comunicarse con la tierra ; sus subsistemas más importantes se indican en la siguiente tabla correspondientes a un satélite Intelsat V.

Principales subsistemas de un satélite y sus funciones.

<u>Subsistema</u>	<u>Función</u>
1 Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia.
2 Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar la frecuencia.
3 Energía Eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente.
4 Control Térmico	Regular la temperatura del conjunto.

5 Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite.
6 Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación.
7 Rastreo, telemetría y	Intercambiar información con el centro de control en Tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
8 Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

1 SUBSISTEMA DE ANTENAS

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras, y después de que son procesadas en el satélite, las transmiten de regreso hacia la tierra, concentradas en un haz de potencia. En algunos casos, las antenas que reciben son distintas a las que transmiten, pero también es posible que una sola reciba y transmita al mismo tiempo, utilizando para ello frecuencias y elementos de alimentación diferentes. Los elementos de alimentación, denominados alimentadores, son generalmente antenas de corneta conectadas a guías de onda **fig 3.2** y **3.3** que emiten energía hacia el reflector parabólico, o bien la captan proveniente de este último para entregársela a los equipos receptores. Las hay de distintos tamaños, configuraciones y

acabados, según a las frecuencias a las que tengan que trabajar y la cobertura que deban tener de ciertas zonas geográficas de la tierra.

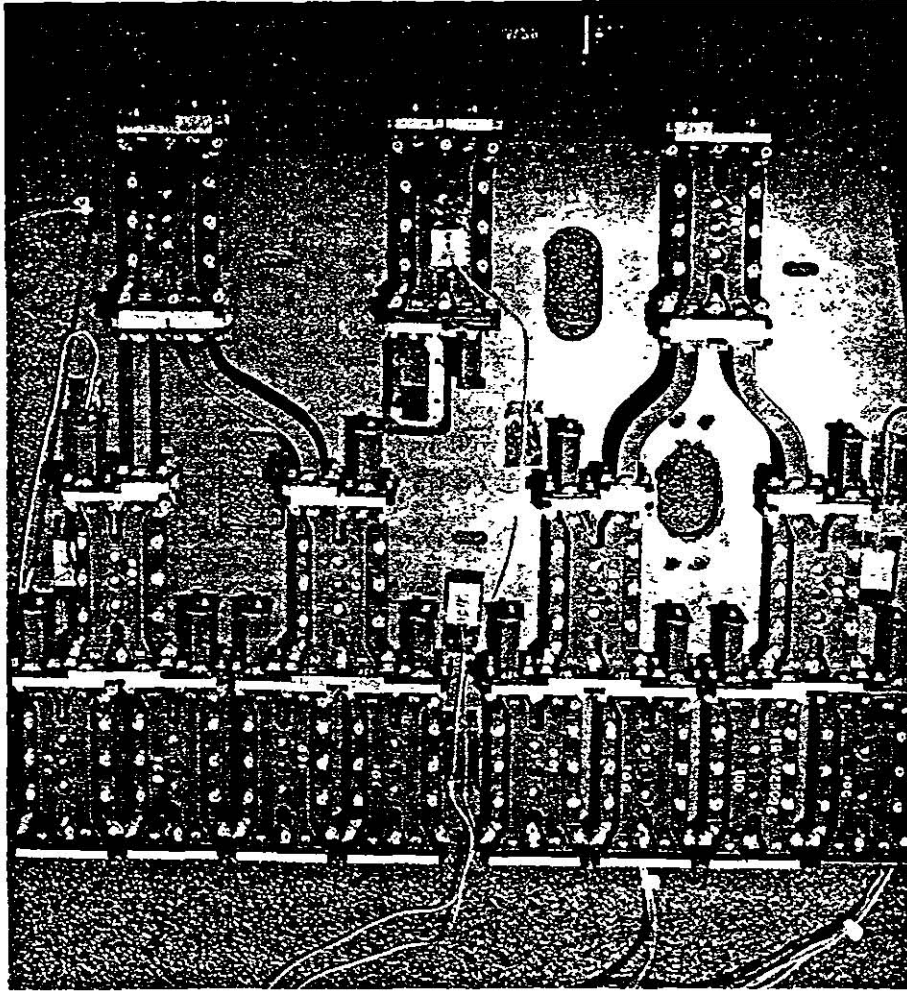


Figura 3.2 Ejemplo de una red de guías de onda de alimentación que le da un contorno determinado al haz de radiación de la antena de un satélite. (Cortesía de GE Astro-Space.)

Paradójicamente, una antena parabòlica chica puede recibir y transmitir dentro de una extensión territorial muy grande, mientras que una antena de mayor tamaño, que opere a la misma frecuencia, solamente puede hacerlo dentro de una zona geográfica más pequeña, ésta es una de las ventajas ya que cuanto mas grandes son las antenas tienen la propiedad de una mayor capacidad para concentrar la energía en un haz electromagnético muy angosto, que ilumina pocas unidades cuadradas, pero que las irradia con niveles muy altos de densidad de potencia ; esto facilita el diseño y reduce el

costo de las estaciones terrenas receptoras. Por otra parte, cuanto más alta sea la frecuencia a la que trabaje, mayor es su capacidad de concentración de energía; esta es una característica de todas las antenas llamadas “de apertura” cuya capacidad de concentrar la potencia en un haz invisible de radiación o iluminación muy angosto es función directa de sus dimensiones eléctricas y no de las físicas.

La dimensión eléctrica de una antena es igual a su dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda a la frecuencia de operación. Por ejemplo, una antena parabólica de dos metros de diámetro que irradia energía a una frecuencia de 11Ghz, lo hace dentro de un haz de iluminación más angosto que como lo haría si tuviese que operar a una frecuencia de 4 Ghz, simplemente porque cuanto más alta es la frecuencia, la longitud de la onda electromagnética es más corta y el tamaño eléctrico de la antena aumenta.

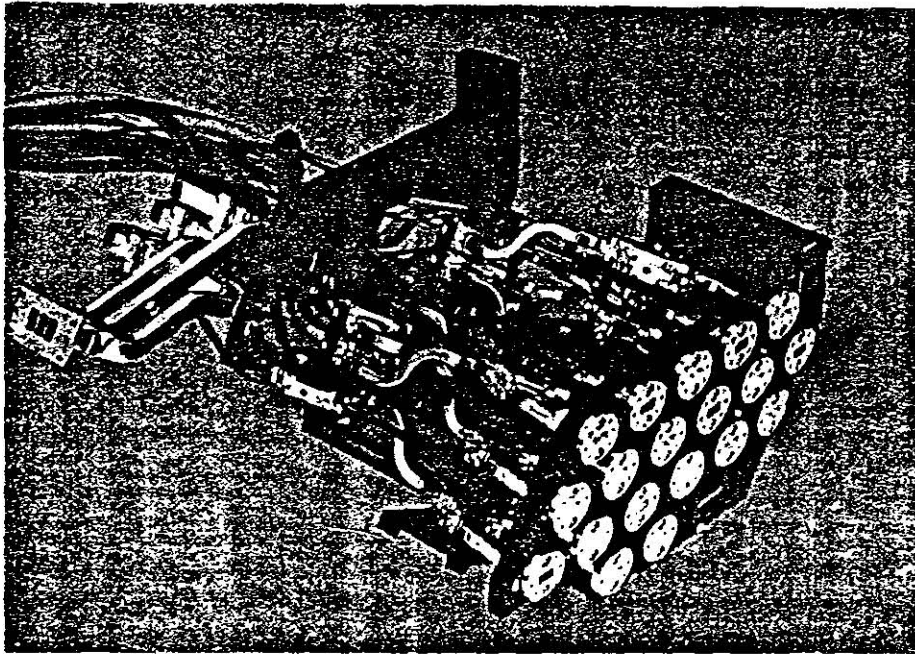


Figura 3.3 Vista de otro arreglo de alimentación de microondas, desarrollado para iluminar una de las antenas del futuro satélite ACTS; con este arreglo, la antena podrá radiar simultáneamente varios haces a la misma frecuencia, dirigidos hacia distintas zonas geográficas. (Cortesía de GE Astro-Space.)

Hay satélites que tienen varias antenas de características distintas, con finalidades diferentes. Por ejemplo, el satélite de comunicaciones internacionales Intelsat V tiene ocho antenas para poder cubrir una vasta extensión territorial e intercomunicarla eficientemente al menor costo posible. De estas ocho antenas, dos son globales, dos hemisféricas, dos de zona y dos puntuales. Las primeras dos son antenas de corneta y cubren la mayor cantidad posible de la superficie terrestre que puede verse desde la posición del satélite; es decir, pueden recibir desde cualquier estación transmisora que se encuentre dentro de los límites de esa zona y pueden transmitir también hacia cualquier estación receptora que se halle dentro del mismo contorno. Las otras seis antenas sí son parabólicas y la extensión territorial que cubren es aquella dentro de los contornos mostrados **fig 3.4**. Nótese que las zonas más pequeñas son las cubiertas por las antenas de cobertura puntual, que reciben este nombre precisamente porque concentran la potencia casi en un punto, en relación con las dimensiones del planeta; los haces de iluminación de estas antenas, por ser tan angostos, reciben al nombre de haces pincel o puntuales.

La huella de iluminación es la intersección del haz radiado por la antena con la superficie de la tierra.



Figura 3.4 Cobertura terrestre de los haces de iluminación de las antenas de un satélite Intelsat V colocado sobre el océano Atlántico: 1) haz puntual; 2) haz de zona (con líneas punteadas), y 3) haz hemisférico. Un haz global tiene la cobertura de los dos haces hemisféricos más el espacio oceánico entre ambos. (Cortesía de Aerospatiale.)

2 SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

Las señales de comunicaciones recibidas por el satélite entran a él a través de sus antenas, los principales pasos del proceso son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuado, para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como cambiarlas de frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente. El subsistema de comunicaciones realiza estas funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencia, conmutadores y multiplexores. El diagrama **fig. 3.7** muestra la relación entre las antenas y el equipo de comunicaciones. Para mayor sencillez, en el solamente se ilustra una de las posibles trayectorias o cadenas de los equipos que hay en el subsistema de comunicaciones ; es normal que algunos de estos equipos se instalen repetidos, o sea, que sean redundantes, para que en el caso de que uno de ellos se descomponga, exista aún la posibilidad de tener una trayectoria ininterrumpida entre las antenas de recepción y transmisión ; para efectuar el cambio de cuenta con conmutadores que hacen la conexión de un elemento a otro. A la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos sus equipos desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre de transpondedor, o sea que el subsistema de comunicaciones consta de muchos transpondedores, y su número depende de el diseño de el satélite.

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

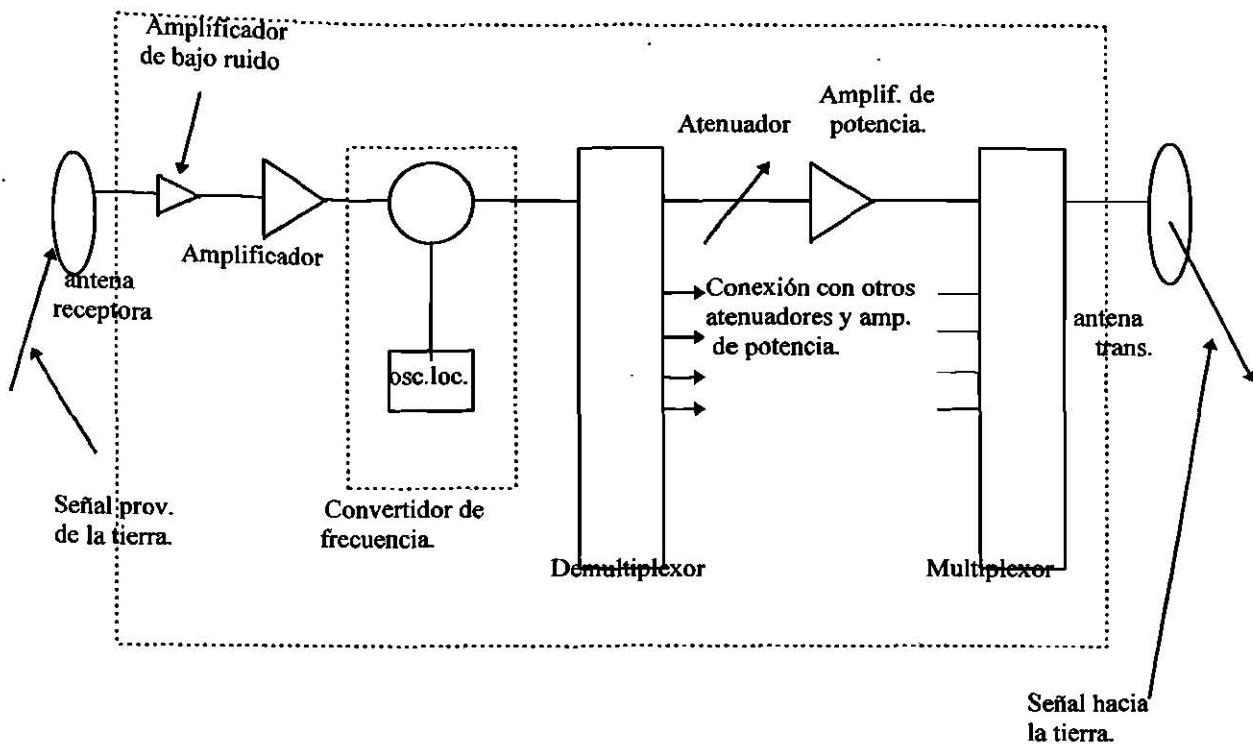


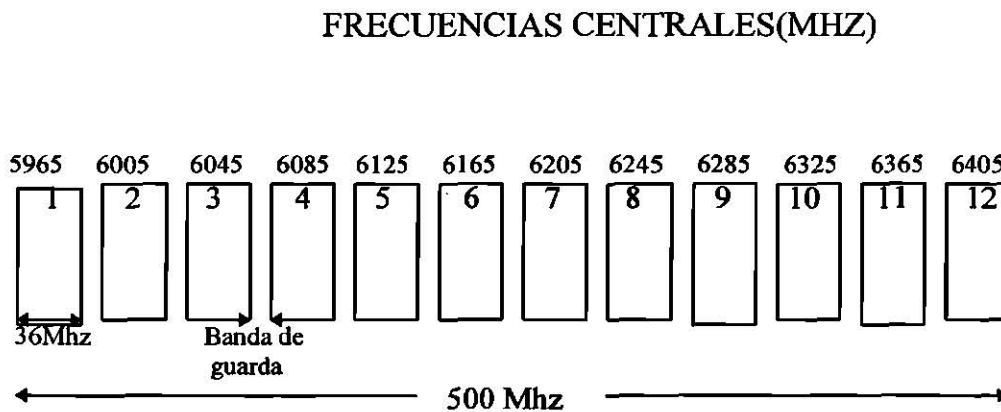
Fig. 3.7 Relación entre los subsistemas de antenas y comunicaciones.

Las antenas receptoras y transmisoras tienen un ancho de banda muy grande cuya mayor parte funciona actualmente en las bandas de frecuencia C y Ku. En cada una de estas bandas, el ancho de banda de operación es de 500 Mhz para transmisión y 500 Mhz para recepción. Existen satélites denominados híbridos, que trabajan simultáneamente tanto en la banda C como en la Ku, con lo cual se duplica la capacidad en el número de canales que puede manejar el sistema al mismo tiempo.

En la banda C las frecuencias para transmitir de la tierra hacia el satélite están entre 5.925 y 6.425 Ghz. La antena receptora del satélite detecta todas estas frecuencias, pues su ancho de banda de recepción es igual o mayor a 500 Mhz con una frecuencia central de 6.175 Ghz. Los transpondedores, entre otras funciones, cambian las frecuencias de todas las señales contenidas en ese rango, bajándolas

a otro de igual ancho de banda, pero cuyos limites inferior y superior son, respectivamente, 3.7 y 4.2 Ghz ; posteriormente, todas las señales contenidas en estas últimas frecuencias son entregadas a la antena transmisora, para que las envíe de regreso a la tierra. Un enlace de este tipo se representa con la nomenclatura 6/4 Ghz. En la banda Ku es similar al de la banda C sólo que las frecuencias tierra satélite estan entre 14.0 y 14.5 Ghz, con una frecuencia central de 14.25Ghz, y las frecuencias satélite tierra estan entre 11.7 y 12.2 Ghz ; en este caso el enlace se representa con la nomenclatura 14/12 Ghz.

En la **fig. 3.8** se muestra una división usual del ancho de banda de un satélite de 12 ranuras o espacios iguales de 36 Mhz de ancho de banda cada uno. Los espacios libres entre ranuras adyacentes se dejan para disminuir la posibilidad de interferencia entre las señales de cada una contiene. Cada ranura puede trabajar con un canal de televisión independientemente, por lo que la capacidad total del satélite en esta banda C de operación sería igual a 12 canales de televisión.



Recuerdese que la antena receptora del satélite no capta las frecuencias de un solo transpondedor sino que capta todas las frecuencias de los 12 transpondedores. Es decir, por ella entran diferentes clases de señales al mismo tiempo, para la antena esto no representa ninguna dificultad, pero no es fácil construir aparatos electrónicos de alta potencia que realicen sus funciones de amplificación óptimamente con todas esas señales al mismo tiempo. Por tanto, es necesario aislarlas, para procesarlas y amplificarlas por separado, y esta es una de las razones principales por las que se divide el ancho de banda del satélite en transpondedores ; después del proceso, todas las señales se vuelven a juntar o agrupar, para que la antena transmisora las envíe hacia la tierra. En la **fig. 3.7** el primer dispositivo electrónico que encuentran las señales recibidas por la antena es un amplificador de bajo ruido con poca potencia de salida ; este aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a él para amplificación, este es un dispositivo clave, de cuyo correcto funcionamiento depende que la información siga fluyendo o no dentro del satélite, y por lo tanto se debe contar con un duplicado ; es decir, el amplificador de bajo ruido es un equipo redundante, de tal forma que se uno de los amplificadores se descompone, mediante un conmutador se transfiere el enlace al otro que sí esté en buenas condiciones. Después de que todas las señales han sido amplificadas casi fielmente, continúan su viaje a lo largo de la trayectoria del transpondedor, cuando han alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como convertidor de frecuencia, que no es más que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente ; las señales obtenidas a la salida del aparato son similares a las que entraron, pero han sido desplazadas a frecuencias más bajas en el espectro radioeléctrico. Después de amplificar y cambiar la frecuencia de las señales, el siguiente paso es separarlas en grupos o bloques ; cada grupo puede contener un solo canal de televisión o dos, cientos de canales telefónicos, un paquete de información digital de alta velocidad, o alguna otra variante. La

separación se realiza con un demultiplexor, a él entra la información completa de 500 Mhz de ancho de banda y en su interior, mediante filtros, se separan los canales en bloques de 36 Mhz cada uno. A continuación, cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación, proporcionada por un amplificador de potencia, y después todos los bloques son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500 Mhz de ancho de banda, a través de un multiplexor, conectado a la antena transmisora del satélite. Se observa que después de cada salida del demultiplexor hay un atenuador o resistencia variable ; esta sirve para disminuir a control remoto, y en distinto grado, la intensidad del bloque de señales que entra a cada amplificador de potencia, cuando los amplificadores de potencia entregan a su salida el máximo de potencia posible se dice que están operando en su punto de saturación el cual es producido por un conjunto de señales indeseables llamadas en conjunto ruido de intermodulación, y su intensidad es cada vez mayor y más dañina, conforme se trata de tener más y más potencia a la salida del amplificador hasta llegar quizá a la máxima posible, correspondiente al punto de saturación. Por esta razón, es preciso operar al amplificador de potencia en un punto de trabajo inferior al de saturación, para reducir así el ruido de intermodulación y su efecto sobre la información original, aunque para ello se tenga que sacrificar potencia de salida.

El diagrama de bloques de la **fig. 3.7** es muy básico y puede haber distintas versiones, con ligeras modificaciones como las que se muestran **fig. 3.13**. La potencia de la señal combinada de 500 Mhz de ancho de banda que sale del convertidor de frecuencia se divide en dos y cada parte resultante entra a uno de los demultiplexores ; por medio de filtros, el demultiplexor 1 solo permite el paso a los canales impares, y el demultiplexor 2 hace lo mismo con los canales pares ; cada uno de estos canales impares o pares tiene un ancho de banda estándar de 36 Mhz, aunque también

puede haber otras variantes, dependiendo nuevamente del tipo y uso del satélite de que se trate.

Los canales impares que pasan por el demultiplexor 1 serían los bloques de información contenidos en las ranuras 1, 3, 5, 7, 9 y 11 de la figura, y los que pasan por el número 2 serían los que contienen la información de las ranuras 2, 4, 6, 8, 10 y 12 indicadas en la misma figura. Este tipo de separación de canales ofrece una ventaja importante con respecto al uso de un solo demultiplexor, ya que la banda de guarda entre los nuevos canales adyacentes se incrementa y por lo tanto se reduce la posibilidad e interferencia entre ellos durante la etapa de alta amplificación. Después de que cada uno de los canales de 36 Mhz ha sido amplificado por separado, con su correspondiente reducción de potencia a la salida respecto a la

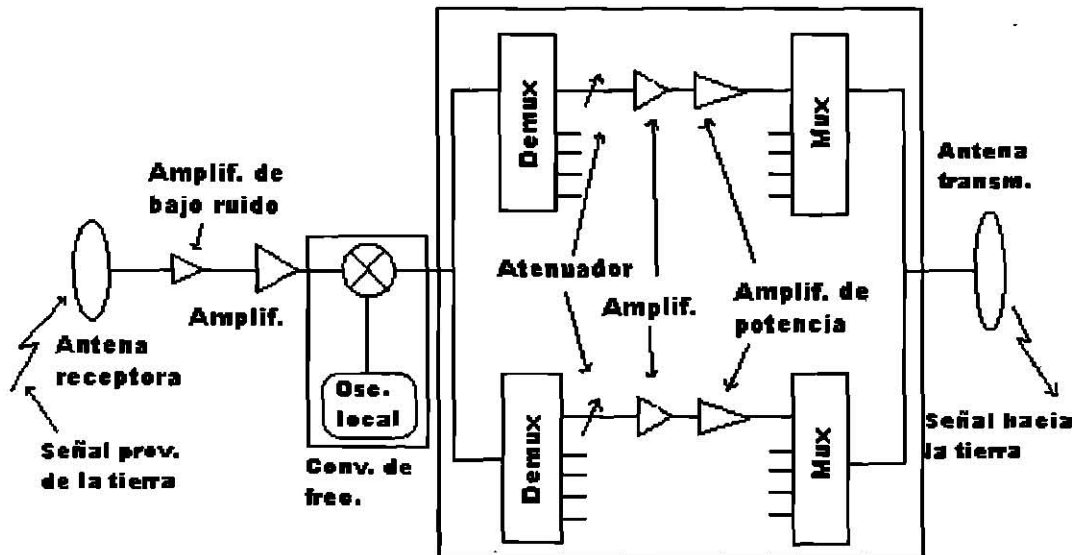


Fig 3.13 Versión modificada del diagrama y equipos del sistema de comunicaciones. A dif. del de la fig. 3.7, se utilizan dos demultiplexores y dos mux para procesar por separado los canales pares e impares y reducir la interferencia.

saturación, según el caso, los canales impares se vuelven a juntar mediante el multiplexor 1, que tiene 6 entradas y una salida, y los canales pares son tratados igualmente por el multiplexor 2, posteriormente, los dos grupos pasan por un sumador de potencias, y

el conjunto, ya de nuevo con un ancho de banda total de 500 Mhz, entra a la antena parabólica transmisora.

Con el fin de reafirmar todos los conceptos que se han descrito en esta sección en la figura **fig. 3.14** se muestra el plan de frecuencias y polarización de un satélite Spacenet. El satélite es híbrido ; tiene 12 transpondedores angostos de 36 Mhz y 6 anchos de 72 Mhz en la banda C, así como 6 transpondedores de 72 Mhz en la banda Ku. Las señales de los transpondedores angostos de banda C son transmitidas hacia el satélite con polarización vertical y retransmitidas hacia la tierra con polarización horizontal ; para los transpondedores anchos de banda C se usa polarización horizontal en el enlace de subida y vertical en el de bajada ; y en cuanto a los transpondedores en la banda Ku, las señales suben al satélite con polarización vertical y bajan con polarización horizontal.

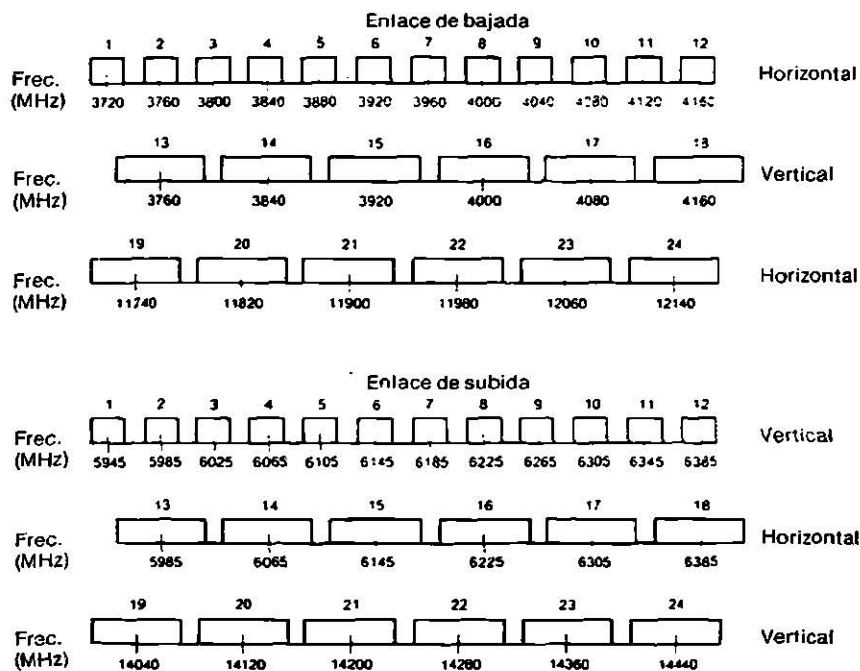


Figura 3.14 Plan de frecuencias y polarización de un satélite Spacenet. (Cortesía de GTE Spacenet Corporation.)

En las **fig. 3.15 y 3.16** se muestran los diagramas correspondientes a la composición del subsistema de comunicaciones en las bandas C y Ku del mismo satélite Spacenet. En ambas figuras, las señales llegan al satélite por los reflectores parabólicos de contorno y las cornetas de sus alimentadores ; pasan a través de los diplexores -que separan a las trayectorias de recepción y transmisión, puesto que cada antena se usa para las dos cosas- y se suman en los combinadores de potencia, para entrar posteriormente a los receptores redundantes -integrados por los amplificadores de bajo ruido y los convertidores de frecuencia-, mostrados en la extrema izquierda de los diagramas ; a continuación, los acopladores híbridos de tres decibeles alimentan a los demultiplexores, en los que los canales son separados en pares e impares ; más adelante, cada canal pasa por su sección de atenuación correspondiente y entra en un “conmutador de entrada” que lo conecta con otro atenuador y un amplificador de potencia ; enseguida las señales que salen de los amplificadores de potencia entran a un “conmutador de salida” y de ahí pasan a un multiplexor, que consiste en una guía de onda múltiple a la que entran los canales por varios puertos, y que está terminada en cortocircuito en un extremo y conectada a la antena transmisora por el otro ; posteriormente, los canales pares e impares, ya agrupados por separado en los multiplexores, entran a una red de división de potencia que esta conectada a las cornetas del alimentador de la antena parabólica, y a las cuales entran las señales a través de los mismos diplexores que las dirigieron anteriormente hacia el combinador de potencia y los receptores.

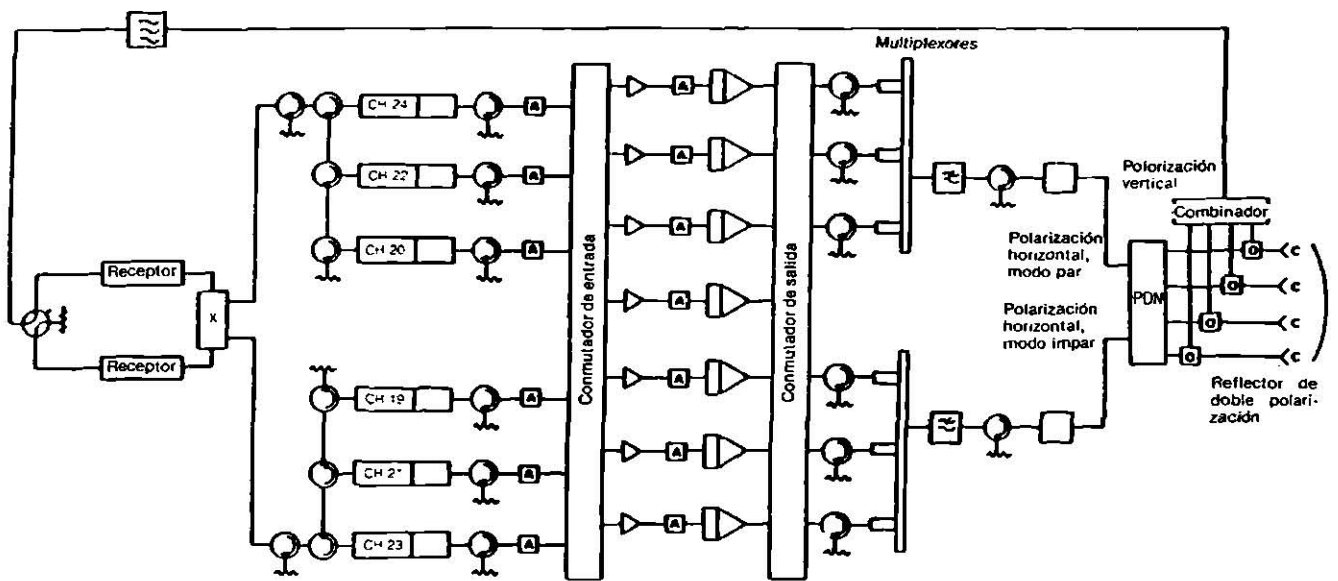
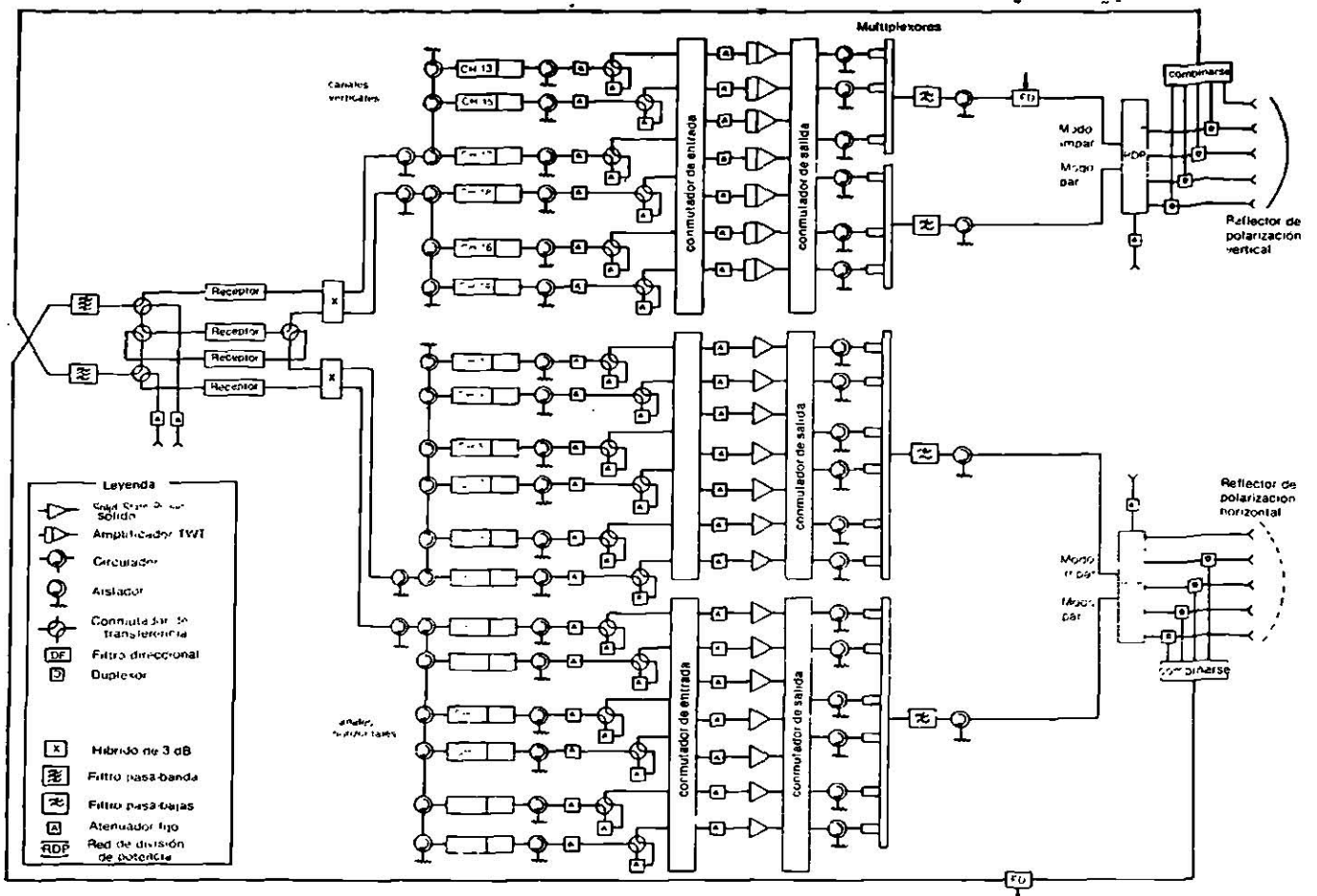


Figura 3.16 Subsistema de comunicaciones (banda Ku) de un satélite Spacenet. (Cortesía de GTE Spacenet Corporation.)

Por otra parte, en base a la **fig. 3.18** se puede diferenciar entre tres tipos de enlaces : punto-punto, punto-multipunto y multipunto-punto, en donde cada estación ésta ubicada en una ciudad o población diferente. En esta red, las ciudades A, B y C transmiten televisión y telefonía multicanal, la D transmite un canal digital de muy alta velocidad(2 megabits por segundo) que debe ser recibido en muchas otras ciudades sin necesidad de que estas se respondan, las E, F y G transmiten programas estereofónicos de radio, y las H, I..., Z envían canales digitales de baja velocidad (de 9600 a 56000 bits por segundo) con destino a B, en donde se concentra toda esa información para procesarla en un centro de cómputo ; adicionalmente, otras estaciones también transmiten. El primero une sólo a dos puntos geográficos, por ejemplo, cuando se tiene una conversación telefónica, en cuyo caso el enlace es bidireccional. El segundo corresponde a un sistema de difusión o distribución de información, en donde la señal es generada en un solo punto, por ejemplo, en un estudio de televisión, en una cabina de radio o en un centro de cómputo, y se desea que sea recibida en muchos otros puntos, sin necesidad de que éstos respondan, o sea que el enlace es unidireccional, en forma de estrella. El tercero es el caso inverso al anterior, donde en vez de diseminar una información en muchos puntos, se desea concentrarla o recolectarla de éstos en un solo punto específico ; por ejemplo, podrían tenerse muchas estaciones terrenas transmisoras en todas las plantas generadoras de energía eléctrica de un país, que transmitiesen la información más importante sobre su estado de operación a una gran central de control de energía, ubicada en un punto clave, que utilizaría la información proveniente de todas las plantas para analizar y controlar mejor la generación y distribución de la energía eléctrica dentro de su territorio, enviando órdenes y comandos a cada planta generadora según fuese necesario.

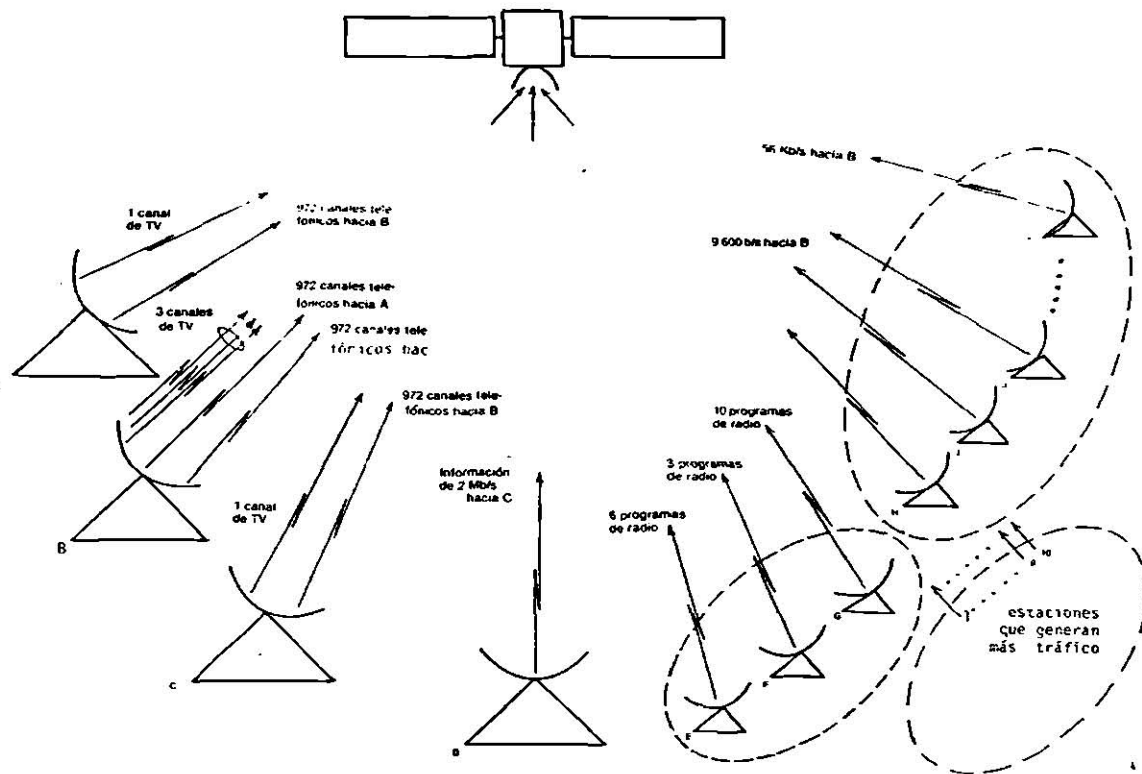


Figura 3.18 Ejemplo de una red de estaciones terrenas enlazadas con un satélite. El ancho de banda total ocupado por todas las señales transmitidas es 500 MHz.

Para que no ocurra ningún tipo de conflicto entre las señales que llegan simultáneamente al satélite, se establece un orden mediante una técnica de acceso múltiple, de la cual hay tres tipos: por división de frecuencia, por división en el tiempo, y por diferenciación de código; de éstos, el primero es el más común en la actualidad y se describe a continuación.

Acceso múltiple por división de frecuencia:

Regresando al ejemplo establecido, supóngase que la gran ciudad se designa por la letra A, la de tamaño medio por B, y la población rural por C. Es evidente que, si las tres transmiten al mismo tiempo, deben hacerlo con frecuencias portadoras diferentes para que no haya interferencia. Si la suma de los anchos de banda que requieren las tres estaciones individualmente da un total cercano a los 36 Mhz, entonces las tres ocuparán simultáneamente el mismo transpondedor del satélite, separadas por bandas de guarda, como se ilustra en la fig. 3.19. Esta forma de uso simultáneo del

transpondedor por varias estaciones terrenas, estén o no situadas en la misma ciudad, recibe el nombre de acceso múltiple por división de frecuencia o FDMA. La configuración es rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora, cada una de ellas ocupará activo ese ancho de banda que se le asignó; por esta razón, también se le llama acceso múltiple por división de frecuencia con asignación fija.

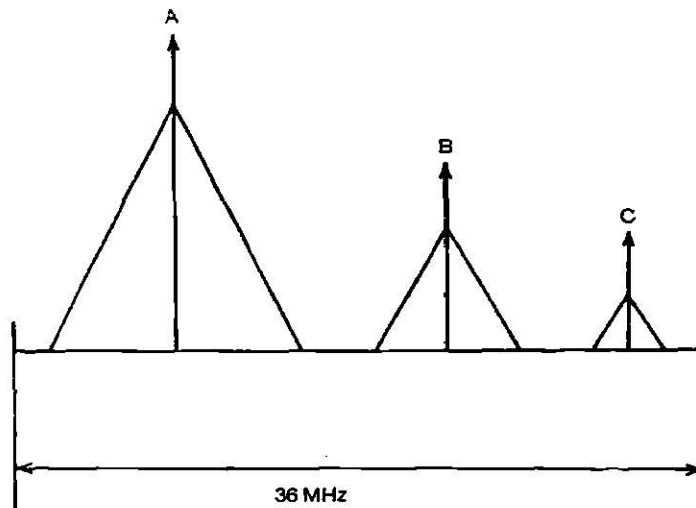


Figura 3.14 Ocupación de un transpondedor de 36 MHz con acceso múltiple por división en frecuencia; cada señal proviene de una población diferente y tiene su propia frecuencia portadora asignada.

Evidentemente, la capacidad de ese transpondedor no se estaría aprovechando con eficiencia si se emplease la técnica anterior, y en este caso se requiere utilizar otra versión de acceso múltiple que brinde mayor flexibilidad; la alternativa se denomina acceso múltiple por división de frecuencia con asignación por demanda o DAMA. Esta técnica permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesitan para establecer comunicación; en el momento en que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquiera otra de las estaciones del sistema que la solicite temporalmente. Cada vez que una estación terrena desee iniciar una transmisión debe solicitarle antes al banco de frecuencias que le asigne una de ellas

para su portadora; este mismo banco de frecuencia se comunica con el punto de destino para informarle que se le va a transmitir y en qué frecuencia debe sintonizarse para que reciba la señal; solamente hasta que la estación transmisora y la receptora hayan recibido la asignación de sus frecuencias de operación, se puede iniciar el enlace.

Existen muchas variantes en cuanto a la forma de ranurar en frecuencia un transpondedor y accederlo u ocuparlo desde varias estaciones terrenas (de allí el nombre de acceso múltiple). Como norma general, SCPC con asignación por demanda se utiliza para comunicar puntos con tráfico ocasional, como zonas rurales o de poco intercambio entre sí. Para enlazar puntos que generan tráfico permanentemente se emplea la asignación fija, y ésta puede ser SCPC -cuando el tráfico es poco pero constante- o bien de portadora multicanal o MCPC. Una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada, y la ranura de frecuencias necesaria para ubicarla es angosta o muy ancha, dependiendo del número total de canales que contenga; éstos pueden ser analógicos o digitales con multiplexaje en frecuencia o en el tiempo, respectivamente. Por ejemplo, puede haber portadoras multicanal con 12 canales telefónicos cada una, otras con 24, 36, 48, ..., y así sucesivamente, dependiendo del tráfico de cada estación terrena transmisora.

Acceso múltiple por división en el tiempo:

El acceso múltiple por división en el tiempo o TDMA a diferencia del acceso múltiple por división de frecuencia, en donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias dentro del transpondedor, normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tiene asignada la misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que guste

dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo T asignado a cada estación no es necesariamente igual en todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen más tráfico que otras y, por lo tanto, la ranura de tiempo que se le asigne debe ser más larga que la de las estaciones chicas. Estos tiempos asignados pueden ser fijos por estación, en cuyo caso se tiene acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija (figs. 3.20 y 3.21), o bien pueden variar con el tiempo cuando algunas estaciones tengan exceso de tráfico (horas pico).

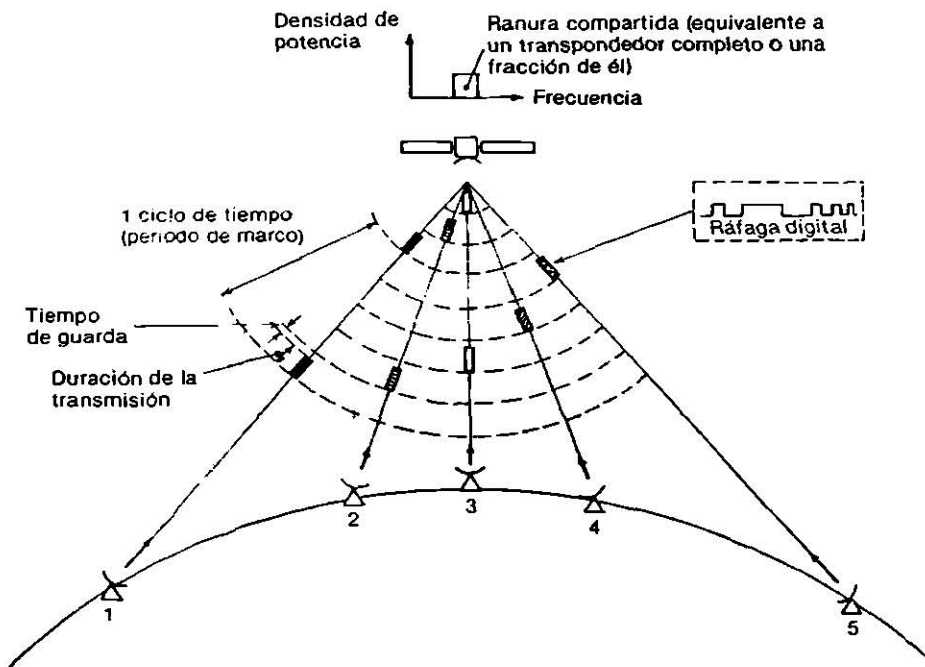


Figura 3.20 Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de ~~frecuencia~~ en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos iguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.

En estas condiciones, es preciso reorganizarla distribución de los tiempos con una nueva trama de transmisión, dándole ranuras de tiempo más largas a las estaciones con exceso de tráfico y ranuras más cortas a las de poco tráfico.

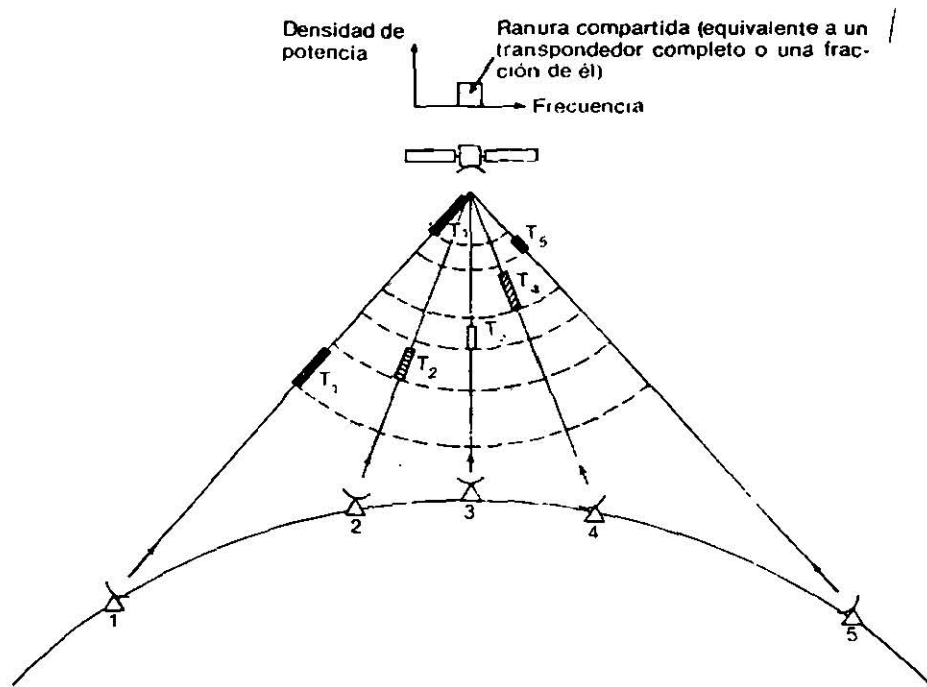


Figura 3.21 Red de cinco estaciones terrenas que comparten una misma ranura de frecuencias en un transpondedor mediante acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija y tiempos T desiguales por estación. Todas las estaciones transmiten su ráfaga digital a la misma frecuencia en forma secuencial.

Acceso múltiple por diferenciación de código:

Existe una tercera alternativa en la que un transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica, denominada

acceso múltiple por diferenciación de código o CDMA, es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia; y presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios. Por otra parte, presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda (un transpondedor completo), de las estaciones terrenas receptoras, sólo la destinataria de cierta información determinada conoce el código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original, aunque llegue superpuesto con todos los demás mensajes que se transmitieron simultáneamente, pues estos últimos solo los detecta como "ruido" tolerable, también se le denomina acceso múltiple con espectro expandido o SSMA.

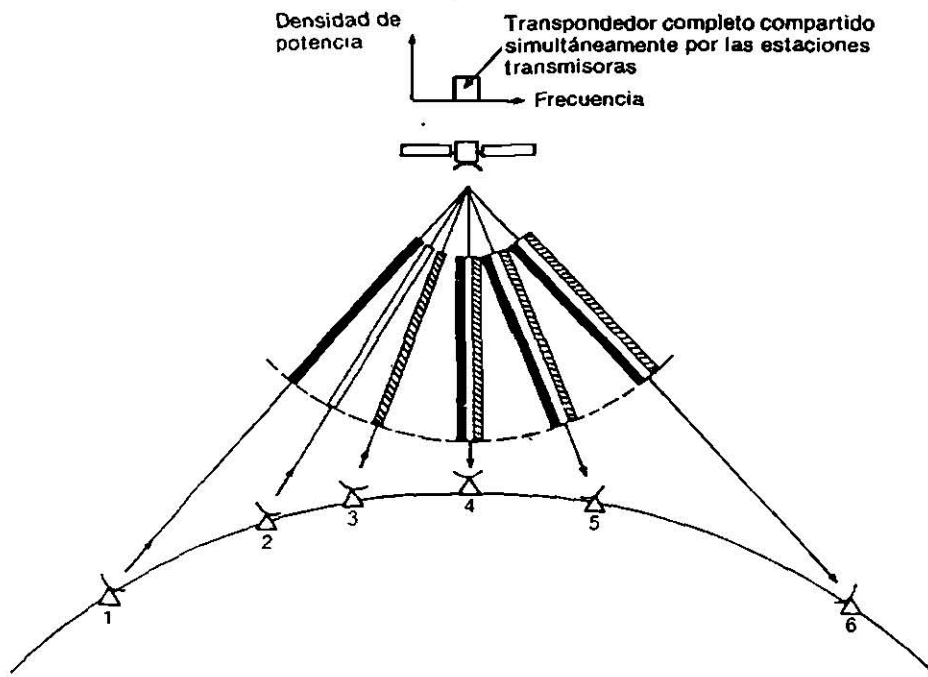


Figura 3.23 Red de seis estaciones terrenas que operan con acceso múltiple CDMA. Las estaciones transmisoras usan la misma frecuencia y transmiten al mismo tiempo; las receptoras deben conocer el código de transmisión para reconstruir el mensaje original.

Acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación en el satélite:

Los satélites más modernos se están construyendo con varias antenas de haz pincel, diseñadas para cubrir diferentes zonas geográficas con muy alta densidad de potencia; cada haz ésta asociado con ciertos receptores y transmisores y es posible conmutar parte de la información -o toda- de un haz a otro mediante una matriz de microondas. Este versátil sistema es digital, con acceso múltiple TDMA; se denomina acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación en el satélite o SS/TDMA. La cual incrementa significativamente la eficiencia de un sistema, puesto que se logra la cobertura total de un gran territorio dividido en zonas con haces de potencia altamente concentrada.

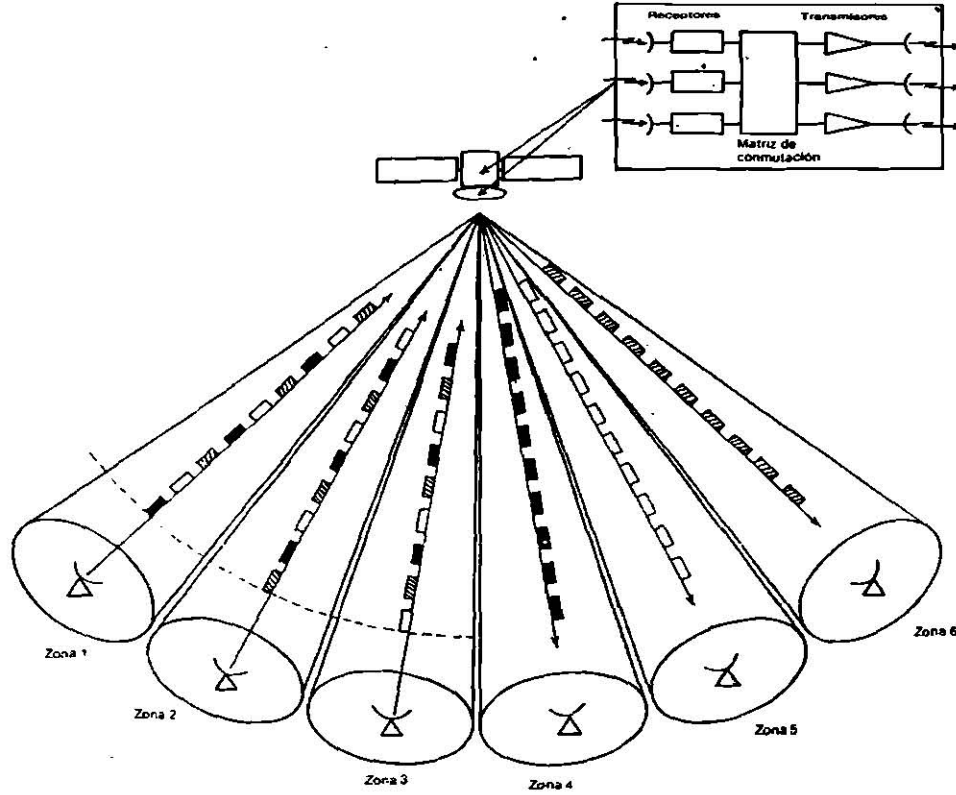


Figura 3.24 Acceso múltiple por división en el tiempo con conmutación a bordo del satélite (SS/TDMA). Cuando el número de zonas y haces aumenta, es posible utilizar las mismas frecuencias para haces de zonas no adyacentes (para evitar interferencias) y el ancho de banda disponible se aprovecha mejor varias veces; esta técnica se conoce como reutilización de frecuencia con aislamiento espacial.

Frecuencias asignadas y reutilización de frecuencias:

La banda X es empleada por satélites militares y gubernamentales. La banda Ka se encuentra aún en su etapa de experimentación; esta banda tiene un ancho muy atractivo de 3500 Mhz, pero su principal desventaja es que cuando llueve los niveles de atenuación a esas frecuencias son mucho mayores que en las bandas C y Ku (tabla 3.2). Con el fin de aumentar la capacidad de un satélite se han desarrollado dos métodos para utilizar las frecuencias casi por duplicado: reutilización con aislamiento espacial y con discriminación de polarización.

La reutilización de frecuencias con aislamiento espacial se realiza con un subsistema de antenas que produzca muchos haces dirigidos hacia zonas geográficas diferentes; si algunos haces están lo suficientemente separados entre sí, entonces pueden utilizar las mismas frecuencias, como se ilustra en la figura 3.24.

La reutilización de frecuencias con discriminación de polarización se efectúa mediante la transmisión simultánea en un

mismo haz, a la misma frecuencia, con señales de polarizaciones ortogonales; éstas pueden ser lineales (horizontal y vertical) o circulares (derecha e izquierda).

<u>Banda</u>	<u>Enlace ascendente</u>	<u>Enlace descendente</u>
C: 6/4Ghz	5.925-6.425 (500Mhz)	3.700-4.200 (500Mhz)
	5.850-7.075 (1225Mhz)	3.400-4.200 4.500-4.800 (1100Mhz)
X: 8/7Ghz	7.925-8.425 (500Mhz)	7.250-7.750 (500Mhz)
Ku: 14/11Ghz	14.000-14.500 (500Mhz)	10.950-11.200 11.450-11.700 (500Mhz)
	12.750-13.250 14.000-14.500 (1000Mhz)	10.700-11.700 (1000Mhz)
14/12Ghz	14.000-14.500 (500Mhz)	11.700-12.200 (500Mhz)
Ka: 30/20Ghz	27.500-31.000 (3500Mhz)	17.700-21.200 (3500Mhz)

3 SUBSISTEMA DE ENERGIA ELÉCTRICA

Todo satélite necesita un suministro de energía eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de voltaje y corriente. La cantidad de potencia requerida depende de sus características de operación, y varía entre Los 500 y 2000 watts. El subsistema de energía eléctrica consiste en tres elementos fundamentales: una fuente primaria, una fuente secundaria y un acondicionador de potencia; este último esta integrado por dispositivos como reguladores, convertidores y dispositivos de protección, que permiten regular y distribuir la electricidad con Los niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.

Con excepción de las primeras horas inmediatas de su lanzamiento, en donde la electricidad necesaria es suministrada por baterías, la fuente primariade energía del satélite esta constituida por arreglos de celdas solares. Una gran desventaja que tienen las celdas solares es que su factor de eficiencia en un principio era del orden del 8 %; ahora brindan factores de eficiencia del 10 al 12 %. Aun así, esta eficiencia sigue siendo muy baja, es probable que en Los próximos años el silicio con el que estan hechas las celdas de hoy sea sustituido por arsenuro de galio, ya que experimentalmente ofrece una eficiencia de aproximadamente 18 %. Con arsenuro de galio se puede obtener un determinado voltaje usando menos celdas conectadas en serie que el número que se requiere cuando se emplean celdas de silicio.

Hay dos formas de estabilización por giro y la triaxial con cuerpo fijo. Los satélies estabilizados por giro son cilíndricos y llevan las celdas solares montadas sobre la mayor parte de su superficie. En cambio, los satélites con cuerpo fijo y estabilización triaxial no tienen una goemetría cilíndrica, sino que se asemejan a un cubo o caja, y normalmente emergen dos largos y planos paneles solares de sus costados, en forma de alas. Por lo que respecta a Los satélites de cuerpo fijo con estabilización triaxial, en su inferior hay volantes inerciales que actúan como giroscopios y que mantienen estable al

satélite sin necesidad de que éste gire. Sus paneles solares cuentan con un mecanismo para orientarse constante y óptimamente hacia los rayos del sol. Por tal razón, Los satélites con este tipo de estabilización brindan mayor capacidad de generación de energía eléctrica que la de los estabilizados por rotación, e invariablemente se opta por ellos cuando Los requerimientos de potencia lo exigen; tal es el caso de Los satélites de radiodifusión directa de televisión, que necesitan varios kilowatts de potencia para operar eficaz y económicamente.

Durante toda su vida de operación el satélite se ve expuesto a eclipses, y en estos casos necesita obtener su energía de alguna otra fuente que no sea el sol para poder seguir funcionando; esta fuente secundaria o de respaldo la constituye un conjunto de baterías, que se cargan cuando las celdas solares se hayan expuestas al sol y se descargan durante los eclipses o en las horas pico de mayor demanda de energía. En el momento en que ocurre un eclipse, unos relevadores eléctricos detectan la disminución en el nivel de la energía suministrada por las celdas a los equipos y conectan las baterías automáticamente. De esta forma, las baterías comienzan a descargarse poco a poco, mientras alimentan al satélite, y su operación se puede requerir durante muchos minutos, a veces más de una hora, dependiendo de la duración del eclipse. Cuando este concluye y el satélite queda expuesto otra vez a Los rayos del sol, las celdas solares vuelven a hacerse cargo como fuente primaria de energía al mismo tiempo que recargan las baterías para que esten listas cuando se les requiera nuevamente.

Las baterías que más se utilizan son de níquel-cadmio; su eficiencia de potencia/peso es baja, pero se requieren porque son muy confiables y de larga duración. Sin embargo, algunos satélites(Intelsat V y Spacenet) ya utilizan baterías de níquel-hidrógeno, que poseen grandes ventajas tecnológicas sobre las anteriores. Hay otros tipos de baterías que aún se encuentran en la etapa de investigación por ejemplo, de plata-hidrógeno, litio y sodio.

4 SUBSISTEMA DE CONTROL TERMICO

Los satélites requieren rangos distintos de temperatura para operar eficientemente, y que es necesario mantener un balance o equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se concerven. Uno de los factores que intervienen es el calor generado por el satélite en su interior, cuya principal contribución proviene de los amplificadores de potencia; la energía que absorbe del sol y de la tierra son otros factores que deben considerarse también.

La energía proveniente de la tierra la integran dos tipos de radiación: la propia de ella y la del sol reflejada por su superficie. La suma del calor generado internamente por el satélite más el producido por la absorción de energía del sol y de la tierra, menos el radiado por el satélite hacia el exterior, se debe mantener lo más constante posible, con pocas variaciones, de tal modo de que el satélite funcione íntegra y correctamente. El control de este balance térmico es también muy importante cuando ocurre un eclipse, pues el satélite se enfría bruscamente al quedar en la oscuridad, y cuando está de nuevo expuesto a Los rayos del sol sufre otro cambio brusco de temperatura. Con el fin de mantener lo mejor posible el equilibrio térmico, Los especialistas en el diseño de satélites tienen a su alcance gran variedad de materiales que utilizan para proteger cada una de las partes del aparato. Por ejemplo, una sección del satélite ya cubierta con un reflector óptico de cuarzo, semejante a un gran espejo, que rechaza el calor del exterior y al mismo tiempo lo transfiere del interior al vacío; los dispositivos electrónicos que generan más calor -como los amplificadores de potencia- se colocan junto a él. Por otra parte, los módulos del interior, así como el subsistema de antenas que va en el exterior, van cubiertos con algún tipo de material plástico aislante que Los protege del calor o de Los cambios bruscos de temperatura. Los colores también juegan un papel muy importante en le acabado de las partes del satélite. Por ejemplo, la pintura blanca absorbe la radiación infrarroja de la tierra pero rechaza el flujo solar; su emitancia es muy alta y su absorbecia

muy baja, de manera que se comporta como un elemento frío frente al sol. Por otra parte, la pintura negra también tiene una emitancia alta, pero al mismo tiempo posee una absorbencia muy alta, y cuando esta expuesta al sol su temperatura es superior a Los 0 °C, a diferencia de la pintura blanca cuya temperatura puede ser inferior a Los 50°C, también se utiliza en algunas secciones la pintura de aluminio; por tener una emitancia más baja que la pintura negra, así como una absorbencia también baja, las zonas recubiertas con pintura de aluminio son más calientes en la oscuridad. Es así como, mediante la combinación de materiales y colores, y con el auxilio de reflectores ópticos, el equilibrio térmico del satélite se conserva dentro de un nivel aceptable de temperaturas durante la mayor parte del tiempo.

Sin embargo, el equilibrio térmico se altera drásticamente cuando ocurre un eclipse, pues desaparece el calor proveniente del sol, modificándose la temperatura resultante total. Si no se tomase alguna medida de protección, el satélite sufriría un cambio térmico muy fuerte, unos de los elementos más sensibles al frío son, por cierto, las baterías, y por lo tanto es preciso contar con algún sistema de calefacción que se encienda cuando la temperatura comience a bajar en forma significativa. Para tal efecto se utilizan caloductos que contribuyen en el interior el calor emitido por los amplificadores de potencia, así como calentadores eléctricos activados por termostatos o a control remoto. Los caloductos operan bajo el principio de la evaporación y condensación de algún fluido en los extremos de un ducto; en el extremo donde está la fuente de calor -los amplificadores de potencia- el fluido se evapora, y en el otro se encuentra un radiador que transmite el calor al exterior del ducto, hacia las partes frías; esto ocasiona que el fluido se condense, pero al recircular en el interior del caloducto pasa nuevamente a la condición de evaporación, y así en forma sucesiva.

5 SUBSISTEMA DE POSICION Y ORIENTACION

Independientemente del tipo de estabilización que se use, las fuerzas perturbadoras en el espacio no dejan de provocar cambios en la posición del satélite sobre su órbita y en su orientación con respecto a la superficie de la tierra. Por lo tanto, es preciso poder determinar dónde está el satélite y cual es la orientación de su cuerpo. Para conocer la posición, se requiere medir la distancia a la que se encuentra y en qué dirección o ángulo con relación a algún punto de referencia sobre la tierra (el centro de control). La distancia se mide transmitiendo una señal piloto hacia el satélite, que éste retransmite después, y la diferencia que se detecta en el centro de control entre las fases de la señal transmitida y recibida es un indicador de lo lejos que se encuentra. La medición del ángulo o la dirección en la que se halla se puede hacer por interferometría, empleando dos estaciones separadas por cierta distancia y comparando las señales piloto recibidas por cada una de ellas. La técnica de máxima recepción es otra alternativa para medir el ángulo, y tiene la ventaja de que sólo requiere una estación terrena y no dos; opera bajo el principio de orientar la antena hacia el satélite e iría moviendo poco a poco hasta que se detecte el nivel máximo de radiación. Cuando se obtiene la posición de máxima recepción, se considera que la antena de la estación terrena está perfectamente orientada hacia el satélite, y por lo tanto se puede conocer la dirección o ángulo en que éste se encuentra.

Por lo que se refiere a la determinación de la orientación se puede utilizar para ello una variedad de sensores, de los cuales los más comunes son los de sol y los de tierra. Los sensores solares son dispositivos fotovoltaicos en los que se produce una corriente eléctrica cuya magnitud depende de la dirección de la radiación solar sobre ellos. Por lo tanto, si de alguna forma se conoce la cantidad de corriente generada, es posible relacionarla con la magnitud de los pares necesarios de corrección, son los propulsores.

6 SUBSISTEMA DE PROPULSION

Este opera según el principio de la tercera ley de Newton; mediante la expulsión de materia a gran velocidad y alta temperatura a través de toberas o conductos de escape, se obtienen fuerzas de empuje en sentido contrario. Hay propulsores químicos y eléctricos, pero los primeros son los de mayor uso porque proporcionan niveles de empuje cientos o miles de veces más grandes que los eléctricos. Cada tipo de propelente produce un incremento de velocidad diferente con cierta cantidad de masa consumida; cuanto menor sea la masa necesaria para producir un incremento de velocidad determinado mayor es el impulso específico del propelente. Para efectuar las correcciones de posición y orientación del satélite se requiere aplicar empujes de duración determinada hasta obtener el incremento de velocidad necesario en la dirección deseada.

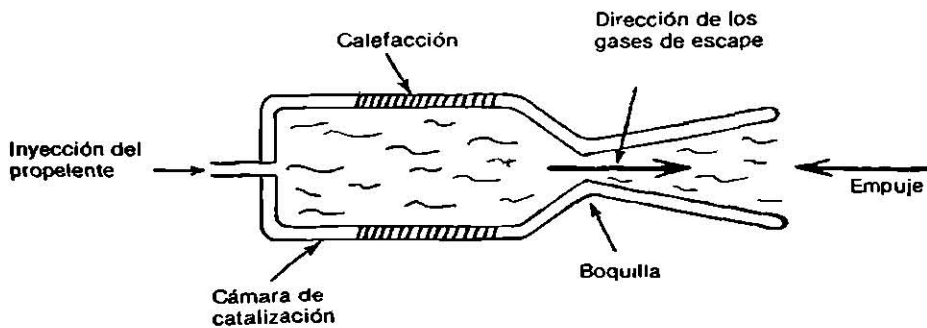


Figura 3.38 Cámara de catalización y boquilla de escape de un propulsor mono-propelente.

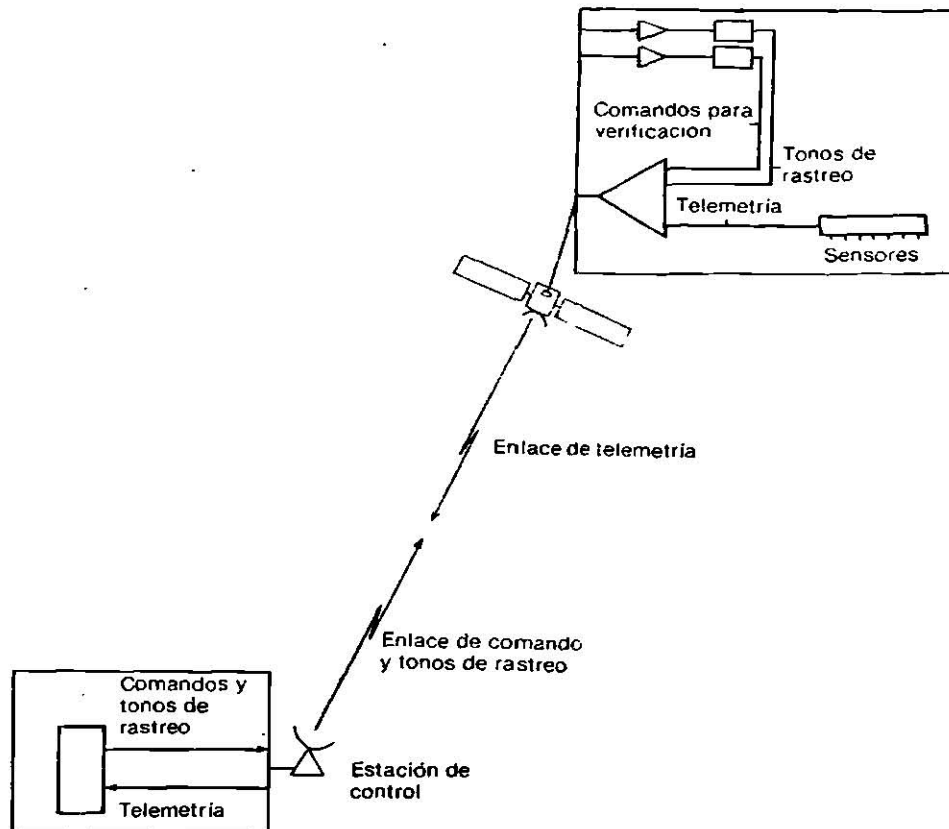
7 SUBSISTEMA DE RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO

Este subsistema permite conocer a control remoto la operación y posición del satélite, así como enviarle órdenes para que algún cambio deseable se ejecute. El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores instalados en varios cientos de puntos de prueba, que miden cantidades tales como voltajes, corrientes, presiones, posición de interruptores y temperaturas, etc. Las lecturas tomadas por los sensores son convertidas en una señal digital que el satélite transmite hacia la tierra con una velocidad baja, entre 200 y 1000 bits por segundo, y ésta información permite conocer el estado de operación del sistema satelital, apoyada por la información de rastreo.

El rastreo se efectúa mediante la transmisión de varias señales piloto, denominadas tonos, desde la estación terrena de control hacia el satélite. Normalmente se utilizan de 6 a 7 tonos distintos, cuya frecuencia es de unos cuantos kilohertz, y que modulan sucesivamente en fase con la señal portadora de la estación terrena de control; el satélite recupera los tonos y remodula con ellos a su propia portadora, para retransmitirlos hacia la tierra donde son detectados por el centro de control. Las señales recibidas en tierra se comparan en fase con las transmitidas originalmente, y las diferencias obtenidas permiten calcular la distancia a la que se encuentra el satélite, con precisión de unas cuantas decenas de metros.

Las señales de comando son las que permiten efectuar las correcciones en la operación y funcionamiento del satélite a control remoto, como cambiar la ganancia de los amplificadores, cerrar algún interruptor, conmutar de transpondedor, modificar la orientación de la estructura, o bien -durante la colocación en órbita- extender los paneles solares, mover las antenas y encender el motor de apogeo. Todas estas señales de comando van codificadas, por cuestiones obvias de seguridad, y la mayor parte de los sistemas que

operan actualmente utilizan una secuencia en la que el satélite primero retransmite al centro de control los comandos que haya recibido, éstos son verificados en la tierra, y si se comprueba que las órdenes fueron recibidas correctamente, entonces el centro de control transmite una señal de ejecución. Al recibirla, el satélite procede entonces a efectuar los cambios ordenados.



8 SUBSISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura del satélite es el armazón que sostiene a todos los equipos que lo forman y que le dan la rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que se ve sujeto desde el momento en que abandona la superficie de la tierra; éste importante subsistema debe ser durable, resistente y lo más ligero posible.

Los materiales más comunes para este fin son aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero, y varios plásticos reforzados con fibra de carbón; de éstos, el berilio es el más caro, y por lo tanto su utilización es limitada. Dependiendo del diseño (número y forma de

las antenas, tipo de estabilización, número y potencia de los amplificadores, etc.), la masa de la estructura puede variar entre 10 y 20% del total de la masa del satélite; una buena parte de esa estructura (los cilindros y las paredes de la caja, según el caso) se fabrica con “panal de abeja” (honeycomb) de aluminio, por su ligereza y rigidez excelentes.

TIPOS DE SATELITES Y SERVICIOS DE COMUNICACIONES

Servicio fijo.

Los servicios que se pueden prestar con los satélites geoestacionarios de comunicaciones se dividen en dos grandes grupos : fijo y móvil. Una red de comunicaciones de servicio fijo consiste en uno o varios satélites y las estaciones terrenas que se intercomunican a través de ellos con la particularidad de que las estaciones siempre permanecen en el mismo punto geográfico donde se hayan instalado inicialmente, es decir, son fijas. Lo anterior no significa de que las estaciones no puedan tener cierta flexibilidad en su movimiento, puesto que en ciertas ocasiones se necesita reorientarlas para mejorar la calidad de recepción o para cambiar de satélite. Un caso muy particular es el de las unidades llamadas “móviles”, que consisten en un plato parabólico, el equipo electrónico necesario de transmisión y recepción, y una planta propia de energía eléctrica, montados en una camioneta o camión ; estas unidades móviles son útiles cuando se desea ofrecer un servicio temporalmente, o cubrir algún acontecimiento de corta duración, por ejemplo, la transmisión de un encuentro deportivo. De cualquier forma, una vez que las unidades móviles son trasladadas a los puntos donde van a estar transmitiendo y recibiendo, y después de que sus platos parabólicos son orientados hacia el satélite correspondiente, permanecen operando en modo fijo, por lo que también quedan incluidas dentro del servicio fijo de comunicaciones vía satélite. El servicio fijo abarca la transmisión y recepción de televisión, radio, telefonía y datos.

Servicio mòvil.

Muchos usuarios que requieren comunicarse por satèlite tienen la caracterìstica de que sus equipos no permanecen fijos, sino que se mueven o cambian de lugar constantemente, por ejemplo, en barcos, plataformas marinas, aviònnes, trenes, camiones de carga y automòviles (fig. 4.1). Las redes de comunicaciònnes que satisfacen esta demanda pertenecen a la rama del servicio mòvil via satèlite. Dependiendo del tipo de vehìculo, de sus dimensiònnes y de la cantidad y diversidad de informaciòn que transmita o reciba, requiere tener una clase diferente de antena y equipo electrònico.

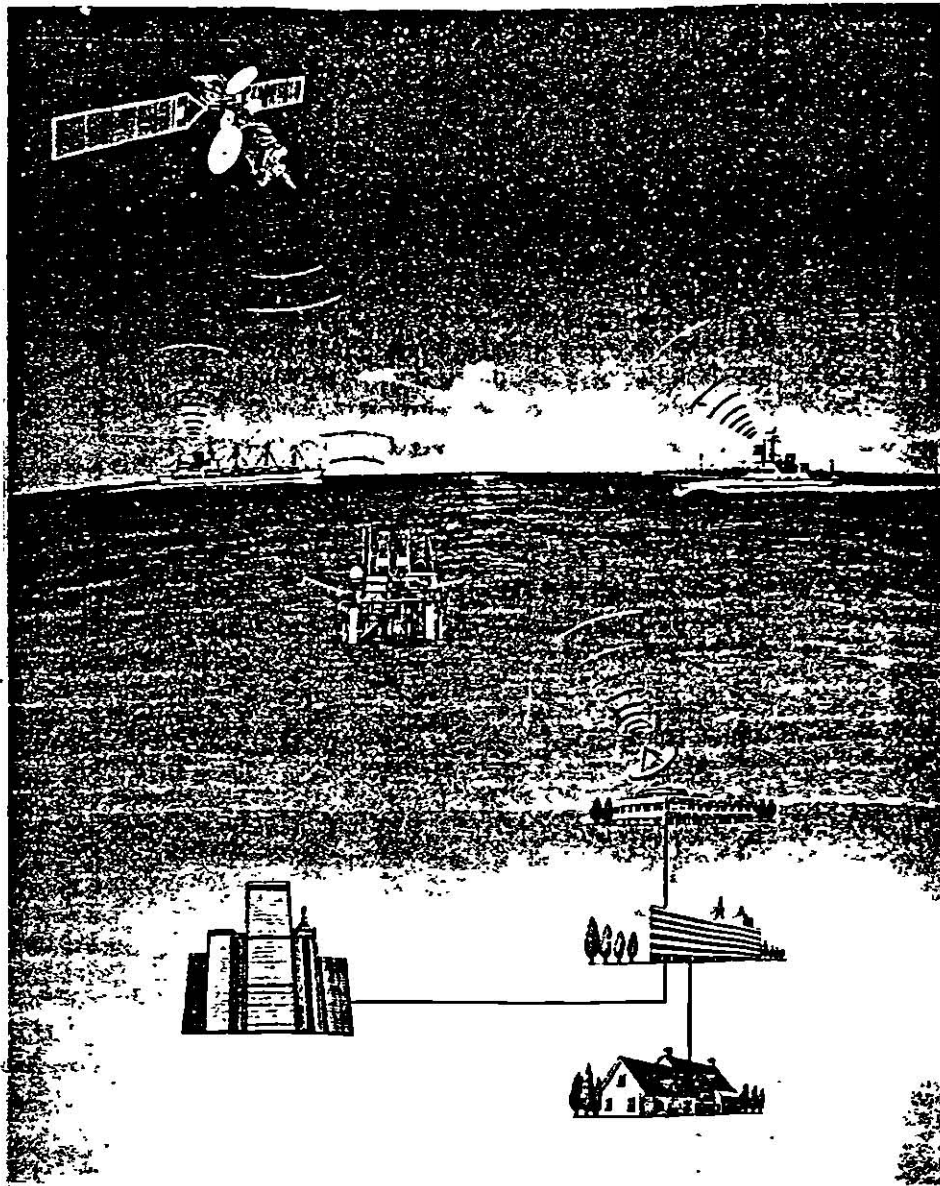


Figura 4.1 Entre otras opciones, el servicio mòvil por satèlite permite la comunicaciòn entre embarcaciones, plataformas marinas y tierra firme. (Cortesìa de Anritsu.)

Tipos de satèlites.

Algunos de ellos se utilizan para el servicio mòvil de comunicaciònnes, como los Marecs y los Intelsat V ; otros estàn dedicados al servicio fijo de comunicaciònnes, y el nùmero restante cumplen con otros propòsitos, por ejemplo, observaciones meteorològicas, vigilancia y experimentaciòn.

No todos los satèlites operan a la misma frecuencia, pero por lo que respecta a los de comunicaciones, la mayor parte funciona en las bandas C y Ku, algunos de ellos -los hìbridos- trabajan simultàneamente en ambas bandas. La tendencia actual es sustituir a los ùltimos en forma gradual por satèlites hìbridos, ya que èstos permiten duplicar el ancho de banda de transmisiòn y recepciòn, con el concecuente incremento en la cantidad de la informaciòn que se puede conducir, aunque a expensas de mayor complejidad y costo.

Algunos satèlites se utilizan solamente para transmitir televisiòn analògica, otros para telefonìa analògica o digital en su totalidad o mayor parte, y otros para el manejo exclusivo de informaciòn que contenga datos, telefonìa y video digitalizados. Sus configuraciònnes geomètricas tambièn son muy variadas ; los hay de estabilizaciòn triaxial y por giro, de potencia media o alta, de menor o mayor vida de diseño, y de coberturas geogràficas muy diversas.

DirectTV™

USA

United States Satellite Broadcasting, Inc.



TELEVISION DIGITAL

POR SATELITE

A partir de 1997, México se sumará a la aventura de la televisión digital para satélite.

Tomemos como ejemplo una transmisión vía satélite. Hasta ahora, por cada uno de los transpondedores -emisores que emplea un satélite para difundir la señal de televisión- se podía radiar un solo canal. Pero hoy la tecnología digital permite que en ese transpondedor se incluyan, convenientemente comprimidos, cuatro, cinco o incluso seis canales distintos. La televisión digital mejora la calidad de imagen, mostrando una pantalla sin interferencias, y se acompaña con un sonido de cine. Los usuarios de este nuevo sistema tendrán que incorporar, acoplada en la pared de la terraza o en la fachada de casa, una pequeñísima antena parabólica capaz de recoger las emisiones que vienen del satélite. Sin embargo ésta no es la única alternativa: la televisión digital también puede llegar por medio del cable o de antenas convencionales, del mismo modo que la televisión de toda la vida.

Podrán utilizarse los mismos aparatos receptores que hoy tenemos en el salón. Simplemente, cuando queramos abrir las puertas a la televisión digital, deberemos añadir a nuestro viejo televisor un descodificador : un aparato capaz de transformar el lenguaje digital a analógico. Se acompañará de un mando a distancia que facilitará la navegación entre los distintos canales.

Cinco años ha tardado el grupo paneuropeo **DVB** (Digital Video Broadcasting) en fijar las reglas básicas para digitalizar, comprimir y transportar la señal de la nueva televisión que sustituirá poco a poco a los sistemas analógicos de cada país -PAL, SECAM, NTSC...-. La piedra angular del método DVB está en la compresión

de datos. Para ello se ha inventado un sistema de alta tecnología llamado **MPEG-7**, capaz de comprimir toda la información necesaria fotograma a fotograma, con el consiguiente ahorro de espacio de transmisión. Entre los elementos de un fotograma y los que forman el siguiente solo hay una diferencia de un 1 por 100 : el movimiento de las cejas un actor, alguna sombra... En lugar de repetir información inútil, el **MPEG-2** acumula las partes estables del primer fotograma y solo se ocupa de transmitir los cambios que hay en el segundo, en el tercero y así sucesivamente. Con este ingenio, las interminables ristas de dibujos que componen una animación quedarían reducidas a un fondo fijo en el que solo cambiaría una sonrisa o los ojos que se cierran, un árbol que se dobla con el viento...

Una vez comprimidas, las nuevas señales de televisión digital circularán por tres medios : los satélites de comunicaciones, las redes de cable y el sistema tradicional de la televisión terrenal - ondas hertzianas- con las antenas de toda la vida.

El 20 de noviembre pasado, se anunció la alianza de News Corp., Televisa, Globo y TC12 para proveer de este servicio al país. El largo y sinuoso camino que recorren estos programas hasta nuestros televisores se puede resumir en pocas palabras.

Al salir de la emisora, la señal de la televisora digital se envía por un cable de fibra óptica hasta un gran centro de emisiones, ubicado estratégicamente para un mejor servicio. Aquí se amplifica, se transforma y se lanza al espacio a través de unas enormes antenas parabólicas orientadas hacia el satélite adecuado. Este actúa como un espejo que recibe la información -muy debilitada por el largo camino recorrido-, la amplifica y vuelve a retransmitirla hacia una región de la tierra. Para recuperar la señal de televisión desde cualquier vivienda situada en esta zona de cobertura, hay que colocar una antena parabólica. Las imágenes ya han entrado en casa y para ser vistas sólo tienen que pasar por un descodificador. Pero el mejor camino para la televisión interactiva no es el satélite, sino el

El largo viaje de las emisiones



MAJUL DE LA VIVA

Sonido envolvente con calidad digital

Canales temáticos y cine a la carta

Hasta 500 canales de televisión

Servicios interactivos

Paso a paso
Las primeras experiencias de televisión digital llegarán a nuestros hogares a través del satélite. Después de viajar por el espacio comprimidas, las ofertas de cada cadena podrán ser recibidas en casa por dos vías: unos usuarios las captarán directamente con sus antenas parabólicas; otros deberán abonarse a una red de cable que suministre la señal a un barrio o a toda una ciudad.

cable. Cuando dispongamos de un terminal de fibra óptica en nuestros domicilios, el televisor comenzará a sufrir una transformación definitiva. Llegarán los teleservicios instantáneos, Internet con velocidades de vértigo... La cuestión es que con la parabólica en casa o recibiendo televisión a través de la antena convencional, de momento, el mercado no nos ofrece soluciones prácticas para mantener una comunicación total e instantánea con las emisoras. Mientras se tejen las grandes telarañas del cable hasta los domicilios, el sufrido espectador tendrá que conformarse con usar la línea telefónica para pedir esta película o aquella retransmisión deportiva.

Respecto a las condiciones climatológicas, en algunas regiones del país donde las lluvias azotan con especial vigor, la señal puede verse interrumpida por breves periodos de tiempo ; sin embargo, ésta se reestablecerá automáticamente.

Por ahora seguirá viendo los canales actuales. Entre el año 2005 y 2010 tendrá que comprar un descodificador o un televisor digital si quiere seguir viendo televisión gratuita, ya que, entonces, todo se emitirá en formato digital.

La Historia de Direct Broadcast Satellite (DBS).

Como empezó la televisión digital por satélite:

PRIMESTAR fue formada por las Naciones y por las compañías de cable para servir al cliente en las áreas donde no es posible el cableado, así se formó al primer compañía que ofreció la programación (**DTH**) Direct to Home sin tener que comprar hardware y tener una parabólica. Esto permitió a los consumidores quienes no tenían acceso para cable a recibir varios canales analógicos sin la preocupación de mantenimiento o actualizaciones. Desde que el formato de la señal era analoga, la programación y la capacidad de los canales era limitada. En 1995, **PRIMESTAR**

Directora:
PILAR S. HOYOS
Director de Arte:
JAIME ERNESTO ESQUIVEL M.
Jefe de Redacción:
ROBERTO M. GUARNEROS
Asistente de Dirección Editorial:
CELIA ORTIZ ALVARADO
Supervisor de Producción:
DAVID GARCIA R.
Asistente de Producción:
RICARDO SANDOVAL R.
ES UNA PUBLICACION DE
EDITORIAL ERES S. A. DE C. V.

Presidente:
LAURA D. B. DE LAVIADA
Director de Producción:
ALFREDO LATOUR
Director General de Ventas de Publicidad:
MIGUEL RUIZ GALINDO
Coordinadora:
MAYTE FLORES
Ventas:
ALMA DELIA AYALA
Tel. 728-69-00 Fax: 728-69-20
Suscripciones:
VICTOR M. SALDAÑA
Tel. 561-72-33 y 230-96-28

 Circulación venta neta pagada: 185,475 ejemplares. Enero / Diciembre de 1994. Certificada por el Instituto Verificador de Medios. Registro No. 005/05 (DR) Editorial Eres, S.A de C.V. MUY INTERESANTE es una edición licenciada de MUY INTERESANTE España © 1995 Gruner + Jahr AG/G + J. España, S.A. Derechos exclusivos para México, Centroamérica y los Estados Unidos. Coordinación: José Aramburu. AÑO 14 No. 02-010297. Revista editada y publicada mensualmente por Editorial Eres, S.A. de C.V. Lucio Blanco 435. Azcapotzalco, C.P. 02400, México, D.F. Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial. Mediante convenio con Edilat S.A. Registro de Título No. 637-86 y registro de las características gráficas No. 07-87 en la Dirección General del Derecho de Autor. Certificado de licitud de título No. 5956 de 15 de mayo de 1987. Certificado de licitud de contenido No. 8546 de 15 de mayo de 1987. Expediente 1/432 "81"/2475. Publicación periódica. Permiso No.: 074-0985 Características: 228-351-212. Autorizado por SEPOMEX. Editor Responsable: José Rodolfo Tamez Martínez. Tel. 281-46-81. Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción total o parcial del material editorial publicado en este número.

MUY INTERESANTE investiga sobre la seriedad de sus anunciantes, pero no se responsabiliza de las ofertas realizadas por los mismos. MUY INTERESANTE Published monthly by Editorial Eres, S.A. de C.V. Lucio Blanco 435, Azcapotzalco. C.P. 02400, México, D.F. All rights reserved. POSTMASTER: Send address changes to MUY INTERESANTE. Subscriptions Service Department. P. O. Box 37253, Boone, Iowa 50037-0253. Distribuidor exclusivo: Distribuidora Intermex, S.A. de C.V. Lucio Blanco 435, Azcapotzalco, C.P. 02400, México, D.F. Distribución en el D.F. y Zona Metropolitana: Unión de Expendedores y Voceadores de los Periódicos de México, A.C. Barcelona 25, Col. Juárez, D.F. Tel. 591-14-00.

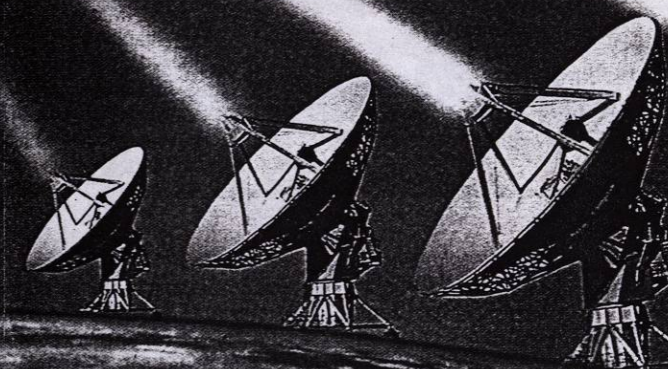
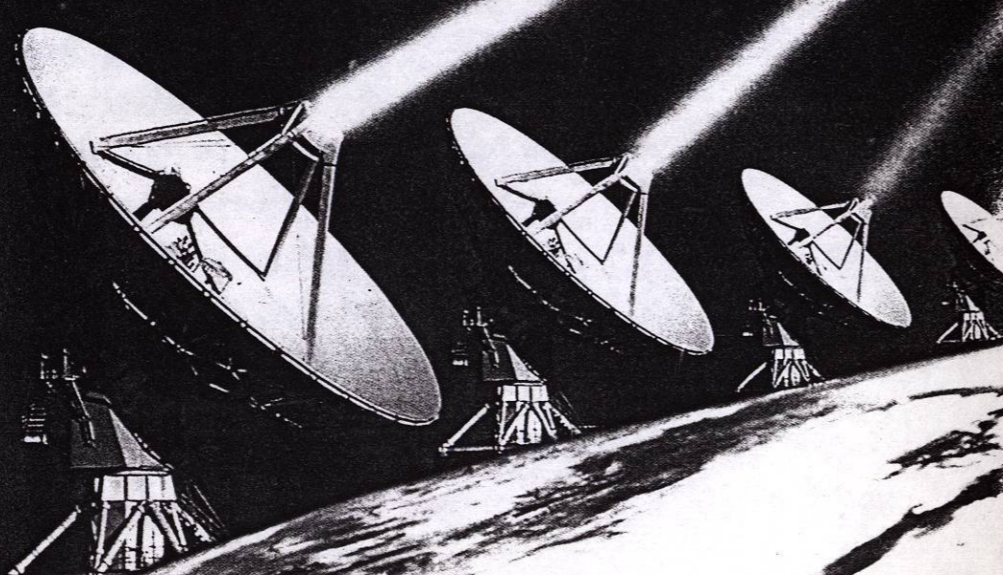
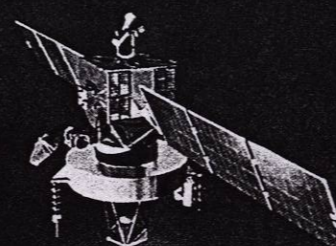
Impresa en R.R. Donelley Cochrane. Ave. Central # 235, San Juan del Río, Querétaro, México.
EXPORTADA POR EDITORIAL PALS, S.A. DE C.V.

PRINTED IN MEXICO
ISSN 0188-0659

CIENTOS DE CANALES Y ÓPTIMA CALIDAD DE IMAGEN

Ya está aquí. La tecnología ha puesto al alcance de nuestro control remoto un menú televisivo jamás pensado. ¿Qué canales veremos? ¿Quién dominará el negocio? Y, sobre todo, ¿cuánto nos va a costar?

El boom de la televisión DIGITAL



Un nuevo vecino

Todos hablan de ella, pero ¿qué es la tele digital? Le explicamos en qué consiste el invento y cómo va a cambiar nuestro tiempo libre.

PÁG. 6

Así funciona

Las nuevas imágenes, comprimidas y digitalizadas, nos llegarán por satélite, red de cable o antenas convencionales.

PÁG. 8

La TV digital en México

A nuestro país llegará vía satélite y la señal será recibida gracias a una antena especial. Las principales cadenas están ultimando sus ofertas. Éstas son las claves para saber de qué se trata el asunto y conseguir el mejor servicio.

PÁG. 11

DOCUMENTO

actualizó a señal digital la cual ofrece la habilidad de comprimir la señal hasta 7 - 1. Esto permite a **PRIMESTAR** a ofrecer mas canales en las mismas frecuencias. y al mismo tiempo ofrece mas claridad y nitidez en la pantalla y sonido.

Muy pronto **DirecTV** y **USSB** entraron al mercado ofreciendo programación de tv directamente por satélite.

THOMPSON CONSUMER ELECTRONICS/RCA firmó un contrato exclusivo con **DirecTV** y **USSB** haciendolos los unicos fabricantes permitidos a vender el hardware **DSS** para recibir señal de DirecTV por el primer año o hasta que el primer millon de unidades o equipos fueran vendidas. Después de 7 meses el primer millon fueron vendidas así permitiendo a otros fabricantes de entrar al mercado.

Sony fué el siguiente de ofrecer equipo para el mercado **DSS**. **THOMPSON CONSUMER ELECTRONICS** creó una low-end line bajo el nombre de **GE** el cual esta disponible en tiendas de mayoreo. Uniden, Hughes, Toshiba han anunciado que van a introducir sus sistemas **DSS** a mediados de 1996. Phillips fué la 11va marca de **DSS** que entró en este mercado, esto asegura que el sistema de satélite **DirecTV/USSB DSS** estará por mucho tiempo.

AlphaStar está planeando lanzarse en el verano del 96 y es comúnmente en beta testing.

Mexico se prepara para el remate de DBS.

11 de Marzo de 1997.

México, se prepara para rematar los lugares para el **DBS**, esta teniendo interés por las compañías de satélite de los Estados Unidos la busca de aumentar la capacidad de los transponders.

Las compañías estadounidenses- **EchoStar, Hughes electro-nics, Lockheed Martin, Loral y GE Americom-** están esperando asociarse con compañías Mexicanas para comprar un lugar en órbita que pueda proveer cobertura de el norte de America. El gobierno Mexicano también está esperando vender ventajas de satélites tales como el Morelos y el Solidaridad para privatizar los sistemas. Bajo protocolos hechos entre ambos países el año pasado, un tenedor de la licencia Mexicana podría emitir sin costo dentro del mercado de EE.UU.. Mexico tiene 64 transpondedores en su espectro.

Qué es el DBS?

Son los nuevos servicios de televisión los cuales están recientemente disponibles en el continente de los U.S.. Estos servicios permiten a las familias recibir programas de televisión directamente desde el satélite en una pequeña antena parabólica(18 in a 3 ft de diámetro) las cuales no son móviles pero son apuntadas a una posición en el cielo.

Las señales son digitalmente comprimidas, permitiendo que varios programas sean transmitidos desde un solo transponder, de ese modo permitiendo que más de 200 canales sean recibidos por una antena parabólica pequeña apuntando a una sola lugar en el cielo. La programación de varios servicios incluyen mejor servicio de cable, deportes, Pay Per View (PPV), servicios de audio. Estos servicios son referidos con frecuencia a los servicios Direct To Home (**DTH**) pero la terminación Direct Broadcast Satellite (**DBS**) es el más generalmente usado.

Hay comúnmente 4 servicios de **DBS** en operación con otros esperando empezar en los siguientes meses. Aunque estos servicios están más lejos en la cantidad de suscriptores que la industria de Cable de TV, los servicios de **DBS** están rápidamente añadiendo suscriptores y la industria tiene un fuerte potencial de crecimiento.

Como una prueba, muchas compañías están interesadas en entrar al negocio de **DBS**.

Què servicios de DBS están disponibles ahora ?

Hay actualmente 4 servicios operando en U.S. llamados **Primestar, DirecTV/USSB, EchoStar y AlphaStar**. Son descritos en el orden de que sus servicios empezaron:

PRIMESTAR es ofrecida por un grupo de Tv por cable Multi System Operators (**MSOs**). Primestar opera desde un satélite convencional usando un plato de 27-36 in . Primestar ha sido muy exitosa teniendo mas de 1.5 millones de suscriptores y capturando sobre el 40 % de el mercado **DBS** en los primeros 2 años de operación digital.

El segundo servicio, **DirecTV (TM)** (un subsidiario de Hughes Communications) y United States Satellite Broadcasting Company (**USSB**). Ambas operan desde un satélite especialmente diseñado High Powered DBS recibiendo con un plato de 18 in. El servicio **DirecTV/USSB** fue el primer servicio de High Powered DBS y es considerado el primer servicio DBS en U.S.

El tercer servicio es llamado **EchoStar**. Su plato de 18 in también opera desde un satélite especialmente diseñado High Powered. Empezaron en la primavera de 1996 por lo cual tienen un mercado compartido ahora, pero su servicio está probando de ser muy populares rápidamente teniendo cerca de el cuarto de millón de consumidores. **EchoStar** está sumando suscriptores al igual que los demás servicios **DBS** primeramente porque han entrado al mercado con un hardware y una programación muy barata lo cual ha probado ser muy populares por esa causa y además ha causado que otros proveedores bajen los precios de hardware y programación.

El cuarto servicio, **AlphaStar** ha empezado recientemente después de varios meses de retraso. Su número total de suscriptores esta en los 10 de 1000 la cual es pequeña en relación a los demás servicios. Usan un plato de 36 in operando de satélites convencionales. Dicen que su servicio es el único disponible para los residentes de U.S. de Alaska y Hawaii.

Qué sistema de compresión usan los servicios de DBS ?

Cada servicio de **DBS** transmite un bitstream el cual contiene el audio comprimido, video comprimido, autorización de información, información de la programación y otra información. Los decodificadores en cada casa de los suscriptores decodifican el bitstream digital convirtiendolo en video y audio el cual puede ser mostrado por una televisión convencional. Cada servicio necesita un decodificador diseñado para trabajar con su sistema.

Primestar usa un sistema de compresion de video propio desarrollado por la General Instruments llamado **DigiCipher-1** . El formato usado por todos los otros servicios esta basado en el **MPEG-2** de compresion estandard pero también usa componentes propios. Los servicios de la **EchoStar** y la **AlphaStar** usan un sistema de transmisión basado en los estandares **DVB** siendo empujado por unas compañías como un estandard de emisión mundial. **DVB** usa el estandard **MPEG-2** y también trata de estandarizar mas sistemas.

Què es lo que determina el nùmero de canales en cada transponder ?

El nùmero de canales el cual puede ser comprimido en un solo transpondedor depende de muchas cosas tal como la calidad de imagen deseada, cantidad de movimiento, grado de visibilidad y otros factores.

La programacion contiene imagenes con muchos movimientos ràpidos de objetos pequeños tal como un juego de basketball puede ser comprimido cerca de 3 o 4 en un transpondedor àntes que aparezca un artefacto digital.

La programacion contiene frecuentemente largas imagenes sin movimiento las cuales pueden ser comprimidas en un alto porcentaje, quiza de 5 o 6 a 1 transponder. Las peliculas son filmadas a 24 imagenes por segundo mas bien 30 por video asi que contienen menos material. Como resultado, un film puede ser comprimido mas, quiza 7 u 8 a 1 transponder para una calidad como un laser disc.

ALTA TECNOLOGIA DETRAS DE EMISION DE DIRECTV

El sistema **DSS** consiste en un pequeño plato de 18 in (el cual es solo una antena para recibir una señal emitida del satèlite), un receptor/decodificador digital integrado (**IRD**), el cual separa cada canal, descomprime y translada la señal digital para que una tv pueda mostrarla, y un control remoto.

La programacion de **DirectV** es distribuida por tres **high-power HS 601** satelites(**DBS-1, DBS-2, y DBS-3**) construidos por Hughes Electronics. Cada satèlite muestra 16 transponders 120-watts, banda **Ku** con **DBS-2 y DBS-3** cada uno configurado para proveer 8 transponders a 240 watts. **DBS-1** entrega mas de 60

canales de programación de DirecTV y aproximadamente 20 canales de USSB. **DBS-2** y **DBS-3** son usados exclusivamente por DirecTV para traer el servicio con mayor capacidad de lo común de aproximadamente 175 canales.

Los tres satélites están puestos en órbita geoestacionaria 22,300 millas sobre la tierra a una longitud de 101° west. Esto quiere decir que después de la instalación de el sistema **DSS**, el cual incluye la orientación a los satélites, ningún ajuste será necesario para cambiar la programación porque todo proviene del mismo satélite. El plato no tiene que rastrear al satélite así que no hay que esperar a que la imagen llegue.

Recoger el contenido de la imagen, asegura su calidad digital, y transmitir la señal hacia los satélites, **DirecTV** creó uno de los más sofisticados dentro de emisión digital en el mundo.

La programación llega de los centros de emisión de nuestros proveedores (CNN, ESPN, etc.) vía satélite, fibra óptica o una cinta especial digital. La mayoría de la programación es inmediatamente digitalizada, encriptada y enlazada a los satélites en órbita. Los satélites **DBS** retransmiten la señal de regreso hacia cada estación en tierra, en otras palabras, a cada plato receptor de **DSS**. Algunos programas deben ser grabados en una videocassetera Digital Betacam por el Broadcast Center para ser transmitida después. Antes de que cualquier programa grabado sea visto por los consumidores, técnicos usan equipo sofisticado de post-producción para ver y analizar cada grabación para asegurar la calidad de audio y video. Las cintas son cargadas en una Flexicart tape, La grabación es puesta por una señal computarizada enviada desde el sistema de emisión automatizado. El respaldo del equipo de cinta de video asegura transmisión ininterrumpida a cualquier hora.

