



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLÁN"

Racionalización de las comunicaciones vía satélite

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JOSE ANDRES DOMINGUEZ ROCHA

BAJO EL ASESORAMIENTO DEL
Ing. Luis García Gutiérrez

México, D. F.

1989



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

C O N T E N I D O

- 1 INTRODUCCION GENERAL
 - 1.1 Descripción del problema
 - 1.2 Objetivos y organización
 - 1.3 Alcances y limitaciones

- 2 ANTECEDENTES
 - 2.1 Primeros satélites artificiales
 - 2.2 Sistema de satélite aleatorio
 - 2.3 Sistema de satélite geoestacionario
 - 2.4 Satélites pasivos
 - 2.5 Satélites activos
 - 2.6 Satélites síncronos
 - 2.7 Satélites de comunicaciones
 - 2.8 Satélites INTELSAT
 - 2.9 Satélite INTELSAT IV-A

- 3 ORGANISMOS INTERNACIONALES DE COMUNICACIONES
 - 3.1 U.I.T.
 - 3.2 C.C.I.T.T
 - 3.3 C.C.I.R.
 - 3.4 I.F.R.B.
 - 3.5 INTELSAT

- 4 CONCEPTOS DE TRAFICO
 - 4.1 Conceptos y unidades de tráfico
 - 4.2 Variaciones de tráfico
 - 4.3 Unidad de intensidad de tráfico
 - 4.4 Hora pico
 - 4.5 Factor de concentración
 - 4.6 Grado de servicio
 - 4.7 Factor de carga
 - 4.8 Variación en los tiempos de ocupación
 - 4.9 Tiempo de ocupación constante
 - 4.10 Tiempo de ocupación exponencial
 - 4.11 Cálculo del número de Erlangs a partir de los minutos de conversación por día
 - 4.12 Agrupación
 - 4.13 Congestión
 - 4.14 Tipos de búsqueda
 - 4.15 Llamadas fracasadas
 - 4.16 Aplicaciones prácticas y suposiciones relativas al tráfico
 - 4.17 Fórmulas de tráfico
 - 4.17.1 Distribución binomial
 - 4.17.2 Distribución de Poisson
 - 4.17.3 Fórmula "B" de Erlang
 - 4.17.4 Fórmula "C" de Erlang

- 5 MICROONDAS
 - 5.1 Diagrama a bloques del sistema de microondas
 - 5.2 Desvanecimiento de la señal de microondas
 - 5.3 Repetidores de microondas

- 6 CONFIGURACION DE CIRCUITOS DE SATELITE
 - 6.1 Generalidades
 - 6.2 Configuración de una estación terrena
 - 6.2.1 Configuración del transmisor
 - 6.2.2 Amplificador de alta potencia
 - 6.2.3 Configuración del receptor
 - 6.3 Subsistema de antena
 - 6.4 Clasificación de antenas
 - 6.5 Sistema de control de antena
 - 6.6 Descripción de un enlace por satélite para transmisión FDM/FM para telefonía y video

- 7 SATELITES DE COMUNICACIONES
 - 7.1 Bandas de frecuencia utilizadas en las comunicaciones vía satélite
 - 7.2 Plan de frecuencias para el INTELSAT IV-A
 - 7.3 Interferencia de co-canales
 - 7.4 Interferencia de transponders adyacentes, debido a la intermodulación
 - 7.5 Retraso intrínseco de grupo, trayectoria doble y diafonía
 - 7.6 Configuración del satélite INTELSAT IV-A
 - 7.6.1 Características de los filtros del INTELSAT IV-A
 - 7.7 Parámetros de transmisión y energía efectiva isotrópicamente radiada (e.i.r.p.)
 - 7.8 Aislamiento de haces e interferencia de co-canales
 - 7.9 Emisión de RF fuera de banda de la estación terrena
 - 7.10 Retraso intrínseco de grupo y distorsión de trayectoria doble

- 8 SISTEMA SPADE
 - 8.1 Sistema DAMA
 - 8.2 Modulación y plan de frecuencias
 - 8.3 Sistema de control
 - 8.3.1 Canal de señalización común
 - 8.3.2 Modulación y plan de frecuencias
 - 8.3.3 Canal de coordinación
 - 8.3.4 Circuitos de servicio de ingeniería
 - 8.4 Canales portadores
 - 8.5 Organización funcional de las terminales SPADE
 - 8.6 Subsistema de frecuencia intermedia (IF)
 - 8.7 Subsistema de referencia piloto
 - 8.8 Unidad de tiempo y frecuencia
 - 8.9 Unidades de canal
 - 8.10 Centro de mantenimiento
 - 8.11 Función de la unión terrestre
 - 8.12 Operación funcional
 - 8.13 Unión terrestre
 - 8.13.1 Niveles de energía
 - 8.13.2 Impedancia
 - 8.13.3 Señalización de línea
 - 8.13.3.1 Código de señal
 - 8.13.4 Transmisión
 - 8.13.5 Recepción
 - 8.13.6 Condición de no operación

- 8.13.7 Registro de señal
 - 8.13.7.1 Código de señal y fin de pulsación
- 8.14 Unidad DASS
 - 8.14.1 Funciones
 - 8.14.2 Inter-unidad de señalización
 - 8.14.2.2 Canal de señalización común
 - 8.14.3 Formatos requeridos
 - 8.14.3.1 Hazes de referencia
 - 8.14.3.2 Haz de datos local
 - 8.14.4 Unidad de mensaje de haz de datos local
- 9 SISTEMA SCPC
 - 9.1 Descripción del sistema
 - 9.1.1 Organización del equipo
 - 9.1.2 Descripción funcional
 - 9.1.3 Plan de frecuencias
 - 9.1.4 Especificaciones del sistema RF
 - 9.2 Equipo común
 - 9.2.1 Subsistema IF
 - 9.2.2 Subsistema transmisor
 - 9.3 Unidad de canal
 - 9.3.1 Codec de voz PCM
 - 9.3.2 Especificaciones del decodificador
 - 9.3.3 Especificaciones del codificador
 - 9.3.4 Detector de voz
 - 9.3.4.1 Especificaciones de la entrada y el umbral
 - 9.3.4.2 Inmunidad al ruido
 - 9.3.4.3 Especificaciones de salida
- 10 MODEM PSK
 - 10.1 Modulador
 - 10.1.1 Especificaciones de entrada
 - 10.1.2 Especificaciones de salida
 - 10.2 Demodulador
 - 10.2.1 Especificaciones de la entrada
 - 10.2.2 Especificaciones del filtro
 - 10.2.3 Portadora coherente y bit de recuperación de sincronía
 - 10.2.4 Especificaciones de la salida
- 11 CODECS DE DATOS
 - 11.1 Codec sincronizador convolucional de razón 3/4
 - 11.2 Codec sincronizador convolucional de razón 2/3
 - 11.3 Algoritmos codificadores
- 12 PRESENTACION DE UN METODO ALTERNATIVO PARA PROLONGAR LA VIDA UTIL DEL INTELSAT IV-A

CONCLUSIONES

APENDICE A: Multinlexaje

APENDICE B: Abreviaturas

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 1. INTRODUCCION GENERAL

La palabra comunicación proviene del latín "communicare" (hacer común); comunicar significa compartir con otras personas nuestras -- ideas, emociones o conocimientos. La comunicación ha evolucionado -- de un simple intercambio de ideas entre 2 personas que se encuentran frente a frente, al envío de mensajes entre puntos remotos y a la recepción de mensajes por grandes masas de público, de los mensajes -- emitidos por un grupo de personas.

Entre los métodos más antiguos empleados en la transmisión de -- mensajes a grandes distancias destaca la utilización de corredores. Posteriormente, con la doma del caballo, se reemplazó al corredor -- por el jinete. La comunicación marítima se realizaba por medio de -- barcos de vela, en donde se transportaba correo y pasajeros. Entre -- tanto, hizo su aparición la diligencia.

Con la inauguración en 1844 de la línea telegráfica entre Balti-- more y Washington por Samuel F.B. Morse, se inician las comunicacio-- nes eléctricas, lográndose la transmisión de mensajes a la velocidad de la corriente eléctrica. La invención del teléfono permitió la -- transmisión de la voz; poco más tarde, con la televisión, se logra -- la transmisión combinada de imágenes visuales con sonido.

Debido a la gran acogida que recibieron estos servicios de comu-- nicaciones eléctricas, fué necesario desarrollar paralelamente a -- ellos medios para poder extender las redes de comunicación a nivel -- internacional: de este modo surgieron los cables submarinos, los sig-- temas de microondas y también, gracias a los grandes avances logra-- dos en el campo de la navegación aérea y la electrónica, los satéli-- tes de comunicación.

La idea de utilizar satélites artificiales en las comunicacio-- nes surgió en 1945 cuando Arthur C. Clarke, basándose en el hecho de que un satélite puede ser visto simultáneamente en varias partes del globo terráqueo, realizó los primeros estudios en este campo.

Debido al gran desarrollo tecnológico de los últimos años, un -- período de 30 años es más que suficiente para encontrar cambios radi-- cales. En el caso de los satélites artificiales, se pueden distin-- guir 3 períodos básicos: En el primer período, que duró aproximada-- mente 12 años, la actividad es nula, con excepción de algunas especu-- laciones surgidas en los años 1954-1955, con respecto a la utiliza-- ción de la luna como un satélite de comunicaciones pasivo.

En el segundo período, de 1957 a 1964, comienza la utilización de los satélites artificiales en las comunicaciones. Este período -- se caracteriza por una actividad intensa, llevándose a cabo gran va--

riedad de programas para el desarrollo de los satélites de comunicación tanto en E.E.U.U. como en la U.R.S.S. En estos programas existía diversidad en la forma de atacar el problema; algunos satélites eran pasivos, otros activos. También había gran variedad de órbitas y características de construcción. Todo esto ayudo, en la redefinición de ciertos problemas fundamentales con lo cual se llega a un tercer período.

El tercer período, que puede definirse como la fase operativa, se inició en 1965 con el lanzamiento del satélite INTELSAT I y con el primero de los satélites MOLNIYA. Con estos acontecimientos se inaugura la era "comercial" de los satélites de comunicaciones. En el período inicial de dicha era "comercial" los esfuerzos del mundo occidental y principalmente E.E.U.U. se enfocaron hacia la utilización de los satélites en las comunicaciones internacionales, en tanto que la U.R.S.S. enfocó sus esfuerzos a la utilización doméstica de los satélites de comunicaciones.

1.1 Descripción del problema

Hoy en día, las comunicaciones vía satélite son una realidad, tanto en el caso de las comunicaciones internacionales, para lo cual se constituyo la organización INTELSAT (International Telecommunications Satellite Consortium; Consorcio Internacional de Satélites de Comunicación), en donde se encuentran agrupados países de todo el mundo. Como en el caso de las comunicaciones internas de un país, tal es el caso de los Estados Unidos, Canada, Brasil y, más recientemente, México.

Es necesario saber ó estudiar las necesidades futuras de México en el campo de las comunicaciones internacionales y domésticas, por lo que se requiere de estudios de tráfico futuro. La base de dichos estudios son las estimaciones de tráfico telefónico, ya que lográndose una red telefónica adecuada y superponiendo ésta a todos los demás servicios (telex, transmisión de datos, T.V., facsímil, que a pesar de su importancia pueden considerarse adicionales) se logrará una red integral.

Por otra parte, debido a que la asignación de canales no es tan simple y con el objeto de proporcionar al lector el conocimiento de los elementos básicos de los sistemas utilizados, se hace una presentación extractada de los conceptos y subsistemas fundamentales de los satélites de comunicación.

1.2 Objetivos y organización de la tesis

Realizar un estudio de las necesidades de México dentro de las comunicaciones internacionales vía satélite, de la forma en que se puede lograr la satisfacción de dichas necesidades y de su mejor utilización posterior.

En la presente tesis se considera únicamente la región del Atlántico, debido a que fundamentalmente es donde se tienen las comunicaciones vía satélite a través de la estación terrena de Tulancingo, en el estado de Hidalgo. Así mismo debido a que, geográficamente, la región del Atlántico, es la más importante para México debido a que sus mercados están presentes en la región mencionada.

Paralelamente, al estudio de las necesidades de México, se introduce al lector dentro del tema de los satélites de comunicaciones de tal forma que obtenga una idea global del potencial y restricciones de este medio de comunicación, dotándolo de conocimientos básicos, pero con los cuales se encontrará en la posibilidad de recurrir a información de mayor profundidad.

En la primera parte se presenta la teoría básica de tráfico, necesaria para poder hacer las proyecciones de las necesidades de circuitos telefónicos internacionales entre México y el mundo. Posteriormente se presentan conceptos generales de los satélites de comunicaciones para luego analizar distintas formas de transmisión. Se describe al satélite INTELSAT IV-A, debido a que dicho satélite es utilizado durante el período de estudio y debido a que dicho satélite pasará a formar parte de las comunicaciones domésticas de México. Finalmente se presenta un método alternativo para poder prolongar la vida útil del satélite INTELSAT IV-A.

1.3 Alcances y limitaciones.

El estudio de las necesidades de circuitos telefónicos internacionales vía satélite de México, comprende el período 1973-1983. Debido a la constante variabilidad del tráfico, es importante tener en cuenta que las proyecciones realizadas, difícilmente se apezan a las necesidades reales de no mantenerse una revisión periódica de estas, basándose en los datos reales más recientes, ya que la desviación se incrementa, conforme mayor es el período de tiempo de estudio. Por tal motivo, las proyecciones de tráfico presentadas, mas que por los resultados obtenidos, deben tomarse como una muestra de la metodología a seguir en el cálculo de tráfico tipo telefónico.

Los satélites de comunicaciones constan de varios subsistemas, siendo el subsistema de comunicaciones el único desarrollado en la presente tesis. El estado actual de la tecnología del subsistema de comunicaciones en los satélites se presenta por medio del INTELSAT IV-A.

CAPITULO 2 ANTECEDENTES.

Desde mucho antes de iniciarse la era de las comunicaciones espaciales, los hombres habían realizado numerosos intentos por salvar las grandes distancias que mantenían aisladas a las naciones. El servicio postal tardaba 12 días de Londres a Nueva York, tiempo enorme sobre todo si se consideran los grandes avances de la actualidad.

El primer intento para solucionar este problema fué un cable transatlántico para telegrafía de 5,500 Km de largo, que duró apenas un mes debido a las fallas de construcción que presentaba. Posteriormente, en 1866, se instaló otro similar, no siendo sino hasta 1856 cuando se tendió el primer cable telefónico submarino, que si bien permitía una comunicación verbal entre América y Europa, tenía la desventaja de conectar sólo dos terminales, una en cada extremo. Pese a los múltiples canales del cable, el servicio era limitado y las tarifas elevadas, además, no se consideraba posible la televisión internacional.

2.1 Primeros satélites artificiales.

Una semana antes de la navidad de 1958, el 13 de Diciembre, se llevó a cabo el lanzamiento del precursor de los satélites de comunicaciones, el SCORE (Signal Communications by Orbiting Relay Equipment Comunicación de Señales por Orbitación del Equipo Retransmisor), a bordo de un cohete Atlas. El satélite SCORE fué un satélite de órbita baja y fueron los primeros intentos de transmisión de voces por grabaciones con frecuencias de UHF.

La era espacial se había iniciado un año antes con el lanzamiento del satélite artificial ruso SPUTNIK K, el 4 de Octubre de 1957 - pero ahora el SCORE llevaba carga útil consistente en un mensaje de felicitación de navidad previamente grabado por el presidente de los Estados Unidos, Eisenhower, que fué transmitido al mundo; además, podía recibir, grabar y retransmitir mensajes entre las estaciones instaladas por el ejército de los Estados Unidos, por medio de un transponder (retransmisor), retardador. Se había demostrado que los satélites de comunicaciones podían proporcionar transmisiones seguras de la voz alrededor del mundo.

Con el éxito obtenido, se plantearon interrogantes como: si los satélites deberían girar en torno a la tierra en número elevado, o si bastarían con unos cuantos en órbita síncrona; deberían ser satélites pasivos que sólo reflejaran las señales, o satélites activos - repetidores que recibirían la señal, la amplificarían y la retransmitieran a la tierra.

2.2 Sistema de satélites aleatorio

Este sistema consiste en el lanzamiento de muchos satélites en varias órbitas que van desde unos miles de Kms a 10 000 Kms de altura y luego se rastrea un satélite que se puede observar de dos estaciones terrenas, cambiando para tal rastreo dos antenas giratorias - consecutivamente. Este sistema implica inevitablemente la interrupción de la comunicación y el empleo de más de una antena giratoria. La interrupción depende de la cantidad de satélites.

2.3 Sistema de satélite geostacionario

Teóricamente 3 satélites adecuadamente distribuidos en una órbita síncrona cubren totalmente la superficie de la tierra. Este concepto se ilustra en la fig. 2.1. Tales satélites tienen una órbita a una altura de 22,300 millas sobre el ecuador. A esta altura el período de rotación del satélite alrededor de la tierra es exactamente 24 horas. Al seleccionar una órbita ecuatorial y un período igual al período de rotación de la tierra, el satélite permanece estacionario o relativamente fijo a la tierra. Esto hace posible una comunicación fija usando un solo equipo de antena. La única desventaja de este sistema, es el tiempo de retardo, que es de 600 milisegs. en telefonía, siendo que el retardo aceptable es de 400 milisegs. para un salto; lo anterior nos deja imposibilitados para la realización de una comunicación mundial a través de un sistema de satélites geostacionarios, pues el retardo ocasionado por dos saltos sería superior a 1 segundo, no siendo útil en telefonía.

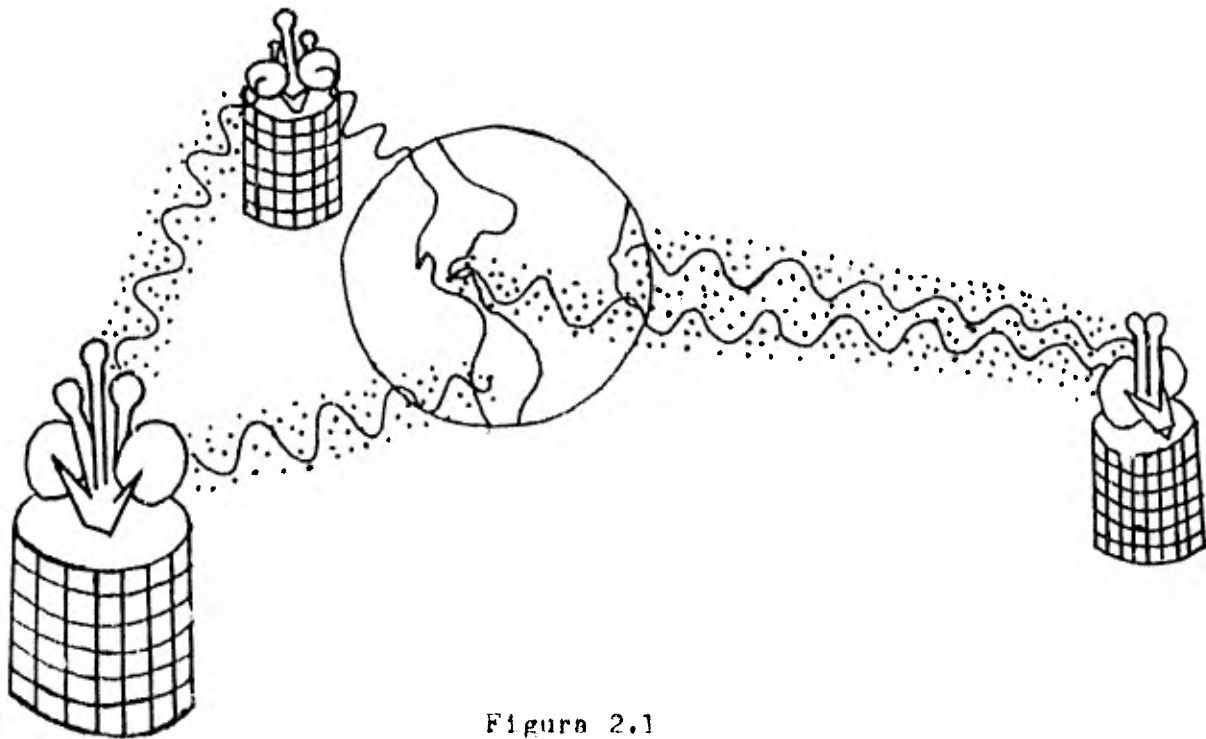


Figura 2.1

2.4 Satélites pasivos.

El primer satélite pasivo para las comunicaciones, fué lanzado en Agosto de 1960, bajo el nombre de ECHO I. Este era un satélite en forma de globo de 30 m de diámetro de hilo nylon cubierto de láminas de aluminio, en órbita circular de 1 600 Km, bajo cooperación de la NASA y laboratorios Bell. Las estaciones que lo utilizaron fueron la de Goldstone en California y la Holdel, Nueva Jersey; la primera transmitía a 2,390 MHz y la segunda a 960 MHz. Con el ECHO I se logra la primera transmisión de telefonía y de televisión, a través del sistema FM en la banda de 1 a 2.5 GHz. Este experimento fué una recepción pasiva mediante el uso de un satélite artificial que no utiliza amplificadores. Este tipo de satélites presentaba varias desventajas. Por otra parte, para disminuir las pérdidas de transmisión era necesario un globo grande colocado a baja altura y capaz de completar su órbita rápidamente. Así es que para mantener un contacto permanente entre las estaciones terrenas se debería tener un gran número de satélites. Por otra parte, las características difusas de las señales reflejadas por los satélites pasivos, hacen que la calidad de éstas sea muy pobre.

Posteriormente, se hicieron todavía algunos experimentos con este tipo de satélites, pero eran evidentes los inconvenientes que presentaban, por lo cual se prestó mayor atención a los satélites activos.

2.5 Satélites activos.

El 4 de Octubre de 1960, fué lanzado el COURIER I-B, del ejército norteamericano, llevando a bordo cuatro radiotransmisores, cuatro receptores y cinco grabadoras de cinta, pudiendo recibir y transmitir mensajes con algún retarde de tiempo. En este satélite la estación espacial graba la información recibida desde una estación terrena, utilizando grabación magnética de alta velocidad, posteriormente al acercarse a la estación terrena de destino, enviaba la información empleando la banda de 6 GHz.

Este fué el primer experimento de relevo activo aplicando un amplificador. La vida de este satélite fué de apenas 13 días, pero probó que el futuro de las telecomunicaciones por medio de satélites activos era muy halagador..

Un satélite mucho mejor que el anterior fué el TELSAT I, el cual pudo transmitir por medio de la estación de Andover, Maine, comunicaciones telefónicas, imágenes de televisión y telefotografías. Se transmitieron imágenes a la estación terrena Pleunur Bodou en Francia y a la estación terrena Goonhilly en el Reino Unido.

El TELSTAR fué el primer transmisor de televisión y telefonía múltiple por sistema FM en banda ancha (4 GHz y 6 GHz). Sin embargo se tenía la desventaja de tener un tiempo corto, ya que este satélite era de los llamados de órbita baja.

2.6 Satélites síncronos.

Un satélite síncrono fué propuesto por primera vez, por la --- Hughes Aircraft Co. en 1959. La NASA decidió patrocinar el proyecto bajo el nombre de SYNCOM en 1961. Se pensaba comenzar con satélites para investigación solamente, para posteriormente integrarse todo un sistema mundial de telecomunicaciones, basado en los satélites sín--- cronos. El primer SYNCOM fué lanzado en 1963, pero no duró mucho -- tiempo el contacto con el, por lo que fué hasta que se lanzó el SYN--- COM II cuando se pudo comprobar que se podría tener un satélite en -- órbita geosíncronica.

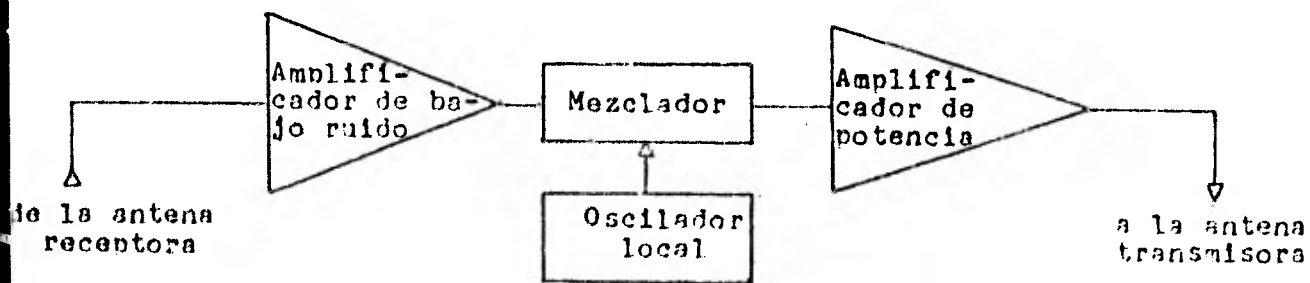
Se vió por otra parte, que tenía grandes ventajas económicas en el segmento terrestre, pues las estaciones terrenas podrían ser gran--- demente simplificadas ya que no tendrían que rastrear a un satélite móvil; siendo que los sistemas anteriores requerían cuando menos de dos antenas en cada sitio, una para seguir al primer satélite y otra para buscar al que le seguía.

En el aspecto espacial, también se tienen grandes ventajas, -- pues teniendo al satélite fijo, se logra mejorar la transmisión. -- Estos satélites podrían utilizar antenas que tuvieran un patrón de -- radiación altamente direccional, de modo que radiaran sólo hacia la porción visible del globo terraqueo y pudieran dirigir haces estre--- chos hacia puntos de denso tráfico.

2.7 Satélites de comunicaciones.

Un satélite de comunicaciones es un reetidor de radio-frecuen--- cias que recibe, amplifica, translada en frecuencia y retransmite di--- versos tipos de señales de comunicación. La información transporta--- da por las señales es variada e incluye voz, datos (tanto a baja co--- mo a alta velocidad), televisión cromática y muchas otras. Esta in--- formación generalmente se modula en portadoras utilizando ya sea mo--- dulación en frecuencia o por fase. Las portadoras pueden estar cong--- tantemente presentes y transportar varios canales telefónicos simul--- taneamente, como en un reetidor común, o pueden ser accionadas por señales de voz, como en el sistema SPAGE o también pueden estar pre--- sentes en pequeñas ráfagas como en el caso del sistema TDMA. En lo referente al sistema de antenas, este puede ser de cobertura global, hemisférica o de haz pincel. Su representación más simple en diágra--- mas de bloque es la figura 2.2.

Fig. 2.2



2.8 Satélites INTELSAT.

El exitoso desarrollo de los satélites síncronos abrió el camino hacia una nueva era en las comunicaciones internacionales. Para el establecimiento de un sistema comercial global de satélites de comunicación, fué creado COMSAT (Communication Satellite Corporation o sea, Corporación de Satélites de Comunicación), corporación que habiendo sido aprobada por el congreso en E.E.U.U. en 1962, inició sus actividades en Febrero de 1963. Posteriormente, COMSAT tomó la administración de INTELSAT, nombre adoptado para describir a los participantes en los acuerdos internacionales para el financiamiento y propiedad del segmento espacial del sistema. Así, los socios de INTELSAT son conjuntamente los dueños de los satélites del sistema mundial, en tanto que las estaciones terrenas pertenecen respectivamente a la nación en que se encuentran.

De este modo surgió el satélite INTELSAT I o "pájaro madrugador" primer satélite comercial de comunicaciones del mundo, lanzado por la NASA en Abril de 1965 y colocado en órbita síncrona sobre el Atlántico para su operación entre norte América y Europa.

El INTELSAT I fué puesto en operación comercial en Junio de 1965 contando con una capacidad de 240 canales telefónicos transatlánticos.

Este satélite utilizado también para la televisión entre los dos continentes, fué el primer satélite-eslabón de una creciente cadena mundial de satélites comerciales de comunicaciones.

Posteriormente, se fué mejorando la serie INTELSAT: entre las mejoras que se pueden mencionar está el que son capaces de concentrar energía en un par de haces y dirigirlos hacia cualquier zona elegida, dentro del hemisferio visible, proporcionando señales más fuertes y mayor capacidad de canales donde lo exija un tráfico más denso; además se puede trasladar a cualquier parte del mundo a lo largo del ecuador para servir de enlace donde el tráfico lo requiera.

La tabla 2.1, es un resumen de las características principales de los satélites INTELSAT que han sido puestos en servicio hasta la fecha.

El satélite INTELSAT IV-A tiene la innovación de que sus 12 transponders, con un ancho de banda de 36 MHz cada uno, se pueden utilizar una vez más 3 de ellos, gracias a la reutilización de la frecuencia. Dándonos de esta manera, un total de 20 transponders equivalentes.

2.9 El satélite INTELSAT IV-A.

La serie de satélites INTELSAT IV-A surge como consecuencia del rápido crecimiento del tráfico internacional en las comunicaciones de la región del océano Atlántico.

Serie	I (HS-303)	II (HS-303A)	III	IV
Diámetro (cm)	72	142	142	238
Altura (cm)	59	67	198	515
Peso en órbita	39	86	152	720
Frec. (MHz) Rx Tx	6301-6390 4161-4080	6274-6409 4058-4184	5925-6425 3700-4200	5925-6425 3700-4200
Polarización	lineal	lineal	circular	circular
Repetidor (transponder)	2 Amp.limita	2/1 Amp.lineal	2 Amp.lineal	24/12 Amp.lineal
Ancho de banda repetidor (MHz)	25	126	230	36
e.i.r.p. (dBW)	10 ó 13	14	22	22 (global) 33.7 (spot)
Antena	No direc.	No direc.	Global	Global y spot
Capacidad, ca- nal bidirec.	240 ch. ó TV 2	300 Ch. ó TV 2	1200 Ch ó TV 4	5000 Ch ó TV 12
Fte. de energ.	solar	solar	solar	solar
Vida (año)	1.5	3.5	5	7
Lanzamiento	1965	1967	1970	1972

Tabla 2.1 Cuadro comparativo de las características de los satélites de la serie de satélites INTELSAT.

Esta nueva generación de satélites conserva muchas de las características ampliamente desarrolladas en los satélites INTELSAT IV, - introduciendo por otra parte, nuevas técnicas necesarias para lograr una capacidad mayor sin que sea necesaria la utilización de un vehículo de lanzamiento diferente al Atlas-Centaur.

Entre las innovaciones desarrolladas, se encuentra la separación espacial de los haces oriental y occidental de las antenas, con el fin de lograr la reutilización de las frecuencias surgidas de los hemisferios occidental y oriental. Técnica con lo cual se logra casi doblar los 500 MHz de ancho de banda disponibles por el INTELSAT IV. Vea figuras 2.10.1 y 2.10.2.

Aún cuando conserva la estructura básica de los transponders - existen varios cambios en los subsistemas, entre los cuales se hacen la modificación necesaria para lograr un equilibrio entre la capacidad de transmisión, peso y la nueva tecnología.

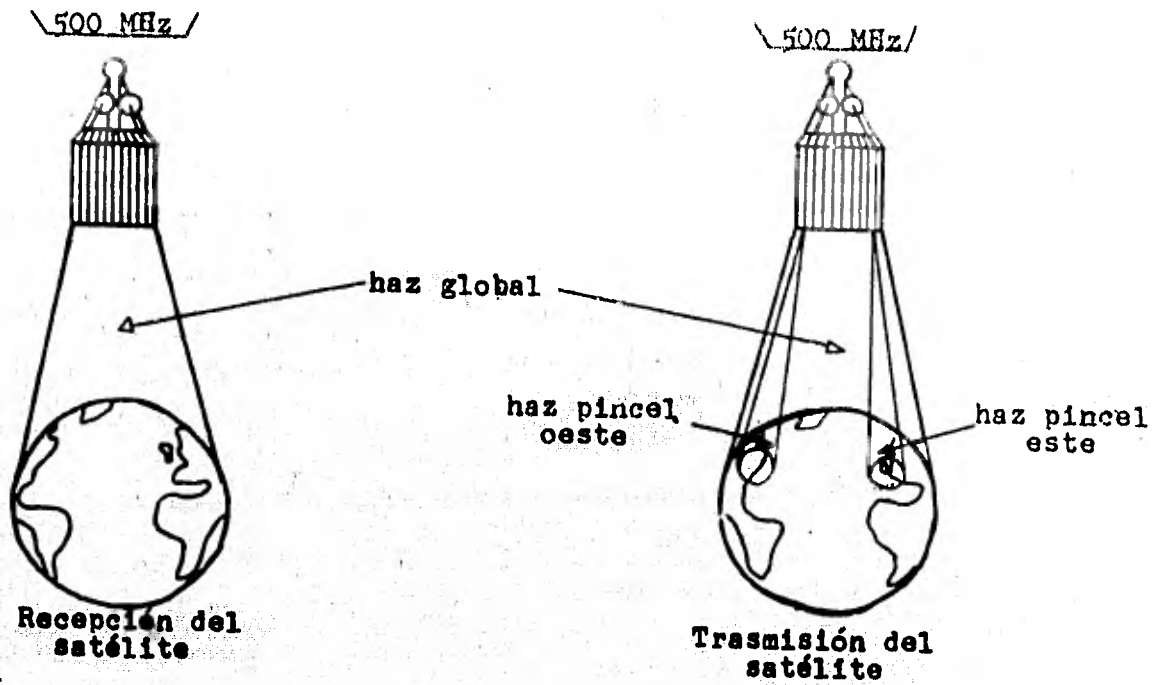


Fig. 2.10.1 Cobertura de las antenas del satélite INTELSAT IV.

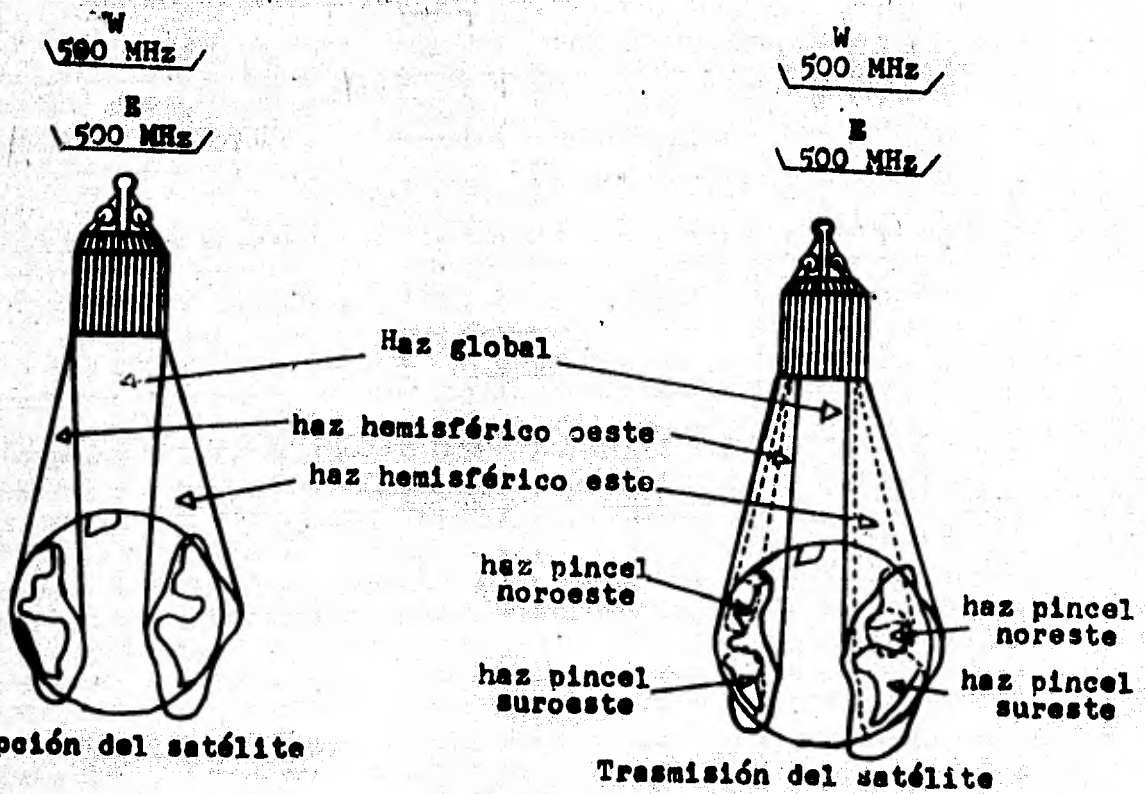
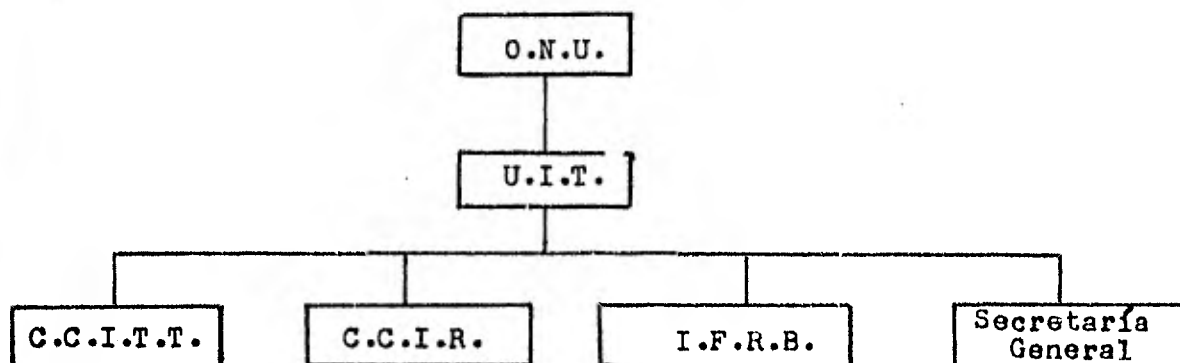


Fig.2.10.2 Cobertura de las antenas del satélite INTELSAT IV-A,

CAPITULO 3 ORGANISMOS INTERNACIONALES DE COMUNICACIONES.

3.1 U.I.T. (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas en materia de telecomunicaciones, una de sus funciones básicas es la reglamentación de las radiocomunicaciones. Fundada en París, el 17 de Mayo de 1965, actualmente tiene su sede en Ginebra, Suiza, y cuenta con 154 países miembros. La U.I.T. tiene por objeto "mantener y extender la cooperación para el mejoramiento y uso racional de las telecomunicaciones, así como promover el desarrollo de facilidades técnicas y su operación más eficiente". La estructura de la U.I.T. se da en la siguiente figura:



3.2 El C.C.I.T.T. (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía) es el comité de U.I.T. encargado de estudiar y publicar recomendaciones sobre cuestiones de operación, técnicas y de tarifas relacionadas con el campo de la telefonía, telegrafía, facsimil y transmisión de datos. Entre las cuestiones que estudia están:

- Definiciones, vocabularios y símbolos
- Señalización telefónica y telegráfica
- Protección y especificación de cubiertas de cable
- Sistemas de transmisión.

3.3. El C.C.I.R. (Comité Consultivo Internacional de Radio).- Es el comité de la U.I.T. que establece normas con carácter de recomendaciones en el área relacionada con:

- Transmisores y receptores
- Propagación
- Televisión
- Radiodifusión
- Servicios de comunicación móviles
- Vocabulario

3.4 El I.F.R.B. (Junta de Registro de Frecuencias Internacionales) es un organismo administrativo de la U.I.T. encargado de administrar lo referente a la notificación, registro y uso de frecuencias internacionales, con el fin de evitar la interferencia de los circuitos de comunicaciones de radio de los diversos países.

3.5 INTELSAT es una asociación comercial de más de 50 países - para la operación y explotación de los satélites de comunicaciones.

INTELSAT es el nombre adoptado para describir a los participantes en los acuerdos internacionales para el financiamiento y propiedad del segmento espacial del sistema. Así, los socios de INTELSAT son conjuntamente los dueños de los satélites del sistema mundial, - en tanto que las estaciones terrenas pertenecen respectivamente a la nación en que se encuentran.

CAPITULO 4 CONCEPTOS DE TRAFICO

Debido a que los sistemas modernos de comunicaciones permiten establecer un enlace entre dos abonados distantes en pocos minutos y a que el comercio mundial se ha intensificado a causa de los beneficios que ofrecen estos sistemas, la intensidad de tráfico se ha venido incrementando considerablemente, haciendo con esto que las necesidades de comunicación entre los países aumente. Para satisfacer estas necesidades es conveniente hacer un estudio detallado del tráfico en los países donde la intensidad de tráfico es elevada, para que por medio de dicho estudio poder obtener los datos suficientes que permitan calcular el número de circuitos necesarios para satisfacer la demanda.

En el estudio de tráfico se deben tomar en cuenta las variaciones del tráfico durante el día, así como la hora en que el tráfico se intensifica debido a las actividades del comercio, considerando el factor de concentración y tomando en cuenta el tiempo medio de conversación, el tiempo que tarda un abonado en comunicarse con otro. Se debe también tener presente que hay ocasiones en las cuales el enlace entre un abonado y otro no se lleva a cabo.

A continuación se presentan las definiciones de los conceptos fundamentales de tráfico.

4.1 Conceptos y unidades de tráfico

En la teoría de tráfico telefónico se utilizan varios términos de los cuales es necesario conocer su significado exacto, para poder comprender perfectamente los problemas relacionados con el tema. A continuación se definen los términos más usuales:

A) Llamada: El término llamada significa cada intento hecho por el abonado para obtener una conexión. El inicio de la llamada se efectúa cuando el abonado descuelga su teléfono. Una llamada está caracterizada por el hecho de que se enlazan todos o parte de los circuitos que se emplean para establecer una comunicación.

B) Intensidad de llamadas ó flujo de tráfico: Se define como el número de llamadas que se originan durante la unidad de tiempo. Generalmente se emplea una hora como la unidad de tiempo y en la práctica dicha hora es precisamente la que se denomina hora pico u hora de máximo tráfico.

En este caso la unidad de intensidad de llamadas estará representada por las siglas "LHMT" (llamada en la hora de máximo tráfico)

C) Relación de llamadas: Se utiliza este término para describir el número de llamadas que efectúa cada abonado, es decir, el número de

llamadas originadas por cada línea de abonado durante la hora pico.

D) Tiempo de ocupación: Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el suscriptor levanta su teléfono hasta que la conexión se libera. Este tiempo de ocupación comprende por lo tanto:

1) Tiempo de conexión, es decir, el tiempo que transcurre desde el momento que levanta su teléfono hasta que queda conectado con el abonado deseado.

2) Período de llamada, que es el tiempo que tarda en contestar el abonado llamado.

3) Tiempo de conversación, que es el período durante el cual se efectúa la conversación activa.

4) Tiempo de liberación de los circuitos de conexión.

E) Cantidad de tráfico. En los sistemas telefónicos, se define la cantidad de tráfico en una central, como la duración total de todas las llamadas que fluyen por ella. Esto es, la cantidad de tráfico es el producto del número de llamadas por el valor medio de la duración de ellas.

F) Intensidad de tráfico. El hecho de hablar de una cantidad de tráfico tiene muy poca importancia cuando no se toma en cuenta el tiempo durante el cual se tiene dicha cantidad de tráfico.

La cantidad de tráfico canalizado por unidad de tiempo, generalmente una hora, se llama intensidad de tráfico.

G) Tipos de tráfico. Se pueden distinguir entre los siguientes tipos de tráfico:

1) Tráfico cursado. Es aquel que se incluye en el sistema telefónico. Este se puede dividir en tráfico de conversación y en tráfico que no conduce a conversaciones pero que carga al sistema tanto como el primero.

2) Tráfico ofrecido. Es el tráfico que está ofrecido en las entradas del sistema telefónico. Contiene intentos tanto fracasados como logrados.

3) Intensidad de tráfico. Es la medida usada para la descripción del tráfico ofrecido.

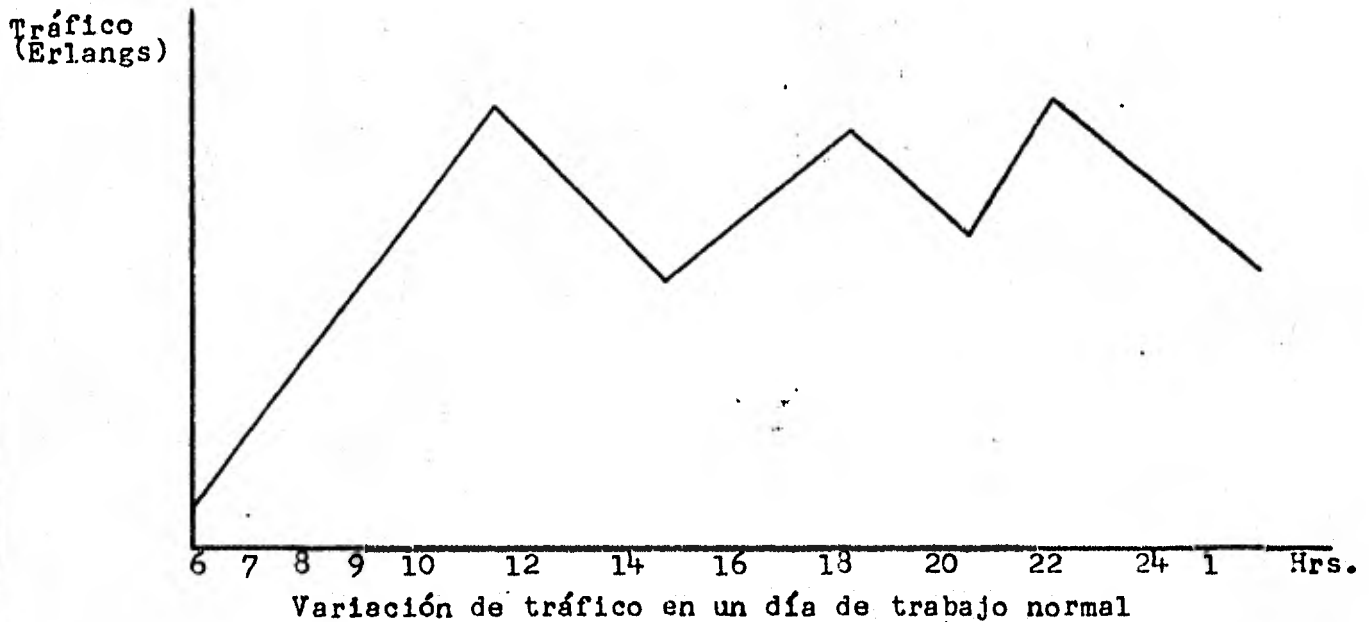
Los tres conceptos se expresan en Erlangs. Los conceptos 1 y 2 están relacionados con datos reales, en tanto que el 3 es un concepto teórico.

Un posible 4to. concepto es el potencial de tráfico, que es el tráfico que se debería ofrecer si no existieran restricciones tales como la congestión y las tarifas telefónicas.

4.2 Variaciones de tráfico.

El tráfico en las comunicaciones eléctricas, es iniciado por un grupo de individuos: los subscriptores al sistema. Estos utilizan el sistema de comunicaciones en una forma independiente, aún cuando existe cierta similitud en los hábitos. De esta manera, se ha encontrado de las observaciones del tráfico, que dichas variaciones son parcialmente aleatorias y de naturaleza periódica.

La intensidad de tráfico durante un día de trabajo normal tiene aproximadamente la forma mostrada en la siguiente figura:

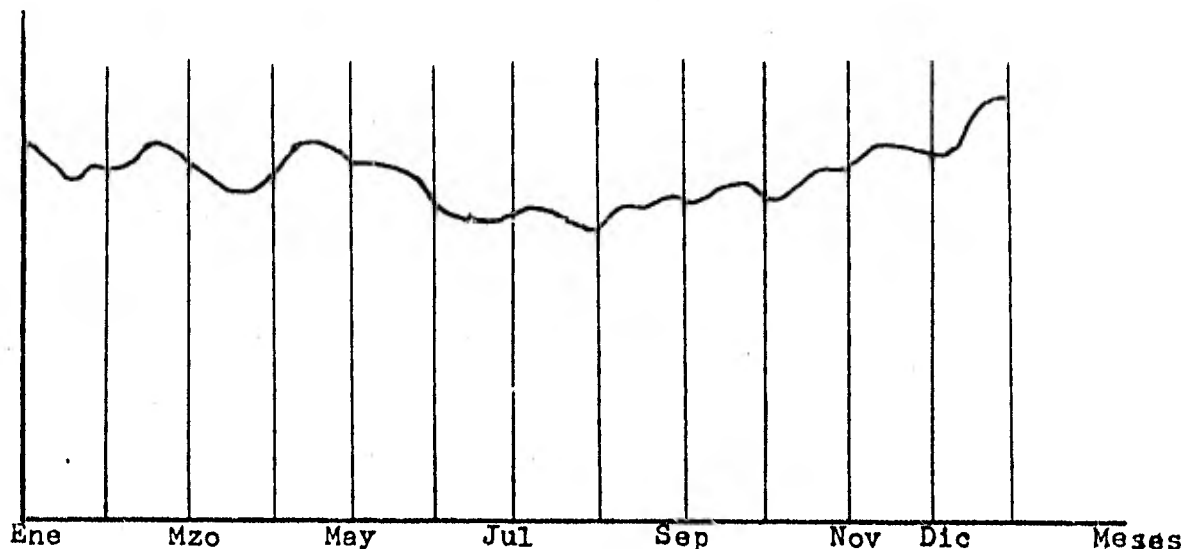


Existen tres picos, uno en la mañana, uno en la tarde y otro por la noche. Dichos picos, de acuerdo a las observaciones realizadas en las comunicaciones internacionales, son de magnitud similar debido a que dichas comunicaciones se realizan dentro de una gran diversidad de husos horarios.

Además de las variaciones durante un día, existen variaciones semanales que normalmente dependen de las actividades económicas, y variaciones anuales, ya que no tiene un tráfico constante durante el año, sino que hay variaciones de temporada. Durante ciertas épocas del año existe tráfico intenso y durante otras tráfico bajo. Frecuentemente se registra tráfico intenso antes de los días festivos principales como por ejemplo: Navidad, Año Nuevo, y Semana Santa; tráfico bajo después de los mismos. (Fig. 4.2).

La técnica de canalización de las llamadas telefónicas, se basa en un grado de servicio normalizado que se obtiene durante la hora pico. Sin embargo, en días festivos o en casos inesperados debido a eventos especiales que tienen lugar en la comunidad ó en el país, ya

co
ngs)



sean de caracter comercial, politico o deportivo, el tráfico excede de una manera considerable al previsto. Lo cual ocasiona grandes cargas en los sistemas telefónicos debido a que la magnitud del tráfico excede en una manera considerable al previsto. Lo cual ocasiona grandes cargas en los sistemas telefónicos, debido a que la magnitud del tráfico generado en tales casos es impredecible, además resultaría prohibitivo abastecer equipo para tales eventualidades.

4.3 Unidad de intensidad de tráfico

El número de Erlangs por central es el valor promedio del número de las ocupaciones simultáneas durante un período de tiempo definido. Por lo que, el tener un Erlang significa que en promedio se lleva a cabo una conversación durante el período de tiempo.

El número de Erlangs se calcula muchas veces según la fórmula:

$$A = y + s$$

donde:

- A = Número de Erlangs
- y = Intensidad de llamadas
- s = Promedio de duración de las ocupaciones, expresado en la misma unidad de tiempo.

Una forma alternativa para el cálculo del número de Erlangs, es por medio de la fórmula:

$$A = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i$$

donde:

- A = Número de Erlangs
- T = Período de tiempo
- n = Número de ocupaciones ocurridas en el período de tiempo T
- t_i = Tiempo de ocupación de una llamada.

Por definición la sumatoria del tiempo de ocupación de las n ocupaciones ocurridas en un período de tiempo determinado es igual al número de Erlangs.

En la actualidad, se cuenta con contadores automáticos con los cuales se ha simplificado el cálculo del número de veces determinado durante una hora, de acuerdo a la fidelidad deseada, y registrando el número de veces que dicho circuito estaba ocupado, por lo cual la obtención del número de Erlangs se reduce a:

$$A = \frac{m}{n}$$

donde:

- m = No. de veces que se encontró ocupado el circuito
- n = No. de muestras en una hora.

4.4 Hora pico.

Los 60 minutos durante el día, en los cuales el tráfico es más intenso se denominan "hora pico" u hora de tráfico intenso. El período en el cual aparece la hora pico, depende del área en que esté situada la central, pudiendo ser comercial o residencial. El cálculo de circuitos se realiza generalmente en base a la intensidad de tráfico durante dicha hora.

La hora pico, sin embargo, también está sujeta a variaciones, - por ello se establecen ciertas normas en la observación del tráfico:

- Existen variaciones por temporada, que coinciden con las variaciones en las actividades de la comunidad
- Existen variaciones semanales que principalmente se deben a las actividades económicas.
- Por último, el tráfico tiene la tendencia a aumentar con el tiempo lo cual también es consecuencia de las actividades de la población.

Con el objeto de obtener una medida adecuada para el tráfico en la hora pico, sabiendo de antemano la existencia de las variaciones mencionadas en los párrafos anteriores, se pueden realizar lecturas con mayor o menor frecuencia dependiendo de la importancia del estudio para el cual se realicen tales lecturas.

Para proyectos a largo plazo y en sistemas en los cuales no se cuentan todavía con aparatos de medición automática, se utilizan los valores de tráfico en la hora pico observados durante varios años en el mismo período cada año.

Con el desarrollo de los sistemas automáticos, existe la posibilidad de obtener una lectura continua del flujo de tráfico de cada día durante todo el año. De esta manera, la hora pico puede caracterizarse por un histograma completo o por algunos puntos del histograma, dependiendo de la exactitud deseada.

Conviene enfatizar aquí, que en los sistemas que se emplea un equipo completo y costoso es particularmente importante tomar lecturas frecuentes del tráfico para lograr resultados que sean reflejo de la realidad.

4.5 Factor de concentración

En los equipos telefónicos automáticos, los datos sobre tráfico generalmente están referidos al tiempo promedio de ocupación por equipo y al número promedio de las llamadas por abonado en la hora pico. Por lo tanto, también se puede obtener la intensidad de tráfico del producto del número de llamadas por abonado, el número de abq dos y el tiempo promedio de ocupación del equipo en horas.

Algunas veces no sólo se toma el tiempo promedio de ocupación de el equipo sino también el número de llamadas por abonado y por día. Además de conocer el tráfico diario, es necesario dejar establecida la proporción del flujo diario de tráfico en la hora de mayor tráfico.

La proporción de tráfico por día que cae dentro de la hora pico se le denomina "factor de concentración". Para el caso de las comunicaciones internacionales vía satélite, se ha observado que el factor de concentración es del orden del 3%

4.6 Grado de servicio (E).

Uno factor de interés en la determinación del número de circuitos es el grado de servicio, el cual, en cualquier punto específico de el sistema, se determina por la probabilidad de que no se pueda establecer una conexión. El grado de servicio se considera alto si la probabilidad de falla (la pérdida) es baja y viceversa.

El grado de servicio global se determina por la probabilidad de que falle el establecimiento de una conexión entre el subscriptor que llama y el llamado. El grado de servicio global se compone de los grados de servicio individuales en las diferentes partes de los equipos de conmutación. La pérdida total es aproximadamente igual a la suma de las pérdidas individuales en las sucesivas etapas de conexión. Esta aproximación es suficientemente exacta para los fines prácticos siempre y cuando las pérdidas no sean demasiado altas.

El número de circuitos y las cantidades de equipo de conmutación se deben calcular según el grado de servicio global requerido para las diferentes llamadas durante la hora pico. La distribución óptima de la pérdida total entre las diferentes partes en las sucesivas etapas de conmutación es aquella que permite la mayor pérdida a las secciones que tienen un mayor costo anual. Como el costo de los circuitos troncales será generalmente mayor que el de las etapas de selección en las centrales, es más económico tolerar un grado de servicio más bajo (o sea una pérdida mayor) en el primer grupo.

De acuerdo con esta regla orientativa, las diferentes etapas de conmutación generalmente se calculan con un grado de servicio de 0.001 a 0.01, mientras que las troncales se determinan con un grado de servicio de 0.005 a 0.05. En el cálculo de circuitos internacionales se considera un grado de servicio $E = 0.01$.

El grado de servicio más bajo tendrá siempre lugar en la hora

pero así que en la mayoría de los casos el grado de servicio real -- será mejor.

4.7 Factor de carga

El tiempo empleado en una llamada se puede dividir en dos partes: Tiempo de operación, que es el tiempo necesario para que se establezca la comunicación entre abonados y el tiempo de conversación. Por lo general, en las administraciones telefónicas se tiene lectura del tiempo de conversación, el que sólo es una parte del tiempo total en el cual estuvo ocupado el circuito. Para poder calcular la intensidad de tráfico es necesario conocer el tiempo total de ocupación, es por ello que se establece el concepto de factor de carga:

$$T_o = (Fca) (Tco)$$

donde:

T_o = Tiempo total de ocupación
 Fca = Factor de carga
 Tco = Tiempo de conversación

Se ha observado que para las comunicaciones internacionales vía satélite dicho factor de carga es del orden de 2.7.

4.8 Variación en los tiempos de ocupación

El tiempo de ocupación varía desde una fracción de segundos para ciertas partes del equipo (por ejemplo, en marcadores de disco) - hasta varios minutos para circuitos de voz. Teóricamente no sólo interesa el tiempo promedio que se requiere para servir una demanda, sino que también es muy importante la variación de los tiempos alrededor del promedio. Es decir, interesa conocer la distribución de los tiempos de ocupación ya que para un cierto número de problemas - las distribuciones de los tiempos de ocupación alrededor de su promedio es muy importante. Por ejemplo, en cuanto a la probabilidad de bloqueo se refiere, parece que interesa muy poco que se de una distribución exponencial. Sin embargo, cuando se estudia probabilidad de retraso, la naturaleza de la distribución del tiempo de ocupación es de importancia.

Se consideran estos dos tiempos de distribución de tiempos de ocupación en las presentes teorías de tráfico.

4.9 Tiempo de ocupación constante.

Se considera tiempo de ocupación constante cuando prácticamente todas las llamadas tienen la misma duración.

4.10 Tiempo de ocupación exponencial.

En 1909, con distribución exponencial de tiempos de ocupación - Erlang llegó a la conclusión de que si el tiempo promedio de ocupación es s , la probabilidad de que una llamada tenga un tiempo de ocu-

probabilidad mayor que t es:

$$P(\geq t) = e^{-t/s}$$

donde:

- s = tiempo promedio de duración de las llamadas.
- t = cualquier período de tiempo escogido.

En general $e^{-t/s}$, representa la cantidad de llamadas con un tiempo de duración mayor que t minutos, si s se mide también en minutos.

4.11 Cálculo del número de Erlangs a partir de los minutos de conversación por día

Teniendo en cuenta los conceptos expuestos anteriormente, se puede calcular el número de Erlangs a partir de los minutos de conversación por día como:

$$A = \frac{(\text{min}) (Fco) (Fca) (2)}{60}$$

donde:

- min = minutos de conversación por día
- Fco = factor de concentración
- Fca = factor de carga

Se multiplica por 2 ya que se calcula para un circuito bidireccional, con conversación en ambos sentidos.

4.12 Agrupación

Un sistema telefónico está compuesto de un número de etapas de selección sucesivas. La entrada a una etapa es generalmente la salida del selector en la etapa precedente. Las consideraciones de la condición del tráfico se limita generalmente a una etapa de selección o a una unidad de selección a la vez.

Existen 3 formas de agrupación para los selectores de una etapa de selección:

- 1) Grupos de accesibilidad completa, en donde cada entrada alcanza a cada salida.
- 2) Graduación, en donde las entradas tienen acceso solamente a una cantidad limitada de salidas.
- 3) Sistema de Eslabón; se caracteriza por el hecho de que la conexión entre entradas y salidas se realiza pasando por una o varias etapas de eslabón.

Las 3 formas de agrupación ocurren tanto en un sistema de llamada perdida como en uno de espera.

4.13 Congestión

Debido a restricciones económicas, el número de dispositivos para tener conversaciones simultáneas siempre es limitado. De acuerdo

a este modo, en ocasiones ciertas llamadas no pueden ser cursadas debido a la falta de circuitos libres. Este fenómeno se conoce como congestión. Existen dos tipos de congestión:

Congestión de tiempo, es la proporción del tiempo total durante el cual todos los circuitos de conmutación o todas las posibles trayectorias se encuentran ocupadas.

Congestión de llamada, es la proporción del número total de llamadas que encuentran todos los dispositivos de conmutación ocupados.

La congestión de tiempo está afectada en menor proporción por las diversas actitudes de los subscriptores cuando encuentran congestión, lo cual depende del temperamento. El número de circuitos en un sistema telefónico se escoge de tal manera que durante el tiempo de tráfico intenso, existirá en cierto riesgo de que todos los circuitos estén ocupados. Las llamadas ocurridas en ese tiempo no podrán ser enrutadas inmediatamente. En un sistema de llamada perdida las llamadas son rechazadas y el abonado tiene que hacer un nuevo intento para lograr la comunicación. En un sistema de espera, a las llamadas que no pueden enrutarse inmediatamente, se les permite esperar de tal manera que sean enrutadas tan pronto como un circuito quede libre.

4.14 Tipos de búsqueda

Existen 2 tipos de búsqueda principales:

- 1) Búsqueda secuencial, en la cual la búsqueda de una salida libre siempre empieza en la misma posición, tomándose la primera libre.
- 2) Búsqueda al azar, en donde cada salida libre tiene la misma posibilidad de ser tomada.

4.15 Llamadas fracasadas.

En los párrafos anteriores se ha establecido la diferencia entre los sistemas de llamada perdida y los sistemas de espera, de acuerdo a si el abonado que llama y encuentra congestión deba hacer un nuevo intento o puede esperar para que su llamada sea enrutada.

Tanto las 3 formas de agrupamiento como los 2 tipos de búsqueda pueden ocurrir ya sea en el sistema de llamada perdida o en el de espera. Además, un sistema telefónico puede considerarse sistema de llamada perdida o de espera, para algunos tipos de selección. Así, por ejemplo, un sistema telefónico puede ser un sistema de llamada perdida con respecto a los conmutadores y troncales, pero un sistema de espera con respecto a la conexión de los marcadores.

En un sistema de espera, a una llamada que encuentra congestión se le permite esperar. De acuerdo al modo como se maneja la cola de llamadas que espera, esto es, a la disciplina de cola, se puede realizar la siguiente clasificación:

- 1) Cola ordenada (lo. en llegar - lo. en servir)
- 2) Cola al azar

3) Cola preferente.

En una cola ordenada, las llamadas se manejan de acuerdo al orden de llegada. En una cola al azar, una llamada que espera se selecciona al azar de entre las que esperan. En la cola preferente, cada llamada que espera se dice que tiene cierta prioridad, la que determina el orden en cual serán servidas.

La disciplina de cola es generalmente un resultado de las facilidades técnicas para almacenar y clasificar las llamadas que esperan.

4.16 Aplicaciones prácticas y suposiciones relativas al tráfico.

Con el fin de que los cálculos realizados sean un reflejo de la realidad, existen por lo menos en principio, ciertas posibilidades de variar las suposiciones relativas al tráfico telefónico, las cuales son aplicables a:

- 1) Las fuentes de tráfico
- 2) La distribución de los tiempos de ocupación
- 3) Las llamadas congestionadas.

En lo que respecta a las fuentes de tráfico, existen las siguientes posibilidades:

- 1.1) Un número infinito de fuentes de tráfico (fuentes sencillas, -- que sólo pueden suministrar una llamada a la vez), que conjuntamente generan una intensidad de llamada finita.
- 1.2) Un número finito de fuentes de tráfico, en donde cada fuente sencilla tiene:
 - 1.2.1 La misma intensidad de llamada
 - 1.2.2 Una intensidad de llamada individual.

Como se expuso anteriormente la distribución de los tiempos de ocupación puede ser:

- 1) Constante
- 2) Exponencial.

Finalmente, en lo que respecta a las llamadas congestionadas, se pueden hacer las siguientes suposiciones:

Para un sistema de llamada perdida

- 1) Llamadas que encuentran congestión no causan aumento de intensidad de llamada
- 2) Llamadas que encuentran congestión, causan con cierta probabilidad nuevos intentos

Para un sistema de espera

- 1) Las llamadas congestionadas pueden dejar de esperar con cierta probabilidad.
- 2) Las llamadas congestionadas esperan hasta ser servidas.
- 3) Las llamadas congestionadas esperan a lo más cierto tiempo dado.

4,17 Fórmulas de tráfico.

Existen diferentes fórmulas empleadas en la solución de problemas de tráfico telefónico, cada una de ellas se ha desarrollado para su aplicación en diferentes situaciones, de acuerdo a las consideraciones hechas para los cálculos.

Dentro de las fórmulas más simples para la solución del tráfico telefónico, se encuentran las distribuciones Binomial y de Poisson, las cuales suponen tiempos de ocupación constantes.

4.17.1 Distribución Binomial

Si p es la probabilidad de que un evento ocurra en un intento, esto es, la probabilidad de éxito, y $q = 1-p$, es la probabilidad de que un evento no ocurra en un intento, probabilidad de falla. Entonces, la probabilidad de que ocurra el evento exactamente x veces en n intentos, o sea, x éxitos y $n-x$ fracasos, está dada por:

$$p(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}$$

donde:

$$\binom{n}{x} = {}_n C_x = \frac{n!}{(n-x)! x!}$$

A la distribución de probabilidad discreta de la ecuación anterior se le llama distribución binomial debido a que para $x = 0, 1, 2, \dots$ corresponde a términos sucesivos en la expansión binomial:

$$(p+q)^n = p^n + \binom{n}{1} p^{n-1} q + \binom{n}{2} p^{n-2} q^2 + \dots + q^n$$

donde los términos:

$$1, \binom{n}{1}, \binom{n}{2}, \dots$$

son llamados coeficientes binomiales.

4.17.2 Distribución de Poisson.

$$p(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

donde:

$$x = 0, 1, 2, \dots$$

$$e = 2.71828\dots$$

$$\lambda = \text{media de la distribución de Poisson.}$$

La ecuación anterior recibe el nombre de distribución de Poisson en honor de S.D. Poisson, quien la desarrolló a principios del siglo XIX.

Aunque la distribución de Poisson se define sobre un espacio de muestras infinito, $\lambda = np$, da una buena aproximación cuando n es grande y p pequeña. Una regla aceptable para usar Poisson para aproximar la binomial es:

$$np > 10 \text{ cuando } p \leq 0.10$$

4.17.3 Fórmula "B" de Erlang

$$E = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{n=0}^n \frac{A^n}{n!}}$$

donde:

- E = grado de servicio
- A = número de Erlangs
- n = número de circuitos

La ecuación anterior es la llamada fórmula "B" de Erlang. Se utiliza para sistemas de llamada perdida y en grupos de accesibilidad completa. Debido a que es independiente del tiempo de duración de las conversaciones, puede ser aplicada tanto para llamadas de igual o de variable duración.

Esta fórmula es una de las más versátiles dentro del campo de la teoría de tráfico telefónico. El cálculo de circuitos telefónicos internacionales vía satélite se realiza en base a esta fórmula.

4.17.4 Fórmula "C" de Erlang

$$D = \frac{\frac{A^n}{n!} \times \frac{n}{n-A}}{\sum_{p=0}^{n-1} \frac{A^p}{p!} + \frac{A^n}{n!} \times \frac{n}{n-A}}$$

donde:

- D = proporción de tiempo con todos los circuitos ocupados ó probabilidad de retraso
- A = número de Erlangs
- n = número de circuitos

La segunda fórmula de Erlang, llamada fórmula "C", se utiliza en sistemas de espera de distribución aleatoria de las llamadas y tiempo de ocupación variable.

CAPITULO 5 MICROONDAS.

Las microondas constituyen un sistema de radio-enlace que trabaja en la banda de SHF. Dado que las características de las ondas de UHF y SHF son muy parecidas, a veces el término de microondas se aplica a las ondas de estas dos bandas de frecuencia.

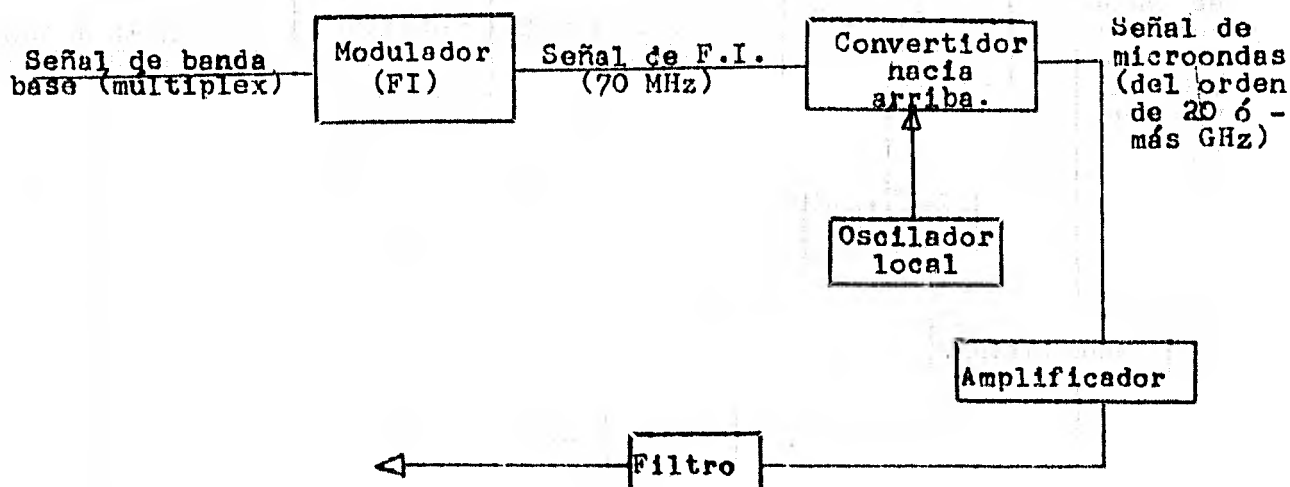
Los sistemas de microondas se caracterizan por:

- La señal sigue un línea recta o línea de vista.
- La propagación de la señal es afectada por la atenuación en el espacio libre y la precipitación.
- El uso de la modulación en ángulo FM ó PM.

Las señales de microondas son muy similares a la luz ya que ambas ondas electromagnéticas, ambas sufren refracciones cuando atraviesan medios de densidad diferentes. Como la luz se dispersa en superficies irregulares, también las microondas sufren reflexiones irregulares por las irregularidades de la superficie terrestre como son los árboles, colinas, masas de aire y las mareas.

5.1 Diagrama a bloques del sistema de microondas.

Para transmitir una señal de voz o datos por microondas, esta señal pasa primero por todos los pasos de modulación en amplitud que involucra el proceso de multiplexaje. La señal multiplex conteniendo cientos de señales de voz, datos y telgrafía, telex, etc., llamada señal de banda base, pasa al equipo transmisor, cuyo diagrama a bloques se muestra en la siguiente figura:

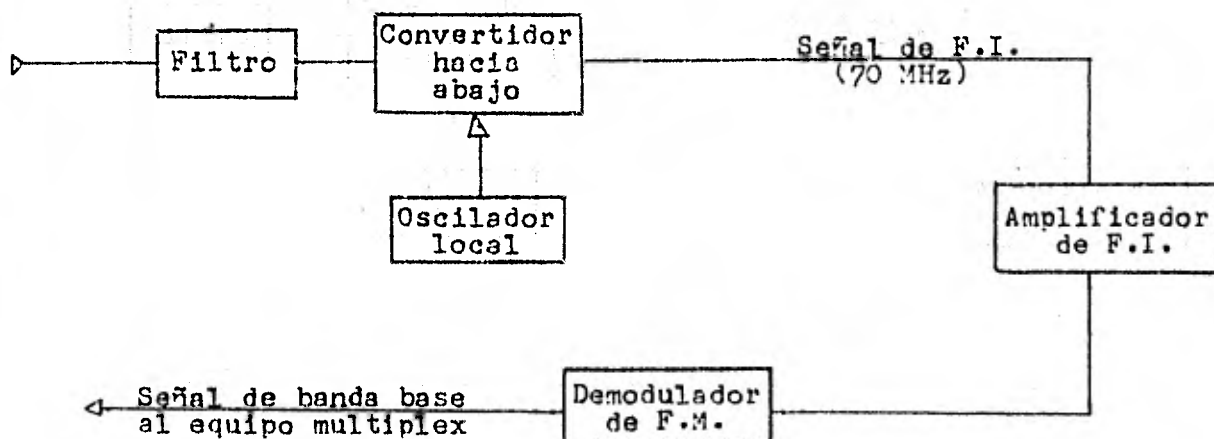


El modulador da la salida a una señal de 70 MHz llamada de frecuencia intermedia (FI), modulada en frecuencia o en fase por la señal de banda base.

El convertidor es básicamente un mezclador que utiliza una señal portadora de radio-frecuencia para trasladar la señal de FI a la frecuencia de microondas.

El amplificador es normalmente del tipo TWT (tubo de ondas progresivas) que proporciona a la salida una señal con una potencia de 10 watts. El filtro elimina las bandas de frecuencia indeseables generadas por el equipo transmisor.

En el receptor (siguiente figura) la señal es filtrada primero para eliminar señales de interferencia, luego pasa al mezclador (convertidor) que convierte la señal de microondas en una señal de frecuencia intermedia (FI), la cual es demodulada para dar señal de banda base con nivel de potencia que pasa posteriormente al equipo de multiplex para obtener las señales de voz, datos, telegrafía, etc., por medio de procesos de demodulación en amplitud.



5.2 Desvanecimiento de la señal de microondas

Puesto que la señal de microondas se propaga a través de la atmósfera, las variaciones en las condiciones atmosféricas afectan la transmisión de la señal. La atmósfera tiende a actuar como un dieléctrico cuyas propiedades varían con:

- El cambio de la temperatura
- El cambio de humedad
- El cambio de presión.

Esto produce fluctuación en la potencia de la señal, fenómeno conocido como desvanecimientos.

Las formas más comunes de desvanecimiento son:

1) Desvanecimiento por absorción; al igual que la luz, la señal de microondas sufre una atenuación por la absorción, por la lluvia, niebla, nieve y nubes. Este tipo de desvanecimiento afecta en mayor grado a las señales de frecuencia mayor de 7 - 3 MHz.

2) Desvanecimiento debido a múltiples trayectorias; Es el tipo más común de desvanecimiento que afecta a los canales de microondas. Es originado por irregularidades meteorológicas, como el movimiento anormal de las capas atmosféricas, las variaciones del estado atmosféricos, por la inducción de masas de aire, la aparición y desvanecimiento de niebla, etc., esto causa que las señales de interferencia recorran diferentes trayectorias hacia las antenas receptoras. Debido a que la relación de fase entre estas señales depende de la trayectoria recorrida y de la longitud de onda de la portadora, el desvanecimiento es selectivo en frecuencia. Un desvanecimiento más grande de 35 dB puede durar un promedio de 5 segundos.

3) Desvanecimiento por obstrucción; Ocurre cuando las condiciones atmosféricas originan que la señal transmitida se refracte en la atmósfera. Este tipo de desvanecimiento es raro, pero la probabilidad de que ocurra aumenta con el incremento de la distancia entre los re-
petidores.

Los desvanecimientos varían en que cada región, dependiendo de sus características meteorológicas. También varían con el día y la noche, en el verano y en el invierno.

La distorsión de la señal de microondas puede ser ocasionada por:

- a) Distorsión de retardo y de atenuación
- b) Ruido blanco
- c) Ruido de intermodulación
- d) Pobre acondicionamiento de guías de onda
- e) Alineamiento equivocado de las antenas.

5.3 Repetidores de microondas

Un repetidor es fundamentalmente un amplificador cuya potencia de la señal de salida es típicamente de 55 a 105 dBs más alta que la potencia de la señal recibida. Estos repetidores se hacen necesarios en los enlaces terrestres; es decir, la estación terrena y los centros telefónicos. Además de la amplificación, cada receptor debe realizar un cambio en frecuencia, transmitiendo a una frecuencia ligeramente diferente a la que recibe. Esto se hace con el fin de proporcionar un aislamiento adecuado y para minimizar la interferencia entre la señal recibida y la transmitida. El cambio de frecuencia es del orden de 250 MHz.

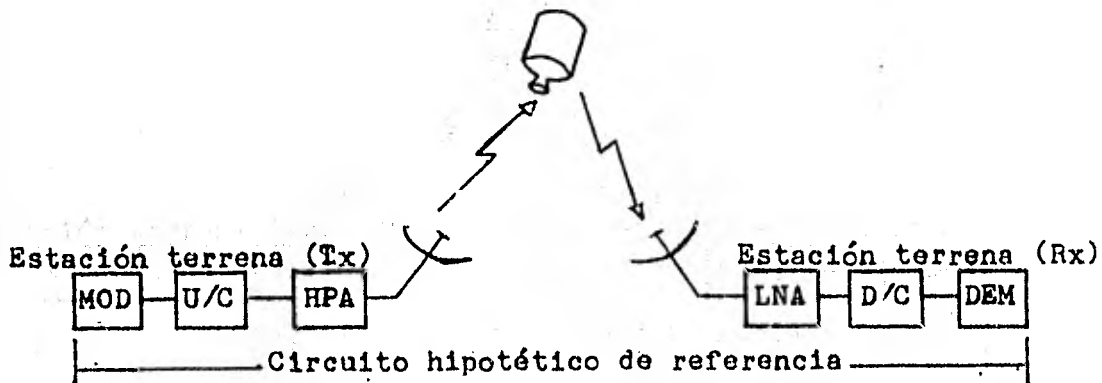
Proporcionar amplificación a la frecuencia de microondas, es un método muy costoso porque requiere del uso de un amplificador parátrico y al menos dos tubos de ondas progresivas (TWT). Estos equipos son bastante más caros que los amplificadores convencionales a base de transistores. Además el diseño de filtros con la selectividad deseada a frecuencia de microondas es también carísimo.

CAPITULO 6 CONFIGURACION DE CIRCUITOS DE SATELITE

6.1 Generalidades

El C.C.I.R. ha recomendado un circuito hipotético de referencia de los sistemas activos de comunicación por satélite con el objeto de ofrecerlo a los diseñadores de equipos de sistemas para usarse en la red actual de telefonía y vıdel.

Como se estipula en sus recomendaciones, un circuito hipotético de referencia consiste en un satélite, una estación terrena transmisora y una estación terrena receptora.



Cada estación terrena tiene un par de equipos de modulación y demodulación para la translación de la banda base hasta la portadora de radio-frecuencia y de la portadora de radio-frecuencia hasta la banda base respectivamente.

Un circuito hipotético de referencia se divide en dos partes: - Uno se denomina el enlace ascendente que es una trayectoria desde una estación terrena transmisora hasta un satélite (up-link). Y otro que es el enlace descendente (down-link) que incluye una trayectoria de un satélite hasta una estación terrena receptora.

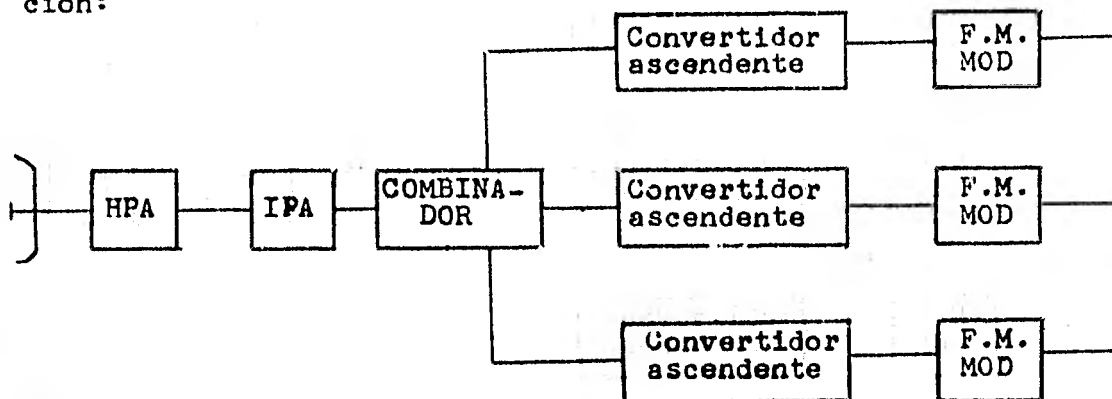
6.2 Configuración de una estación terrena

6.2.1 Configuración del transmisor

En el sistema de comunicación mundial por satélite INTELSAT, el ancho de banda de una portadora de RF en el enlace ascendente, o sea el ancho de banda de una frecuencia para transmisión de la estación terrena se asigna dentro de 500 MHz, entre 5.925 y 6.425 MHz, en la banda de 6 GHz.

Cada estación terrena tiene asignadas una o más portadoras telefónicas, portadoras de video y sonido y la capacidad del canal. Por tanto, la potencia de salida del transmisor se cambia algunas veces.

Las portadoras se amplifican en común por medio de un transmisor con un solo tubo o por un transmisor de tubos separados que amplifican individualmente cada portadora y, que se muestra a continuación:



Cuando un transmisor funciona con un amplificador común de todas las portadoras asignadas para transmisión, puede tener problemas de interferencia causadas por productos de intermodulación que se presentan como resultado de una no linealidad. Esto significa que el nivel de potencia actual de operación para cada portadora. INTEL SAT recomienda que una estación terrena debe tener una confiabilidad de 99.9%.

6.2.2 Amplificador de alta potencia

Un equipo importante de cada estación terrena es el transmisor que debe emitir la alta potencia (con baja distorsión y bajo ruido) a un satélite para vencer una pérdida de propagación considerable (aproximadamente 200 dBs para el satélite estacionario) entre estación terrena y satélite, cosa que es esencial en comunicación por satélite. Al mismo tiempo deben satisfacer requisitos económicos y de seguridad del sistema en la comunicación comercial.

6.2.3 Configuración del receptor.

Debido a la limitación de potencia del transmisor del satélite límite de un diámetro de antena y otros motivos económicos, debe seleccionarse cuidadosamente un amplificador de bajo ruido en una estación de comunicación por satélite.

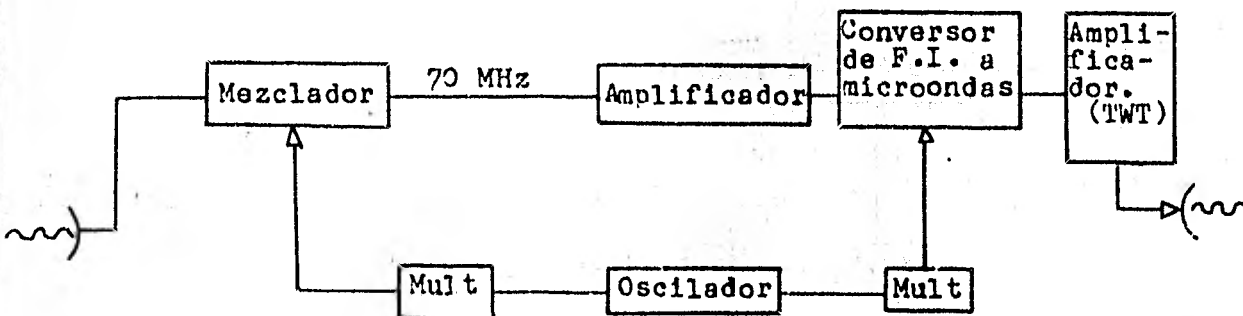
Como receptor especial, tenemos al amplificador de diodo túnel (TDA), amplificador de transistor de bajo ruido (LN-TR) y amplificador de tubo TWT de bajo ruido.

Para un sistema de recepción, la relación G^T debe ser igual o mayor de 40.7 dB. Donde G es la ganancia de la medida a la entrada de el amplificador de bajo ruido, de 4 GHz y T es la temperatura de ruido del sistema receptor referida a la entrada de un amplificador de bajo ruido expresada en dB con relación a 1° Kelvin.

Por las razones anteriores los repetidores usan comunmente los dos métodos de amplificación que se mencionan enseguida:

1) Receptor heterodino (siguiente figura). Que realiza la amplificación de la señal de microondas, con los siguientes pasos:

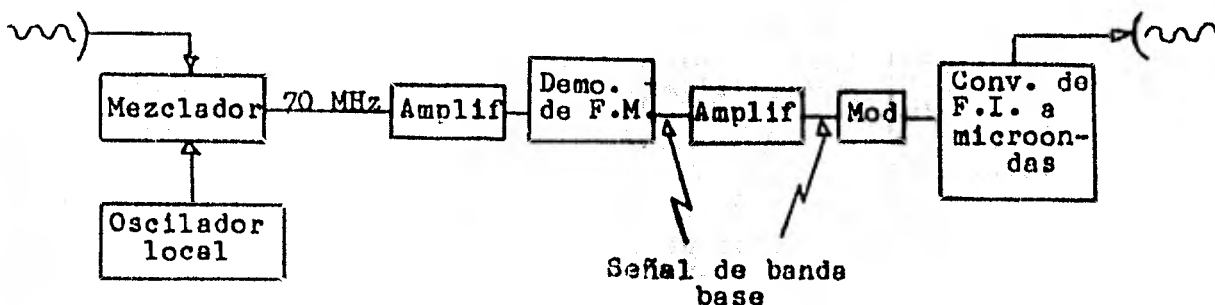
- Translación de la señal de microondas a F.I.
- Amplificación de la señal de F.I.
- Conversión de la señal de F.I. amplificada a señal de microondas
- Amplificación



La última etapa de amplificación es debida a que la salida que debe proporcionar un repetidor heterodino es más grande que la que puede proporcionar los aparatos de estado sólido presentes. Por eso la etapa de salida es un amplificador TWT.

2) Repetidor de banda base (siguiente figura). En este sistema, el método de amplificación consiste en:

- Transladar la señal de microondas a F.I.
- Amplificar en F.I.
- Demodular la señal de F.I. modulada en frecuencia para obtener la señal de banda base (señal múltiplex)
- Amplificar la señal de banda base
- Volver a modular hasta obtener la señal de microondas.

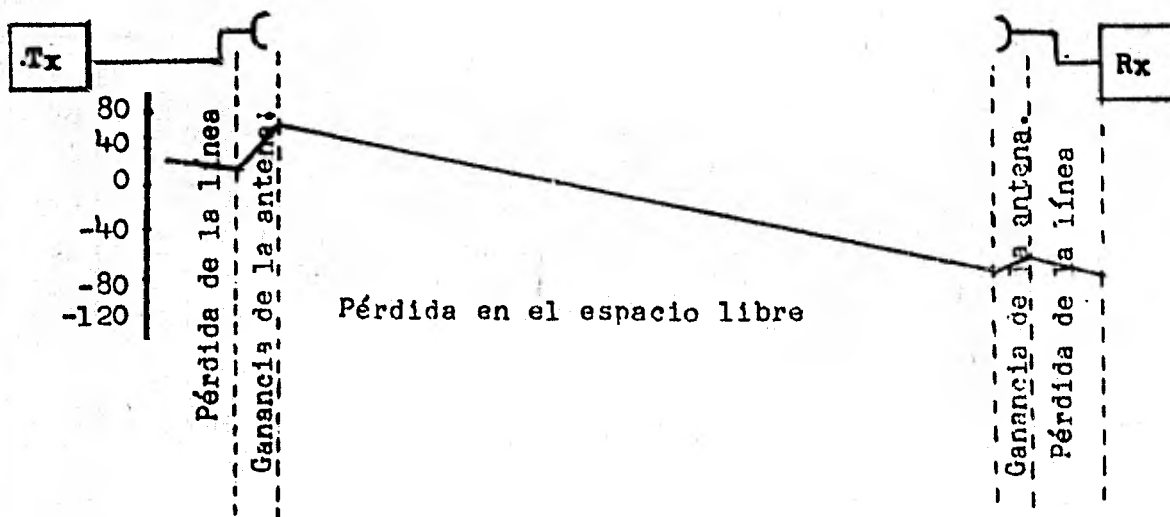


El repetidor de banda base se emplea donde se requiere extraer o insertar canales de telefonía de ó en la señal de microondas

Puesto que cada vez que una señal es modulada o demodulada recq

ge una cierta cantidad de ruido de intermodulación, el repetidor de banda base tiene un comportamiento frente al ruido más deficiente - que el repetidor heterodino, ya que poseé más pasos de modulación y demodulación.

La siguiente figura da una ilustración de las ganancias y las pérdidas que sufre una señal de microondas a lo largo del enlace - entre dos estaciones, sea de terminal a repetidor o entre repetido- res.



Tomando en cuenta, y para tratar de cumplir con la ante-

rior consideración de $G/T = 40.7 \text{ dB/K}$.

1. La ganancia de la antena debe ser alta. Para lograr esto:
 - a) El diámetro de la antena debe ser grande
 - b) La eficiencia de la abertura de antena debe ser alta usando - la técnica de modificación de la superficie de la antena
2. La temperatura de ruido de todo el sistema debe ser baja. Para lograr esto se debe tomar en cuenta:
 - a) La potencia de entrada de cada portadora es menor en 3 dB del nivel previsto de la potencia total de recepción.
 - b) El nivel de productos de intermodulación de tercer orden es - menor en 51 dB que el nivel de cada portadora.

La potencia de la densidad total de flujo provisto de potencia de recepción para estaciones terrenas dentro de la cobertura de antena del haz concentrado (stop bean antenna) de INTELSAT es de aproximadamente -123.5 dBW/cm .

6.3 Subsistema de antena

La construcción del subsistema de antena cuesta un tercio del - costo total de la construcción de una estación terrena. Por lo tanto debe cumplir ciertos requisitos eléctricos y mecánicos; como serían:

1. Alta ganancia (G/T). La ganancia, inclusive del circuito de línea se indica como:

$$G = \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \eta \frac{1}{L_f}$$

G = Ganancia de antena
 D = Diámetro de antena
 λ = Longitud de onda
 L_f = Pérdida de circuito de línea de alimentación
 η = Eficiencia

Por lo tanto, actualmente, en el sistema de comunicación por satélite la ganancia de antena para temperatura de ruido debe satisfacerse.

2. Temperatura de bajo ruido. La temperatura de ruido total T de - la estación terrena se refiere a la entrada del receptor, y se - indica por la ecuación siguiente:

$$T = T_a + T_r = \frac{T}{L_f} \left(1 - \frac{1}{L_f} \right) T_o + T_r$$

donde:

T_a = Temperatura de ruido equivalente de antena
 T_r = Temperatura de ruido equivalente del receptor
 T = Temperatura de ruido equivalente al componente del patrón de antena
 L_f = Pérdida de circuito de línea de alimentación
 T_o = Temperatura ambiente

De la ecuación anterior, vemos que para reducir G/T es necesario reducir T_r , T y L_f .

- 3) Ancho de banda amplio. Se requiere buenas características de la ganancia de la antena, acoplamiento de impedancia, pérdidas de circuito, polarización, etc., sobre un ancho de banda de 500 MHz para transmisión y recepción.
- 4) Posibilidad de rotación. Generalmente se desea que el haz de la antena pueda girarse en todas las direcciones, sobre el cielo, hasta donde sea posible. En base a esto se clasifican en dos tipos
 - a) Antena totalmente orientable
 - b) Antena de orientación limitada.
- 5) Alta precisión mecánica. Para realizar la directividad deseada; es necesario que los reflectores de antena tengan alta precisión en la construcción de superficie y necesitan una rigidez mecánica en la estructura de antena para poder reducir al grado mínimo el desplazamiento y la deformación del sistema de radiación de antena. Además, se requiere que el mecanismo de servo que impulsa al sistema se construya en una forma especial para que se reduzca la influencia de juego entre engranajes.

Al mismo tiempo, siempre es necesario que el valor de la precisión del mecanismo de dirección se mantenga dentro de 1/10 del ancho del haz de antena.

6.4 Clasificación de antenas.

Existen varias clases de antenas para comunicación por satélite y es como sigue: dependiendo del sistema de la estructura y sistema de radiación.

En base al sistema de estructura de antenas, estas se dividen en:

- Sistema de montaje AZ-EL
- Sistema de montaje X-Y
- Sistema de montaje polar.

En base al sistema de radiación, las antenas se dividen en:

- Antena Cassegrain. Este tipo de antena provee la temperatura de bajo ruido y es de alta eficiencia. Este tipo de antena tiene -- varias modificaciones para hacerla más eficiente como serían:
 - a) Antena Cassegrain alimentada con reflector de bocina
 - b) Antena Cassegrain alimentada por reflector de bocina plegada
 - c) Antena Cassegrain alimentada por dos reflectores
 - d) Antena Cassegrain alimentada con cuatro reflectores.

6.5 Sistema de control de antena

Se tienen tres métodos de control de antena, y son:

- Operación de autorrastreo
- Operación de control programado
- Operación manual

Para el primer sistema, está basado en que la dirección del haz de antena, es controlada al tomar la onda de orientación que se transmite del satélite de comunicación para detectar la diferencia de la señal, que corresponde a la diferencia entre la dirección del orien-

tador principal de la antena y la dirección del satélite.

Para la operación de control programado, es cuando la dirección de haz de la antena se controló para reducir a cero la diferencia - entre el ángulo obtenido con el cálculo de la órbita y el ángulo ordenado.

El método manual se realiza cuando el haz de antena se controla por la diferencia entre el ángulo real de la antena y el ángulo sincronizado conectado a la rueda manual.

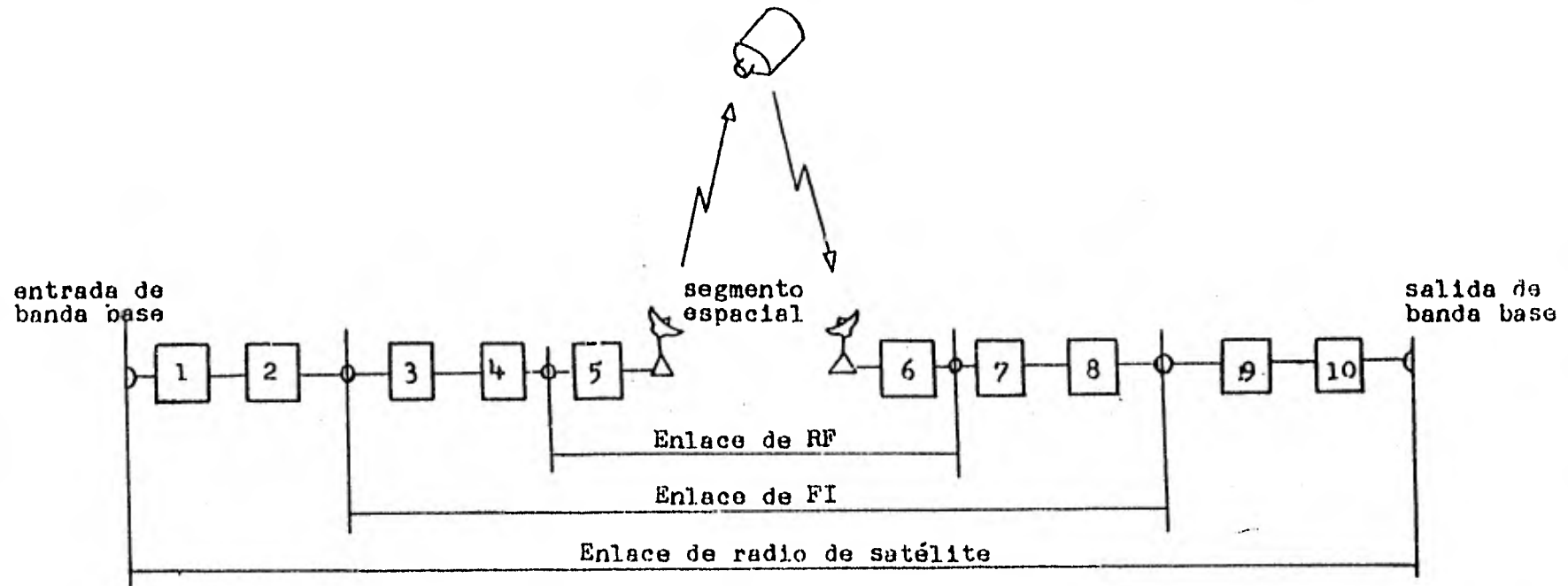
6.6 Descripción de un enlace por satélite para transmisión FDM/FM para telefonía y video.

Segmento espacial: El segmento espacial lo constituyen los satélites de telecomunicaciones y las instalaciones de seguimiento, -- control, telemando, monitoreo y demás equipos afines que se requié-- ren para anoyar la explotación de los satélites de telecomunicacio-- nes, sin embargo este término de "segmento espacial" se refiere sola-- mente a un satélite y a sus respectivos trayectos de transmisión RF hacia estaciones terrenas.

Enlace RF: El enlace RF es el que se extiende de la salida de el convertidor ascendente de la estaciónterrena transmisora hasta la entrada del convertidor descendente de una o varias estaciones - terrenas receptoras.

Enlace I.F.: Para la modulación multiplexada por división de - frecuencias y modulada en frecuencia (FDM/FM) de telefonía y desde FM de video, el enlace IF se extiende de la salida del modulador en la estación terrena transmisora hasta la entrada del demodulador de una o varias estaciones receptores.

Banda Base: El término "banda base" incluye la banda de fre--- cuencias de 0 Hz a F top, en la que F top es la frecuencia de modula ción más alta para la portadora que se utiliza.



- 1) Preénfasis
- 2) Modulador
- 3) Filtro de FI
- 4) Convertidor ascendente
- 5) Amplificador de potencia

- 6) Receptor de bajo ruido
- 7) Convertidor descendente
- 8) Filtro de FI
- 9) Demodulador
- 10) Deénfasis

Descripción de un enlace por satélite para telefonía

CAPITULO 7. SATELITES DE COMUNICACIONES.

Un satélite de comunicaciones es un repetidor de radio-frecuencias que recibe, amplifica, translada en frecuencia y retransmite de varios tipos de señales de comunicación. La información transportada por las señales es variada e incluye voz (teléfono), datos (tanto de alta como de baja velocidad), televisión crómatica y muchas otras. Esta información generalmente se modula en portadoras utilizando ya sea modulación en frecuencia o por fase. Las portadoras pueden estar presentes continuamente y transportar varios canales telefónicos simultáneamente como en un repetidor de microondas común, o pueden ser accionadas por medio de señales de voz, como en el sistema SPADE o también pueden estar presentes en pequeñas ráfagas como en el caso del sistema TDMA. En lo referente al sistema de antenas, este puede ser de cobertura global, hemisférica o de haz pincel..

7.1 Bandas de frecuencias utilizadas en las comunicaciones vía satélite.

En la selección de una banda de frecuencias óptimas para la comunicación vía satélite, 2 fenomenos importantes deben tomarse en cuenta, y que son:

- La absorción atmosférica y
- El ruido, tanto galáctico, como el producido por el hombre.

El problema radica entonces, en seleccionar una banda de frecuencias que permita la comunicación en una amplia banda y en donde la señal entre tierra y espacio sufra atenuación mínima debida a la absorción y en donde el nivel de ruido inherente sea mínimo.

Debido a la absorción, la banda se limita a un claro entre los 10 y 10,000 MHz. Esta banda se limita aún más en su límite inferior por el ruido, a frecuencias superiores a 1,000 MHz.

Por lo tanto la banda de frecuencias para las comunicaciones tierra-espacio se encuentran entre los 1,000 y 10,000 MHz. Lo cual no significa que las comunicaciones entre tierra y espacio no puedan y no se lleven a cabo en frecuencias fuera de esta región.

Para tener una idea del efecto del ruido y la absorción, en la fig. 7.1 se presenta el efecto del ruido dentro del claro de 10 a 10,000 MHz. La fig. 7.2, muestra la absorción atmosférica a diferentes frecuencias. En la fig. 7.3 se muestra la variación de la atenuación debida a la precipitación, con lo cual se puede enfatizar la conveniencia de trabajar por debajo de los 10 GHz.

En el claro de 1,000 a 10,000 MHz, cuatro bandas, cada una con un ancho de banda de 500 MHz, han sido asignadas para el uso de las comunicaciones por satélite. Estas bandas son:

3,700 - 4,200 MHz (enlace satélite-tierra)
 5,925 - 6,425 MHz (enlace tierra-satélite)
 7,250 - 7,750 MHz (enlace satélite-tierra)
 7,900 - 8,400 MHz (enlace tierra-satélite)

Donde las dos primeras bandas, son las de uso comercial.

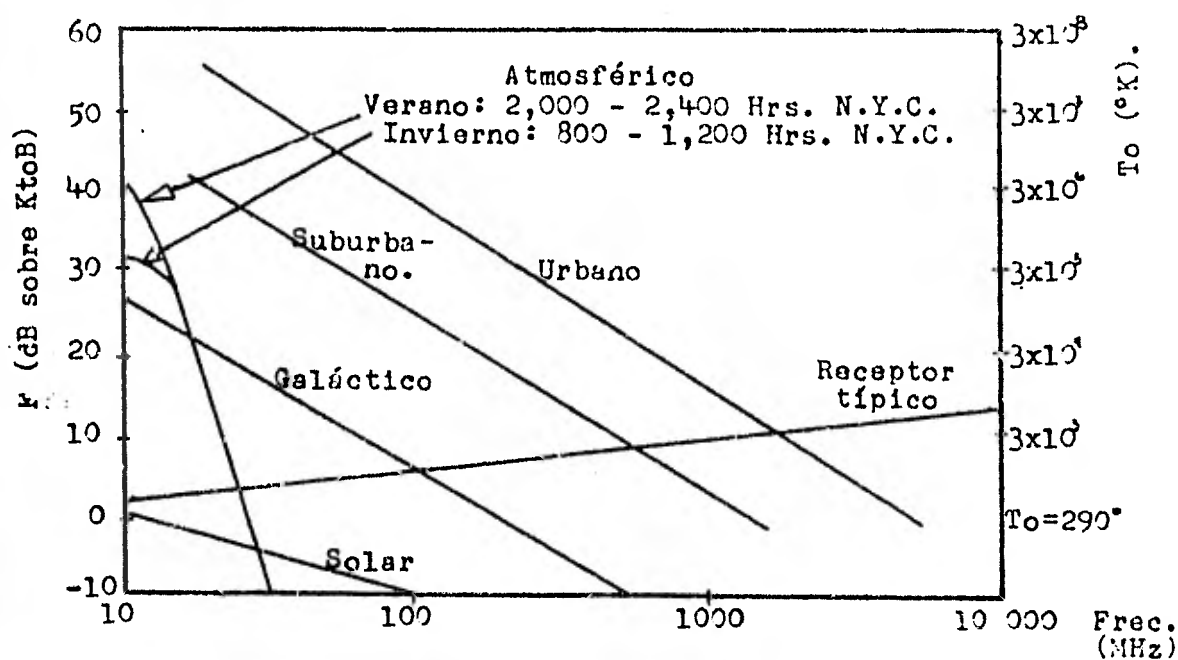


Fig. 7.1 Efecto del ruido en el claro de 10 a 10,000 MHz. Valores medidos de ruido provenientes de diferentes fuentes y usando una antena omnidireccional - cerca de la superficie terrestre. (Data Handbook for Radio Engineers, ITT).

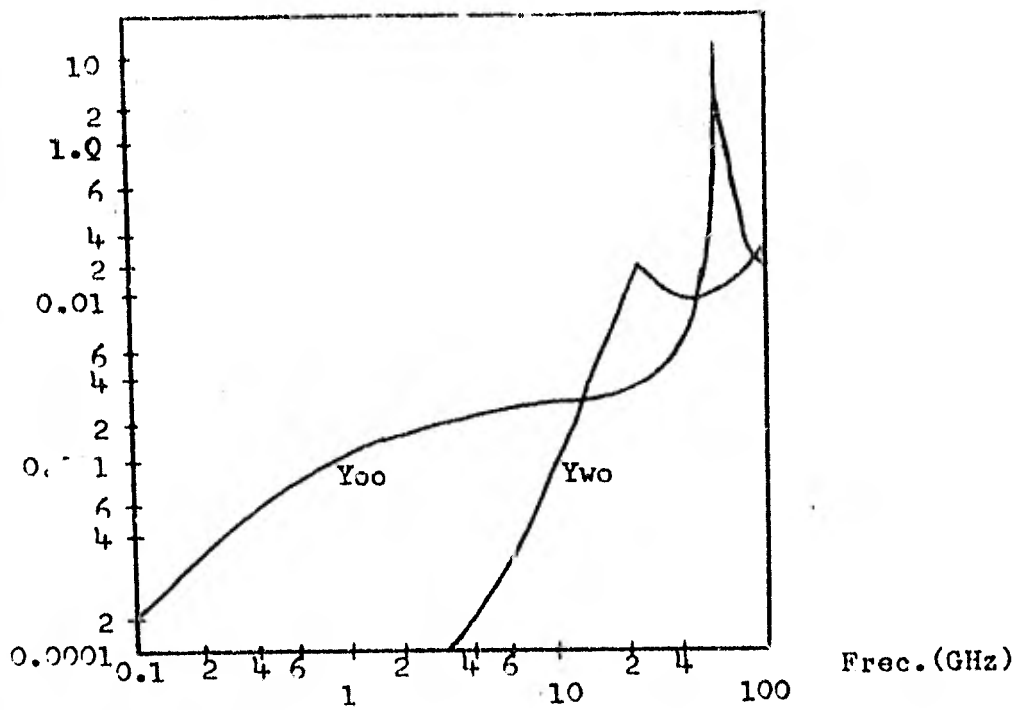


Fig. 7.2 Absorción atmosférica a diferentes frecuencias.
 Y_{oo} = absorción del oxígeno
 Y_{wo} = absorción del vapor de agua

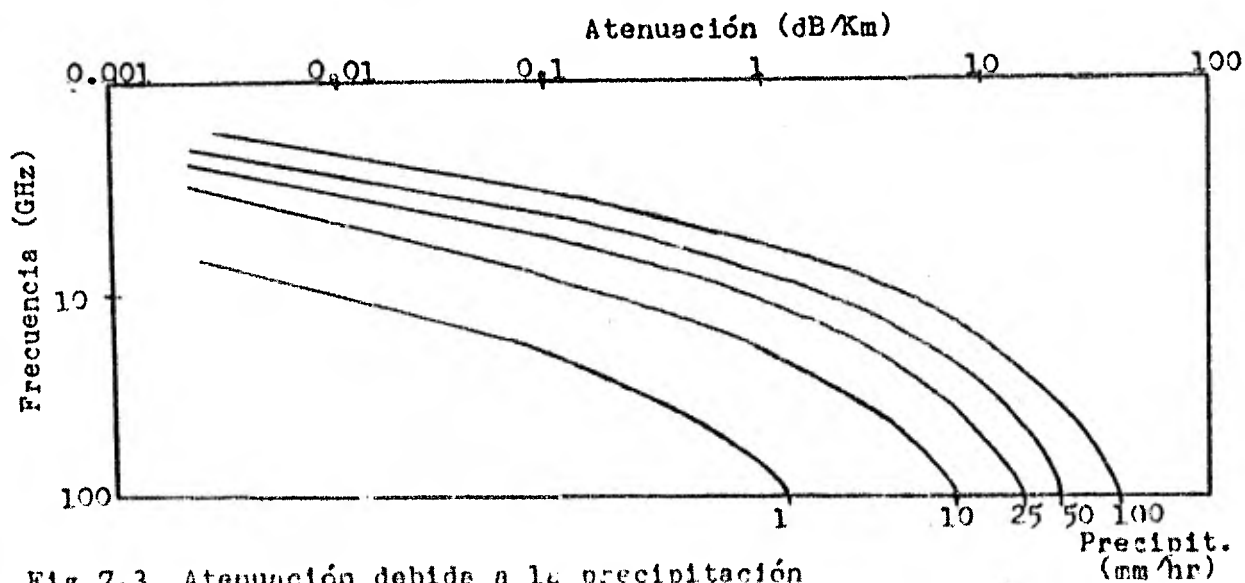


Fig. 7.3 Atenuación debida a la precipitación
 (Data handbook for radio Engineers, ITT)

7.2 Plan de frecuencias para el INTELSAT IV-A

El plan de frecuencias para el sistema INTELSAT IV-A, es mucho más complejo que el del INTELSAT IV debido a las restricciones de transmisión adicionales resultantes de la técnica de la reutilización de frecuencias. Para visualizar la magnitud de esta diferencia obsérvese las figuras 7.2.1 y 7.2.2.

La complejidad se incrementa también debido a la necesidad del aislamiento espacial de los haces, ya que para el INTELSAT IV-A, existen 2 posibles modos de enlace hacia el satélite: hemisférico (oriental y occidental), global; así como 3 modos en el enlace hacia la estación terrena: hemisférico (oriental y occidental), haz pincel (NO, NE, SO, SE) y global.

Para poder dar los servicios SPADE, TDMA, TV y de telefonía a estaciones terrenas fuera de la cobertura normal de zonas hemisféricas se designaron 4 transponders como de haz global.

Con algunas restricciones (los transponders 2 y 4 de los 3 pares de co-transponders, pueden también ser conmutados para trabajar en el modo de operación global), los 3 transponders restantes son reutilizables dando un total de 16 transponders, pueden ser conmutados para trabajar tanto con haz hemisférico como con haz pincel en el enlace hacia tierra. Es así, que del ancho de banda potencial de 1,000 MHz debido a la técnica de reutilización de la frecuencia, 160 MHz (40 MHz/transponder x 4), se pierden para poder proveer de servicio único a escala global.

Con estas limitaciones, los 20 transponders del INTELSAT IV-A podrán transmitir 12,500 canales de voz, más un transponder para TV y uno para el sistema SPADE, en un plan de frecuencias típico de la región del Atlántico.

Como punto de comparación se tiene que un satélite INTELSAT IV de la región del Atlántico tiene 12 transponders con una capacidad de 7,500 canales de voz, más TV y SPADE. Por lo cual se tiene un incremento neto de la capacidad de aproximadamente 5 000 canales de voz.

Para lograr una capacidad máxima por medio de la reutilización de frecuencias, deben tomarse en cuenta varias consideraciones técnicas. A continuación se presenta una explicación de estas restricciones.

7.3 Interferencia de co-canales.

Para minimizar la interferencia, no se debe asignar la misma frecuencia central de portadora a 2 portadoras en el mismo conjunto de co-canales. Además, los haces pincel y hemisférico sólo deben aparecerse como último recurso, ya que la interferencia del transponder con haz pincel al hemisférico se incrementará en 3 dB si se usa esta configuración.

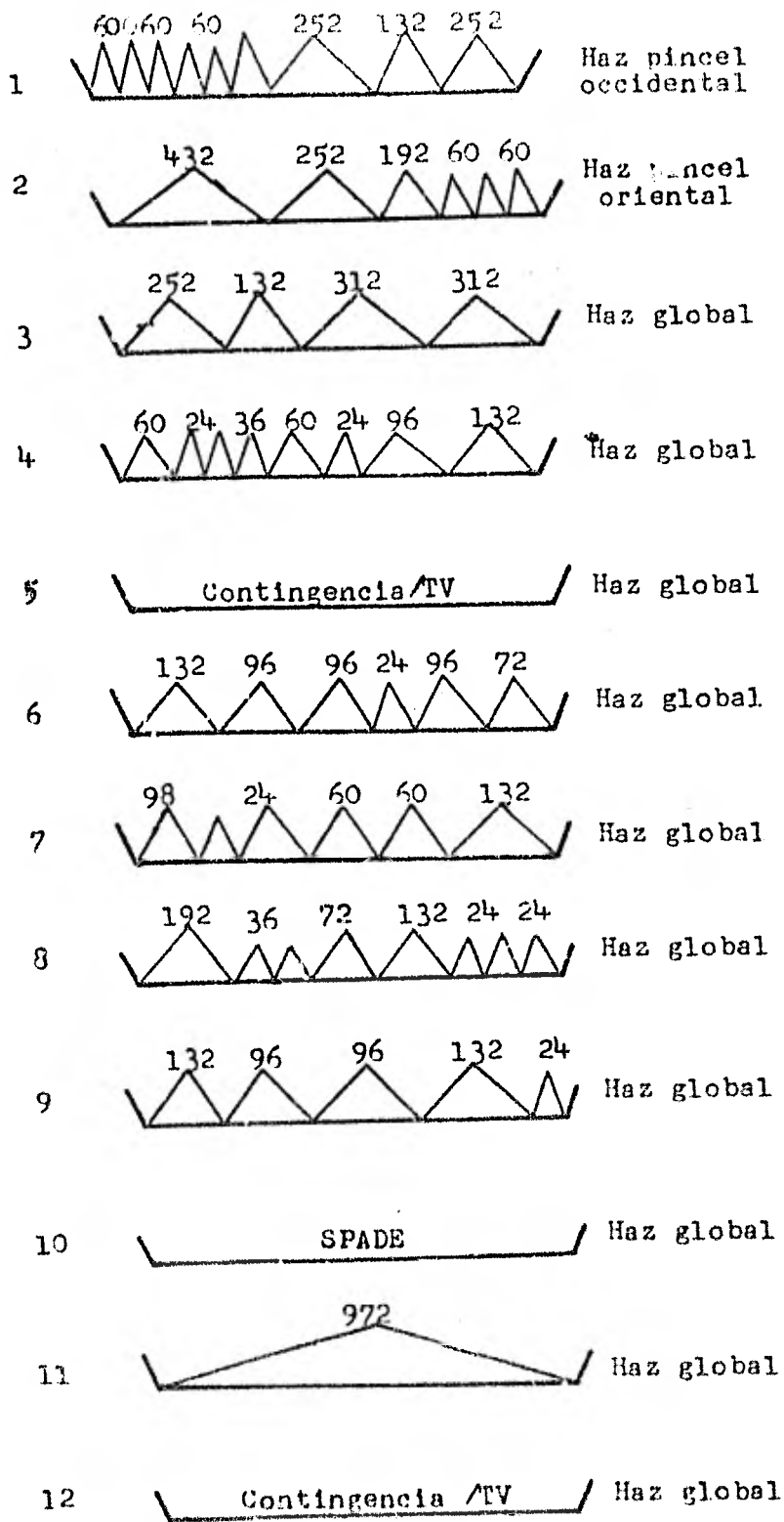


fig. 7.2.1 Plan de frecuencias típico para el INTELSAT IV.

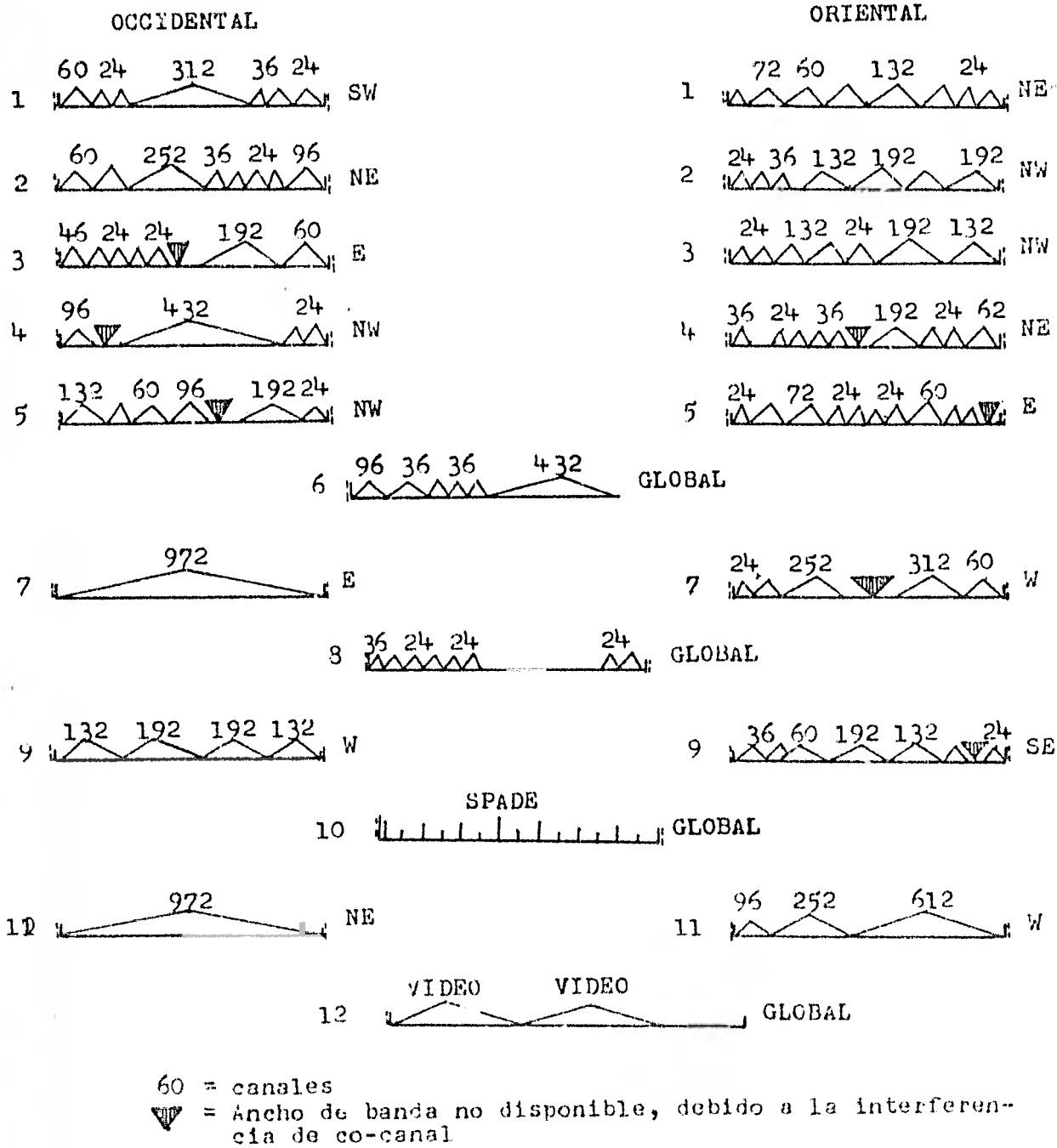


Fig. 7.2.1 Plan de frecuencias típico para el INTELSAT IV-A.

7.4 Interferencia de transponders adyacentes, debido a la intermodulación.

La exclusión del filtro de salida en el INTELSAT IV-A es menor que en el INTELSAT IV por lo cual ofrece menor oposición a la intermodulación de transponders adyacentes. En algunos casos un plan adecuado puede resolver el problema. Por ejemplo, en la fig. 7.2.2, los 2 mayores productos de intermodulación generados por las portadoras de video en el transponder No. 12 crearán una mínima cantidad de interferencia debido a que uno de los productos cae fuera de la banda del satélite, en tanto que el otro producto cae en las portadoras mayores del transponder No. 11. Debe considerarse también que las portadoras que puedan ser afectadas por intermodulación de transponders adyacentes, utilicen diferentes haces en su trayectoria hacia las estaciones terrenas.

7.5 Retraso intrínseco de grupo, trayectoria doble y diafonía.

Con los filtros multiseccionados tanto de entrada como de salida en el sistema INTELSAT IV-A, el retraso intrínseco de grupo cerca de los extremos de banda de los transponders es más serio que en el INTELSAT IV. Como un criterio para el plan de frecuencias, las portadoras con ancho de banda mayor no deben colocarse en los extremos y al inconveniente asociado de la trayectoria doble. También se observa una mayor diferencia de ganancia debida a la existencia del sistema de haz global y pincel ocasionando una mayor distorsión de trayectoria doble. Y para reducir el cambio de niveles detectables de diafonía, las portadoras mayores y de igual magnitud, no deben colocarse adyacentes en el mismo transponder, a menos que una evaluación técnica indique que este arreglo puede ser permisible.

Teóricamente, la reutilización de frecuencias debería de doblar el ancho de banda disponible en el satélite y por lo tanto doblar el número de canales telefónicos. En la práctica, sin embargo, un típico satélite INTELSAT IV-A, de la región del Atlántico quedará corto en su objetivo con un 20% aproximadamente.

Entre los factores que contribuyen a reducir el ancho de banda se encuentra la necesidad de proveer de un haz de cobertura global para servicios especiales como son el sistema SPADE, televisión y para las zonas de cobertura secundaria, con lo cual se obtiene la versatilidad necesaria para otras regiones. Esto ha eliminado 4 transponders de la configuración del satélite que podrían haberse empleado en la reutilización de frecuencias, contribuyendo con 160 MHz de ancho de banda, o sea, el 16% de los 1,000 MHz disponibles inicialmente.

Otro factor que disminuye el ancho de banda disponible, es la interferencia de co-canales, resultado del imperfecto aislamiento espacial del haz, lo que contribuye en el incremento de ruido y ocasiona que algunas portadoras sean intencionalmente sacadas de ciertas configuraciones de co-transponders con el fin de minimizar sus efectos. Esto se observa en la fig. 7.2.2, en donde se han utilizado

triángulos invertidos en donde existe algún ancho de banda no disponible debido a la interferencia de co-canales.

La capacidad máxima del canal puede obtenerse cuando un transponder es operado con una portadora grande y única cerca de saturación, lo cual provee una e.i.r.p. en el enlace hacia tierra y no produce intermodulación nociva del tubo de ondas progresivas. Por otra parte, la reutilización de frecuencias requiere que aproximadamente $3/4$ de todas las portadoras de la región del Atlántico tengan un ancho de banda no mayor de 5 MHz.

El tamaño de las portadoras grandes y únicas está limitado por la cantidad de interferencia que crea en un co-transponder. Para minimizar esta interferencia, la potencia hacia el satélite debe restringirse, lo cual a su vez reduce la capacidad máxima del canal que la portadora hubiese sido capaz de obtener.

Con estos factores en mente, la capacidad típica del INTELSAT IV-A en la región del Atlántico es de aproximadamente 12,500 canales de voz, más un transponder de TV y otro para el sistema SPADE.

7.6 Configuración del satélite INTELSAT IV-A

Con el objeto de satisfacer las necesidades de tráfico en las diferentes regiones, el sistema de satélites INTELSAT IV-A en la región del Atlántico, ha sido provisto de gran flexibilidad en la conmutación de conexiones de los transponders con el fin de que puedan trabajar tanto en el modo de operación con haz pincel como con el hemisférico.

Después de estudios cuidadosos de las posibilidades de operación en cada región, se obtuvo la disposición mostrada en la fig. 7.6.1.

En el diagrama de bloques del INTELSAT IV-A, fig. 7.6.2, se observan 3 diferentes tipos de interruptores, cada uno de los cuales se utiliza en la selección del modo de operación de la antena correspondiente.

Los interruptores tipo "C"; están conectados a la entrada de cada par de transponders, para tener en los co-transponders la opción de intercambio entre el haz oriental y occidental en el enlace a tierra.

La salida de cada transponder se conecta ya sea a un interruptor tipo "S" o bien a un tipo "T". En los transponders pares 2 y 4 el interruptor tipo "S" se usa para seleccionar entre el modo de operación con haz global o con el haz pincel noroeste. En tanto que en los transponders pares 1 al 11, el interruptor tipo "T" conecta los transponders para la operación con haz pincel norte o sur y también permite que 2 haces pincel puedan combinarse para formar un haz hemisférico al colocar paralelamente los haces adecuados.

A los transponders con reutilización de frecuencia se les ha provisto de 3 amplificadores TWT (tubo de ondas progresivas) de salida

- Simbología utilizada
- 1) Filtros de función elíptica de 9 secciones con un ancho de banda de 37.5 MHz (rizo -- igual a 0.01 dB)
 - 2) Interruptor tipo "C"
 - 3) Interruptor tipo "2/3" (de 2 a 3 puertos)
 - 4) TWTA (Amplificador de ondas progresivas)
Los amplificadores 6, 9, 10 y 12 son marca Hughes de 6 watts. El resto son marca -- Hughes de 4.5 watts.
 - 5) Interruptor tipo "3/2" (de 3 a 2 puertos)
 - 6) Interruptor tipo "T"
 - 7) Filtros Chebyshev de 4 secciones con un ancho de banda de 39 MHz (rizo de 0.01dB)
 - 8) Filtro armónico "HF"
 - 9) Interruptor tipo "S"
 - 10) Receptor de bajo ruido con un TWTA de bajo nivel
 - 11) "H" (híbrida)
 - 12) EQ; ecualizador de retraso de 1 sección

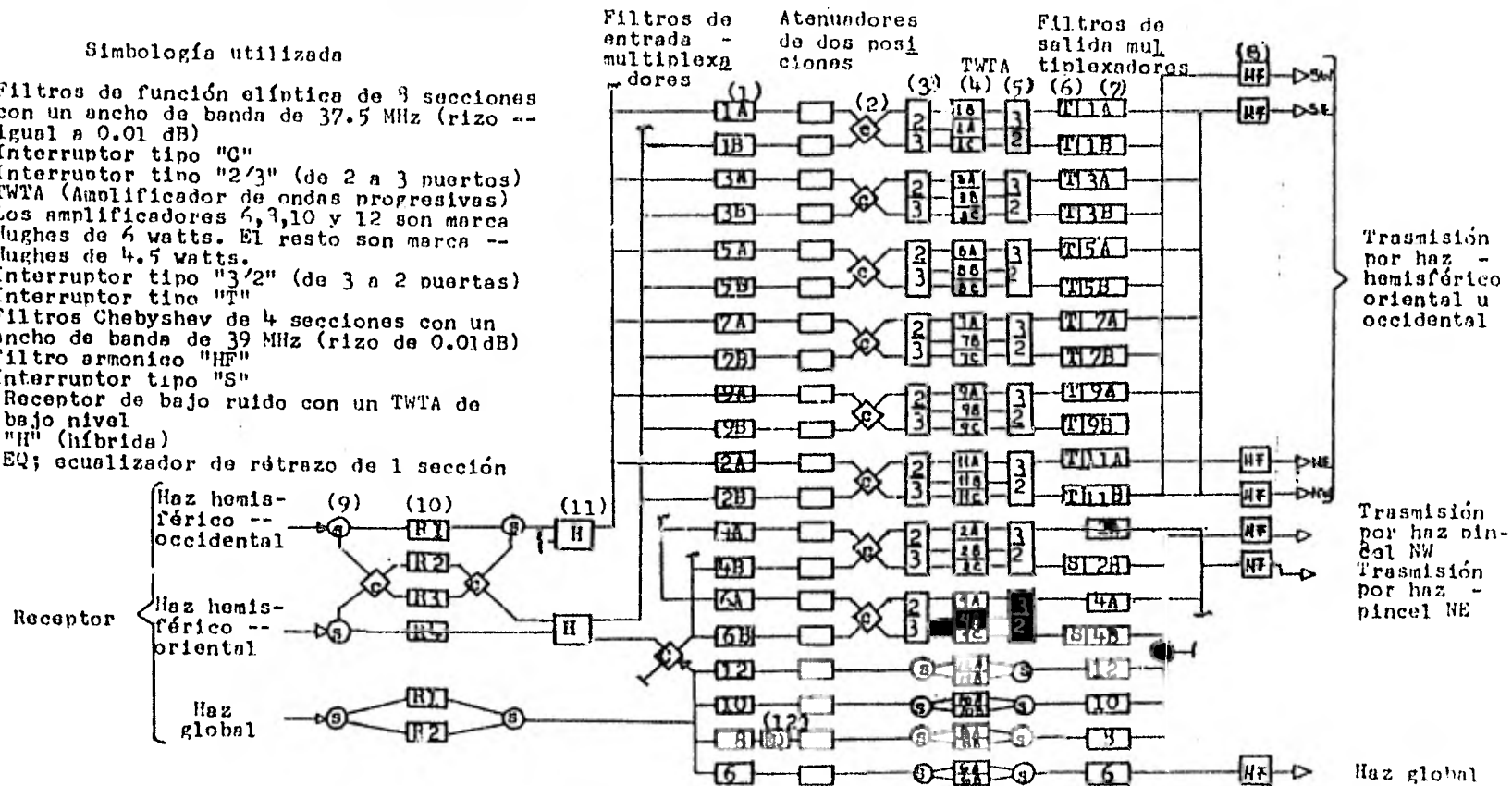


Fig. 7.6.2 Diagrama de bloques del INTELSAT IV-A

da; uno para el haz occidental, otro para el haz oriental y uno común de reserva, el cual es activado desde tierra.

Los amplificadores de entrada también son TWT y tienen características de bajo nivel, banda amplia y un nivel de ruido bajo.

7.6a1 Características de los filtros del INTELSAT IV-A

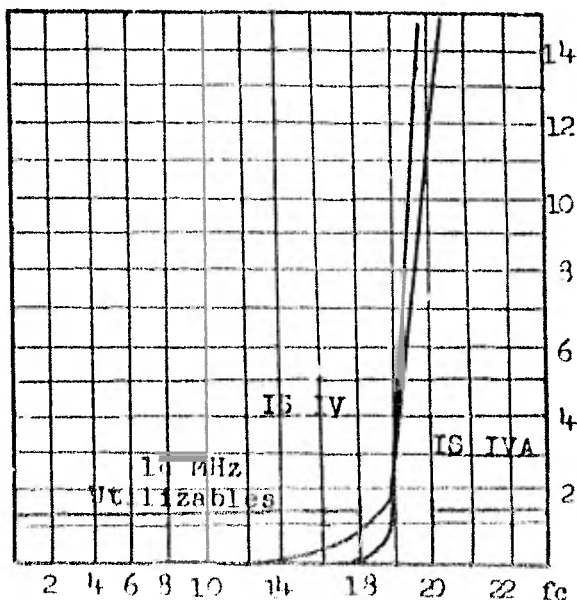
Como una medida en la reducción del peso del satélite y tomando en consideración que solamente el transponder No. 3 se utilizaría -- con el sistema TDMA, además de que aproximadamente las $3/4$ partes de las portadoras utilizadas tendían un ancho de banda menor o igual a 5 MHz el INTELSAT IV-A se implementó con un filtro de entrada de 3 secciones del tipo INVVAR de función elíptica en lugar del filtro -- Chebyshev de 10 secciones.

Para la salida se eligió un filtro Chebyshev de 4 secciones sustituyendo al Chebyshev de 6 secciones utilizado en el INTELSAT IV.

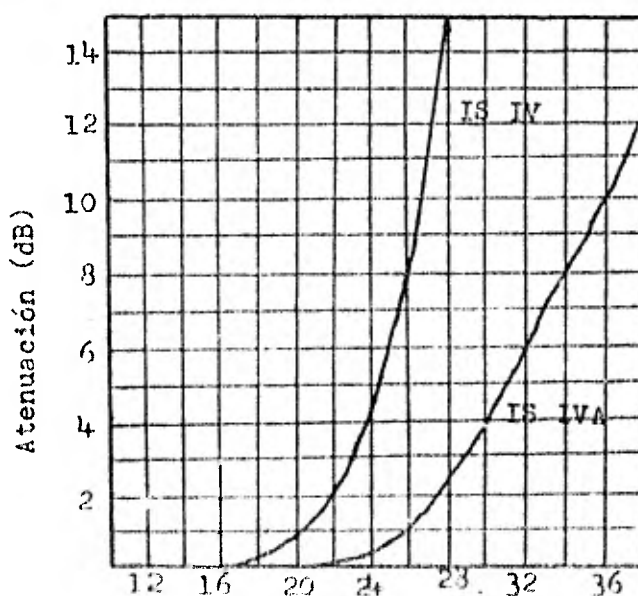
Además, de conformidad con la medida para la reducción del peso se dispuso que únicamente el transponder No. 3 retuviera su ecualizador de retraso de grupo, necesario para el manejo de información con el sistema TDMA.

En la siguiente figura se presenta la gráfica comparativa de los filtros de entrada y salida del INTELSAT IV-A y del INTELSAT IV.

Filtro de salida



Filtro de entrada



7.7 Parámetros de transmisión y energía efectiva isotrópicamente radiada (e.i.r.p.).

La e.i.r.p. de la estación terrena está inherentemente asociada con las características de transmisión, siendo un resumen de dichos parámetros la tabla 7.7.1, en donde se presentan valores típicos para un plan de frecuencias característico del INTELSAT IV-A.

Debido a que los transponders con haz global en el INTELSAT IV-A tienen una potencia de salida similar a los del INTELSAT IV, la figura de mérito del satélite (G/T), y la densidad del flujo de saturación son también similares. La densidad del flujo de saturación se especifica como -75 dBW/m^2 , para la operación con portadora única y -67.5 dBW/m^2 en la operación con portadoras múltiples.

La antena de recepción de los transponders que transmiten con haz pincel o hemisférico son del tipo hemisférico, con lo que se logra una disminución en el área cubierta por cada antena y por consiguiente un incremento con una figura de mérito de -11.6 dB/K .

7.8 Aislamiento de haces e interferencia de co-canales.

Debido a que se utiliza la misma frecuencia tanto para el haz oriental como para el occidental, es de gran importancia conservar dentro de niveles aceptables el grado de aislamiento entre haces y la interferencia de co-canales. Siendo el aislamiento entre haces requerido de 27 dB, tanto para el enlace hacia el satélite como para el enlace a tierra. Con los 27 dB se espera que la mayoría de las portadoras múltiples con reutilización de frecuencia puedan tener una interferencia de co-canal de 500 pWOp. En los casos en que una portadora mayor interfiera a una portadora menor, los valores típicos son 1,500 - 2,000 pWOp. Sin embargo, pueden darse casos excepcionales en donde se obtengan interferencias de 3,000 pWOp.

Los transponders con portadora única, producen interferencia de co-canal en el rango de 2,000 a 4,000 pWOp.

En la elaboración de un plan de frecuencias debe considerarse por una parte, que con el fin de reducir el número de portadoras en el sistema, es necesario el uso generalizado de portadoras con destino múltiple. Por otra parte, debido a la existencia de diferentes tamaños de portadoras; siendo mayor en las portadoras con menor densidad de energía, que se encuentran adyacentes o aproximadamente adyacente a las portadoras menores.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, el problema de encontrar un plan de frecuencias óptimo, se reduce a buscar un plan de cierta flexibilidad en la distribución de la capacidad, densidad de energía y localización de frecuencias, pero manteniéndose dentro de los límites permitidos por el aislamiento necesario entre los haces de 2 co-canales.

Otro aspecto importante cuando se establece tal plan, es que la interferencia entre dos sistemas debe permanecer dentro de ciertos límites específicos, independientemente de la carga que tengan las

portadoras (esto es, que la portadora tenga la carga completa de -- una hora pico o bien que tenga sólo una parte de ésta). Ya que generalmente, cuando 2 portadoras son aproximadamente adyacentes, la interferencia de una portadora se incrementa con un decremento en la carga de la otra portadora.

El método para desarrollar un plan de frecuencias es, inicialmente diseñar cada transponder para trabajar en condiciones óptimas de operación y posteriormente hacer ajustes de acuerdo a la interferencia de co-canales.

7.9 Emisión de RF fuera de banda de la estación terrena

Este concepto se refiere a la indeseable radiación generada -- por la intermodulación de portadoras en el amplificador de alta potencia (HPA). Al transmitir dichos productos de intermodulación -- pueden caer dentro de la banda de frecuencias del satélite o fuera de ésta.

La emisión de RF fuera de banda se refiere entonces a las emisiones de radio frecuencia que se encuentran fuera de la banda de -- la portadora indicada.

De la cantidad de ruido existente por canal en el sistema, 500 pWOp se deben a este concepto.

Existe una interrelación entre la energía de salida del transmisor utilizable y la cantidad de ruido emitido que el sistema de -- transmisión del satélite puede tolerar. Cuando un TWT de alta potencia se opera en saturación, puede lograrse su máxima potencia de salida, sin embargo, producirá severa intermodulación en la transmisión con portadoras múltiples. El método utilizado en el INTELSAT IV para compensar dicha intermodulación es por medio del ajuste de la potencia de transmisión en las estaciones terrenas. En el sistema INTELSAT IV-A, no es posible la compensación de las emisiones de RF por medio de ajustes en la potencia de transmisión, debido a que como se expuso anteriormente, se necesita un balance en la energía muy preciso sólo para asegurar que la interferencia de co-canales -- sea mínima. El introducir otro factor, tal como la emisión de RF, hace difícil mantener dicho balance. Por lo que en el sistema INTELSAT IV-A se ha disminuido el nivel de emisión de RF a 23 dBW/4KHz siendo que en el INTELSAT IV es de 26 dBW/4KHz.

7.10 Retraso intrínseco de grupo y distorsión de trayectoria doble.

En los extremos de banda de los transponders existe la posibilidad de que una portadora viaje a través de una trayectoria indirecta y se recombine en la estación terrena receptora debido a que existe un traslapo entre el filtro de entrada y salida del transponder. Existe entonces, una trayectoria doble para una portadora pudiendo ser transmitida a un nivel bajo a través de un canal adyacente, lo cual ocasiona una no linealidad de fase en la señal deseada y que puede ser manejada como ruido de retraso de grupo, el cual

es función principalmente de:

- Diferencia de ganancia entre las trayectorias, debido a los requisitos de densidad de flujo a la entrada del satélite y a variaciones entre la ganancia de la antena transmisora.
- Diferencia fasorial de las trayectorias.
- Características de los filtros.

La distorsión de trayectoria doble es coherente, esto es, es la suma vectorial del voltaje de la trayectoria directa (intrínseca) y de las trayectorias indirectas que la señal pueda seguir.

Se espera mantener tanto a la distorsión de retraso intrínseco de grupo como a la de trayectoria doble dentro de las especificaciones de 500 p.p.m para el ruido del INTELSAT V.

CAPITULO 3 SISTEMA SPADE.

El primer procedimiento de acceso múltiple con canales telefónicos de ruta variable completa, empleado en comunicaciones comerciales vía satélite, es el sistema SPADE (Single Channel per Carrier PCM multiple Access Demand Assignment Equipment, es decir, un sistema de acceso múltiple variable a un transponder de satélite, con un canal telefónico PCM por cada portadora de RF).

En el sistema SPADE se combinan los procedimientos multiplex de frecuencia y de tiempo. Las señales telefónicas se transmiten con modulación PCM/PSK (Pulse Code Modulation/Phase Shift Keying), en multiplex de frecuencia, la información de señalización se transmite mediante el procedimiento multiplex de tiempo.

La banda de 36 MHz de anchura de un transponder de los satélites INTELSAT IV se subdivide en 300 bandas parciales de 45 KHz cada una. 794 de estos canales se utilizan para la transmisión telefónica en multiplex de frecuencia, dos para transmitir un tono piloto y cuatro para transmitir la información de señalización en multiplex de tiempo. En el sistema SPADE, 43 estaciones pueden cursar en total 397 comunicaciones simultáneamente. De ello se deduce que SPADE es particularmente adecuado para países con poco volumen de tráfico. Los equipos del sistema SPADE se instalan en las estaciones terrenas. El equipo de unión con el puesto de conmutación es una terminal de 4 hilos para cada par de canales SPADE..

Al establecer una comunicación telefónica, la estación SPADE que llama, ocupa un par libre de frecuencias portadoras que permanecen asignadas fijamente todo el tiempo que dura la comunicación y quedando bloqueadas para las restantes estaciones SPADE; una vez terminada la comunicación queda libre dicho par de frecuencias. La información necesaria para ello y otras informaciones de señalización se transmiten por un canal de señalización común operado en multiplex de tiempo por todas las estaciones participantes. Cada estación transmite a intervalos de 50 ms un haz de impulsos de 1 ms de duración con información de señalización. Como en el sistema SPADE no se ha previsto ninguna estación centralizada de mando, todas las estaciones tienen que estar informadas sobre el estado respectivo del sistema completo y comportarse automáticamente conforme al sistema. Cada estación recibe por lo tanto continuamente las informaciones de señalización de las otras estaciones, las almacena en una computadora de proceso y las evalúa.

3.1 Sistema DAMA

El sistema DAMA (Sistema de acceso múltiple por asignación de demanda), es una red multinodal cuyos circuitos pueden ser conectados entre cualquiera de dos nodos en demanda para retornar posteriormente al equipo de circuitos disponibles al finalizar la demanda. Cada nodo de la red es una terminal SPADE cuyas actividades son controladas por computadora. Las actividades de cada una de las terminales SPADE son coordinadas por medio de la información transmitida entre ellas, a través del canal de señalización común.

(CSC), al cual todas las terminales tienen acceso. Cada terminal SPADE actúa como unión de señalización y transmisión entre la red DAMA y las diversas redes terrestres.

La red DAMA cuenta con una capacidad suficiente, cuando opera en un modo de asignación de demanda completa para acomodar 43 terminales SPADE, cada una de las cuales tiene una capacidad máxima de 60 circuitos terrestres.

3.2 Modulación y plan de frecuencias.

La modulación para los circuitos de voz del sistema DAMA es -- PCM de 4 fases/PSK/FDMA. Cada canal de un circuito de voz ocupa un ancho de banda RF de 45 KHz y las portadoras RF apareadas de un circuito de voz están separadas por 18.045 MHz. La modulación para el canal de señalización común ocupa un ancho de banda RF de 160 KHz -- (+ 30 KHz), con la portadora CSC desplazada del centro de la banda RF del sistema DAMA hacia el límite inferior de dicha banda por -- 18.045 MHz.

La banda RF del sistema DAMA ocupa 36 MHz de ancho de banda -- con la referencia piloto localizada en el centro de la banda. La portadora del CSC está localizada 18.045 MHz abajo de la referencia piloto. Cuando la separación del ancho de banda de RF del sistema DAMA es de 45 KHz se pueden acomodar 300 canales portadores de RF.

Numerados del 1 al 300, el canal portador No. 1 estará 17.9775 MHz abajo de la referencia piloto, el No. 400 estará 22.5 KHz abajo el 401 estará 22.5 KHz arriba y el 300 estará 17.9775 MHz arriba.

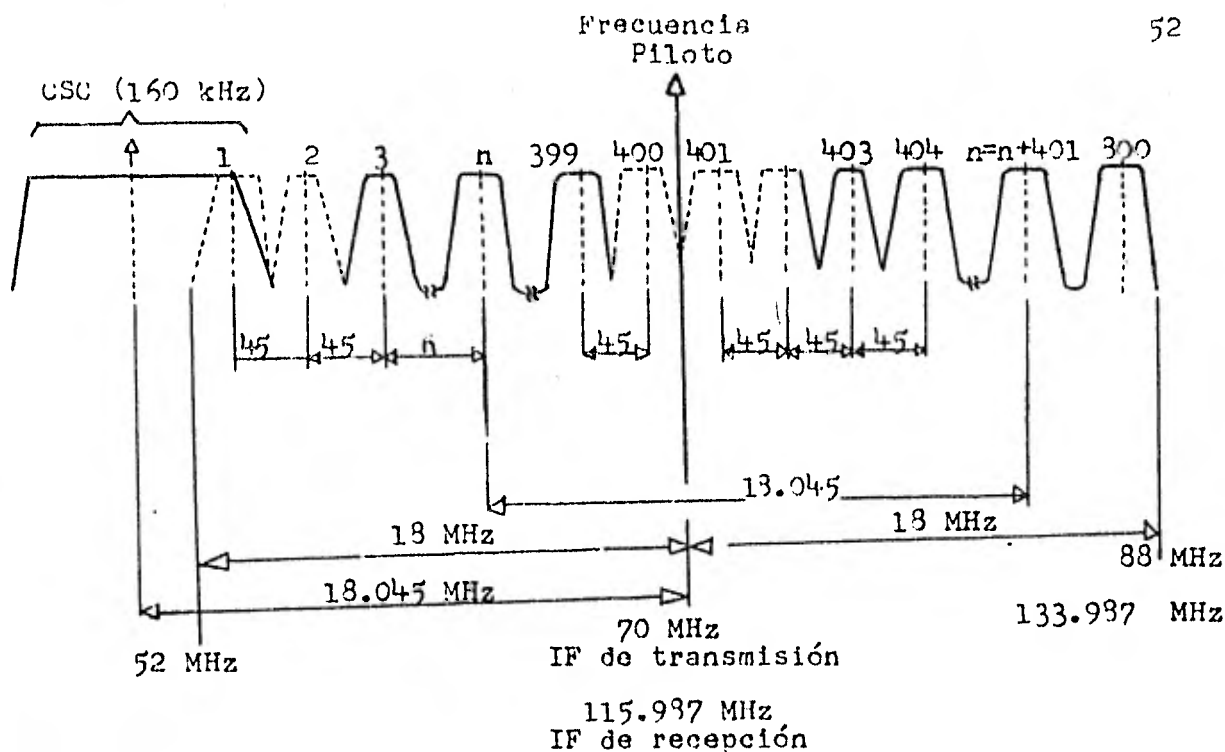
Del potencial de 400 pares de frecuencias, se utilizan 397. -- Las portadoras 1 y 2 y sus respectivas parejas de frecuencias 402 y 403 no son aprovechables por la proximidad a la referencia piloto. De este modo los pares de frecuencias aprovechables van del canal portador No. 3 (17.9775 MHz abajo de la referencia piloto) y 404 (17.9775 MHz arriba de la referencia piloto) y 300 (17.9775 MHz arriba de la referencia piloto), para un total de 397. Este plan de frecuencias se muestra en la figura 3.2.1.

3.3 Sistema de control

La referencia piloto y el canal de señalización común, proporcionan los medios para el control automático de la red DAMA. La coordinación de la operación manual entre las terminales SPADE de la red, se realiza a través de un canal de coordinación (Cannibus Order Wire), el cual utiliza la portadora 403; y de 2 circuitos de servicios de ingeniería (ESC), que utilizan pares de frecuencias por -- asignación de demanda.

3.3.1 Canal de señalización común

El canal de señalización común (CSC), es un canal digital que emplea modulación PSK de 2 fases con codificación diferencial, y es



compartido sobre bases de división en el tiempo por las terminales SPADE en la red DAMA para intercambiar información de señalización entre las unidades. El canal tiene una razón de muestreo de 20 -- muestras por seg. y usa una razón de bit de 12^3 kilobits por seg. -- Cada muestra tiene un intervalo de 50 ms. Un intervalo de tiempo se asigna para la ráfaga de referencia que se usa para sincronizar la red, el intervalo No. 1, subsecuente y adyacente a la ráfaga de referencia, está reservado para operaciones de prueba. Por lo cual sólo quedan libres 43 intervalos de tiempo para ser asignados a las terminales SPADE en la red para la transmisión de sus ráfagas de datos locales.

9.3.2 Referencia Piloto.

Una terminal SPADE se designa para transmitir la referencia piloto. Otra terminal SPADE en la red se designa como una terminal substituto para iniciar la referencia piloto manualmente, en el caso en que la transmisión piloto de la estación original falle. La referencia piloto se mantiene en frecuencia estable y amplitud estable tal que pueda ser usada por las terminales SPADE para el control de frecuencia automático (AFC), y, si se desea, para el control de ganancia automático (AGC). La señal AFC recibida se usa para -- compensar las variaciones de frecuencia tanto del satélite como del enlace del satélite a tierra.

3.3.3 Canal de Coordinación.

Existe un canal de coordinación del tipo "activar para transmitir" el cual opera en una frecuencia única (403) del sistema DAMA. Dicho canal de coordinación (Omnibus Order Wire), ha sido creado para operar independientemente tanto de la unidad de conmutación y señalización por asignación de demanda (DASS), como del canal de señalización común.

3.3.4 Circuitos de servicio de ingeniería.

Los circuitos de servicios de ingeniería (ESC), entre dos terminales SPADE son proporcionados sobre demanda utilizando el acceso a la unidad DASS colocado en el tablero de pruebas troncal (TTP), con la capacidad para establecer conexiones con similares TTP. Esto significa que uno de los circuitos del sistema DAMA asignado durante la llamada y una vez que ha concluido la llamada se releva a dicho circuito quedando nuevamente disponible.

3.4 Canales portadores

La energía isotrópicamente radiada (e.i.r.p.) por canal, con un ángulo de elevación de 10° es igual a 63.5 dBW. La correspondiente e.i.r.p. de operación nominal será determinada por la administración y estará en el rango de 61 a 63.5 dBW. La e.i.r.p. en la dirección del satélite, excepto en condiciones adversas de tiempo, podrá mantenerse dentro de ± 0.5 dB del valor nominal. La tolerancia en la ganancia del transmisor, errores en la dirección de la antena. En el caso de condiciones adversas del tiempo local la e.i.r.p. puede permitirse una caída de 2 dB abajo del valor nominal.

3.5 Organización funcional de las terminales SPADE.

El equipo SPADE se puede dividir en dos partes principales para su descripción:

- 1.- Equipo común
- 2.- Unidades de canal duplex.

Un diagrama de bloques generalizado se muestra en la siguiente figura 3.5.1.

El equipo común incorpora aquellas funciones para las que el equipo puede ser compartido por todas las unidades de canal. Sólo un juego del equipo común se proporciona para cada terminal SPADE. Sin embargo por razones de seguridad, se recomienda que dicho juego de equipo común sea incorporado en una configuración redundante y conmutable automáticamente. El equipo común incluye la unidad de conmutación y señalización por asignación de demanda (DASS), el sistema IF, el subsistema de referencia piloto, la unidad de tiempo y frecuencia y el centro de mantenimiento.

Las unidades de canal duplex están provistas unívocamente con

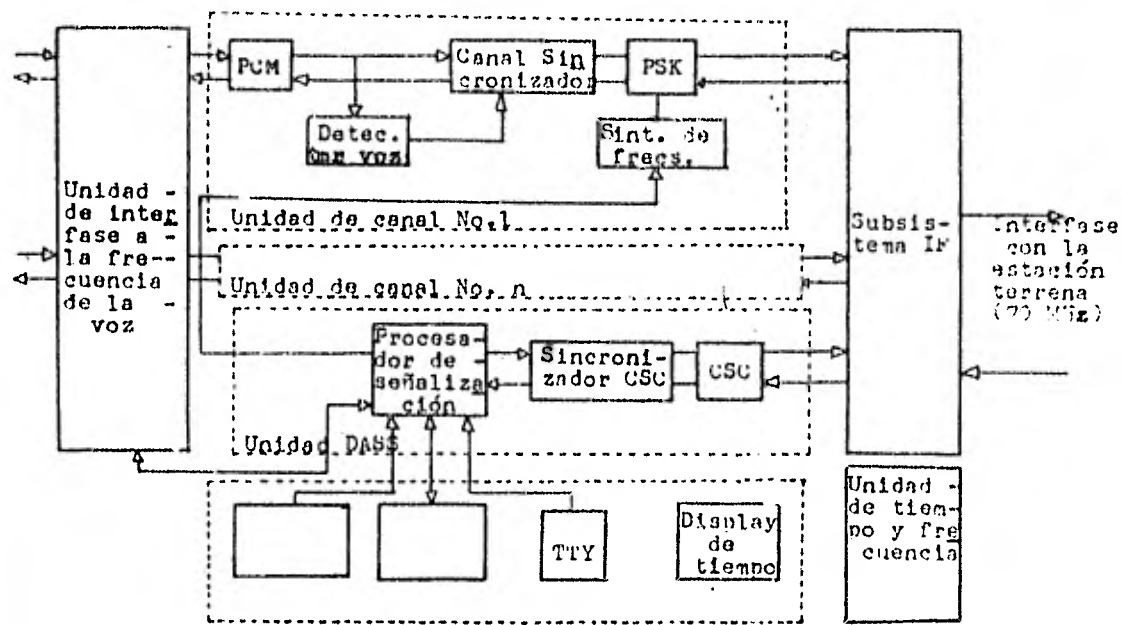


Fig. 8.5.1 Diagrama a bloques de una terminal SPADE.

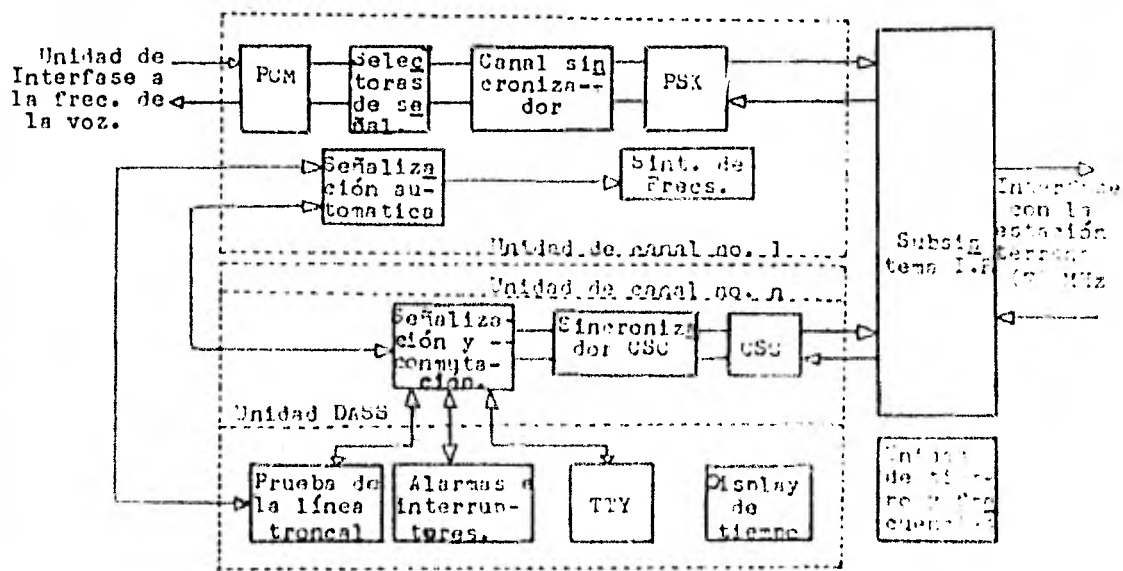


Fig. 8.5.1 Diagrama a bloques de una terminal SPADE.

respecto a los circuitos terrestres.

Varias funciones no son separables fácilmente en un equipo de categoría común o individual. La elección depende de la filosofía considerada en el diseño, de tal forma que las funciones pueden ser implementadas como individuales, compartidas o de equipo completamente común. En una terminal SPADE, las funciones de energía y de unión terrestre son de este tipo, por lo cual se describirán en forma funcional.

3.6 Subsistema de frecuencia intermedia (IF).

Las funciones del subsistema IF son:

1. Aceptar portadoras moduladas de las unidades del canal individual y del oscilador piloto combinándolas en un espectro único, y -- si es necesario, heterodinar dicho espectro a la frecuencia intermedia de la estación terrena requerida.
2. Aceptar el espectro de portadoras recibido a la IF de la estación terrena, de acuerdo con la banda de frecuencias asignada, heterodinar este espectro a la IF de la terminal SPADE y suministrar -- una réplica de dicho espectro a cada unidad de canal para la selección y demodulación de canal.
3. Realizar una función AFC para centrar el espectro recibido precisamente a la IF de la terminal SPADE, usando la referencia piloto -- suministrada por una de las estaciones de la red DAMA.
4. Realizar una función AGC sobre la señal recibida usando la referencia piloto.

3.7 Subsistema de referencia piloto.

La función del subsistema de referencia piloto es generar y suministrar la señal de prueba necesaria, alarmas, y el conmutador necesario para redundar el equipo para salvaguardar este sistema de referencia.

3.3 Unidad de tiempo y frecuencia

La unidad de tiempo y frecuencia (TFU), genera y distribuye la referencia establecida de señales de tiempo y frecuencia utilizadas por toda la terminal SPADE.

3.9 Unidades de canal

Cada una de las unidades de canal dúplex convierten un circuito de acceso terrestre en un circuito de satélite. El canal de salida es codificado y modulado a la frecuencia de la portadora seleccionada por el SSP (Signaling and Switching Processor; Procesador de conmutación y Señalización). El canal de entrada es demodulado y decodificado. Cada unidad de canal está compuesto de las siguientes sub-unidades:

1. Codificador-decodificador de modulación por código de pulsos
2. Sintetizador de frecuencias

3. Modem PSK
4. Sincronizador transmisor
5. Sincronizador receptor
6. Detector de voz.

3.10 Centro de mantenimiento

El centro de mantenimiento (MC) provee un arreglo consolidado de sistema y terminal supervisora y facilita la conservación como sigue:

1. Un lenguaje impreso de entrada y salida de acceso con el SSP.
2. Capacidad para establecer la demanda asignada al circuito de servicios de ingeniería (ESC)
3. Acceso al canal de coordinación.
4. Capacidad de prueba para circuitos de acceso entre la terminal SPADE y el centro de tránsito en la red telefónica internacional
5. Capacidad de prueba para circuitos del satélite entre las terminales SPADE.
6. Controles, alarmas y medidores del estado del equipo de la terminal SPADE.
7. Provee y presenta el tiempo medio de Greenwich y provee el tiempo de entrada al SSP.

3.11 Función de la unión terrestre

Cada unidad de canal, con algunas combinaciones de equipo individual y común, tiene la capacidad de equiparar la impedancia de transmisión y los niveles de energía de la señal, distinguir las señales de línea, dividir la trayectoria de transmisión durante la señalización, detectar y transferir al SSP y generar el sistema de señalización CCITT número 5 de información.

3.12 Operación funcional.

La terminal SPADE proporciona para el circuito conmutador de voz y llamada, la señalización requerida para sistemáticamente iniciar, supervisar y finalizar todas las llamadas. Cuando una llamada es recibida, el DASS automáticamente selecciona un par de frecuencias del total de las disponibles y alerta a la estación destinataria de la entrada de una llamada y de la frecuencia asignada para la respuesta. Cualquier número de unidades DASS del 2 al 48 utiliza la señal de información diseminada por el CSC, para actualizar el tablero de canales, de tal manera que las frecuencias asignadas se encuentren inasequibles para nuevas llamadas.

La frecuencia seleccionada es proporcionada a la unidad de canal por medio de un sintetizador de frecuencia capaz de generar cualquiera de las 300 frecuencias discretas requeridas, utilizando códigos digitales provistos por DASS. Esta es usada tanto para la portadora de salida como en el oscilador local para la señal recibida.

El apareamiento de canales se basa en el uso común del sintetizador

zador para la recepción y transmisión de señales. Después de accionar el modem, la unidad DASS efectúa una prueba de continuidad en el circuito dúplex. Una vez que la llamada ha sido establecida, la señal de voz recibida por la unidad de canal es enviada a un codec PCM que transforma la voz, analógica, a una señal digital para la transmisión y de una señal digital a una analógica para la señal de retorno.

El contenido del canal de voz proviene del centro de Tránsito en la red telefónica internacional es detectada por un detector de voz que es usado para colocar el canal portador en posición de encendido ó apagado. Esto conserva la energía del satélite en una función de la conversión activa. El flujo de bits digitales de entrada y salida del codec de voz está sincronizada por el sincronizador transmisor-receptor donde son ejecutadas las funciones de regulación de tiempo, formación y compensación. El modem PSK modula la portadora asignada con el flujo de bits de salida, y coherentemente demodula los haces de entrada (ráfagas) recobrando la portadora y el bit regulador de tiempo asociado con las señales recibidas. Las portadoras moduladas, tanto de entrada como de salida son conducidas a través de un subsistema IF común que enlaza con la estación terrena. La portadora usada por el modem CSC es también pasada a través del subsistema IF.

Cuando la llamada es completada, una señal de control del CT permite a la unidad DASS liberar al circuito dejándolo disponible para su reasignación. Esta información es pasada a todas las estaciones vía CSC.

3.13 Unión terrestre

El sistema DAMA ha sido designado con suficiente flexibilidad para acomodar el trabajo entre las terminales SPADE unido a cualquiera de los sistemas de señalización CCITT existentes sin ningún cambio fundamental.

3.13.1 Niveles de energía

El punto de nivel de transmisión (TLP) de un canal terrestre que entra a la terminal SPADE en la unión terrestre puede variar entre +7 dB TLP y -16 dB TLP. El TLP de un canal terrestre de salida de la terminal SPADE en la unión terrestre será +7 dB TLP.

3.13.2 Impedancia

Las impedancias de entrada y salida de los canales de la terminal SPADE (Z) a través de la frecuencia de voz (VF) banda de 300 a 3,400 Hz será:

$$\left| \frac{Z - 600}{Z + 600} \right| = 0.35$$

8.13.3 Señalización de línea

8.13.3.1 Código de señal

El código de señalización de línea de CCITT número 5 emplea dos frecuencias: $f_1(2,400 \text{ Hz})$ y $f_2(2,600 \text{ Hz})$ en combinación para implementar varias señales de línea.

8.13.4 Transmisión

Las dos frecuencias de señalización son $2,400 \pm 6 \text{ Hz}$ y $2,600 \pm 6 \text{ Hz}$. Estas frecuencias son aplicadas separadamente o en combinación. El nivel de la señal transmitida es $-9 \pm 1 \text{ dBm}$ por frecuencia. Para señales compuestas la diferencia en nivel transmitido entre f_1 y f_2 no excedera 1 dB .

8.13.5 Recepción

Límite de operación:

El receptor de señal de línea operará en las condiciones especificadas abajo para la distorsión de señales recibidas que encuentran las siguientes condiciones:

- a) $f_1: 2,400 \pm 15 \text{ Hz}$; $f_2: 2,600 \pm 15 \text{ Hz}$.
- b) El nivel de energía absoluta N de cada señal recibida sin modular estará dentro de los límites: $(-4+16+n) \leq N \leq (-2+n) \text{ dBm}$. Donde "n" es el nivel de energía relativo en la entrada de la señal recibida.

Estos límites dan un margen de $\pm 7 \text{ dB}$ en el nivel absoluto nominal de cada señal recibida en la entrada del receptor.

- c) El nivel absoluto de las dos señales sin modular en una señal compuesta puede diferir de cada una de las otras por no más de 5 dB

Cuando las frecuencias de la señal y niveles están contenidos en los límites especificados anteriormente, la distorsión de duración de la señal en la presencia de ruido no excederá:

- a) 15 ms cuando el receptor de señal recibe un pulso de una frecuencia f_1 ó f_2 con un mínimo de duración de 150 ms .
- b) 25 ms cuando el receptor de señal recibe un pulso compuesto de las 2 frecuencias con un mínimo de duración de 150 ms , el cambio se definirá como la diferencia entre la recepción simultánea de dos componentes como una señal de corriente directa en la salida del receptor de señal.

8.13.6 Condiciones de no operación.

a) Selectividad:

El receptor de señal no operará sobre una señal que tenga un nivel de energía absoluto en el punto de recepción entre los límites especificados anteriormente cuando esté fuera de la frecuencia:

$$2,400 \pm 100 \text{ Hz para el circuito de señal } f_1 \text{ ó } f_2$$

$2\ 600 \pm 150$ Hz para el circuito de señal f2

b) Máxima sensibilidad del receptor de señal de línea.

El receptor de señal no operará sobre una señal de $2\ 400 \pm 15$ Hz ó $2\ 600 \pm 15$ Hz, cuyo nivel absoluto de energía en el punto de conexión del receptor es $(-17-9+n)$ dBm, siendo "N" el nivel relativo de energía en ese punto. Este límite es 17 dB abajo del nivel nominal absoluto de la corriente de la señal en la entrada del receptor de señal.

3.13.7 Registro de señal.

3.13.7.1 Código de señal y fin de pulsación

El código de registro de señal, un código de 2 de 6 multifrecuencias se presenta en la tabla 3.2

3.14 Unidad DASS

Cada unidad DASS contiene un procesador de conmutación y señalización (SSP), con lo que se une con el resto del equipo terminal SPADE y el equipo terminal CSC compuesto de un sincronizador de canal de señalización común (CSC) y un canal de señalización común.

3.14.1 Funciones

Las funciones primarias que debe realizar la unidad DASS son:

1. Monitorear, procesar y controlar la señalización entre las terminales SPADE en la red DAMA.
2. Monitorear, procesar y controlar la señalización terrestre entre las terminales SPADE y sus respectivas centrales telefónicas internacionales.

La operación combinada de todas las unidades DASS, será equivalente a la de un centro de tránsito (CT), Esto es, supervisar las señales telefónicas terrestres recibidas del CT, procesar la información, conmutar el circuito necesario para conducir la llamada al próximo CT. Sin embargo existen dos diferencias obvias:

1. La función de señalización del sistema DASS está distribuido entre los países participantes, y
2. Las terminales individuales dentro de cada país son controladas automáticamente, en lugar de tener un control central único.

Para conseguir una operación coordinada y un mínimo de llamadas aplazadas dentro de este sistema internacional de unidades múltiples, se requiere que cada unidad DASS desempeñe estas funciones de la misma manera, aún cuando pueden ser diseñadas por diferentes manufactureras y el tipo de CT para cada unidad DASS pueda ser diferente.

Las siguientes especificaciones se proporcionan para realizar una operación eficiente y coordinada entre todas las terminales SPADE.

Código de registro de señal de sistema No. 5

SEÑAL	FRECUENCIAS (Compuesta) Hz	OBSERVACIONES
KP1	1100 + 1700	Tráfico terminal
KP2	1300 + 1700	Tráfico de tránsito
1	700 + 900	
2	700 + 1100	
3	700 + 1300	
4	900 + 1300	
5	900 + 1300	
6	1100 + 1300	
7	700 + 1500	
8	900 + 1500	
9	1100 + 1500	
0	1300 + 1500	
Código 11	700 + 1700	Código 11 operador
Código 12	900 + 1700	Código 12 operador
ST	1500 + 1700	Fin de pulsación

Tabla 8.2

8.14.2 Inter-unidad de señalización

8.14.2.2 Canal de señalización común

Toda la inter-unidad de señalización entre las terminales de demanda asignada serán conducidas a través del canal de señalización común (CSC), el cual es encausado a través del satélite. El CSC será compartido sobre una base de división en el tiempo por todas las terminales de demanda asignada dentro de la comunidad de países participantes, esto es, cada terminal transmitirá por lo menos una pequeña ráfaga de datos de información de señalización dentro de cada sistema enmarcador de tiempo, de tal forma que dichas ráfagas de información sean recibidas consecutivamente por el satélite y posteriormente transmitidas a todas las terminales SPADE. Así cada terminal, habiendo transmitido sólo una ráfaga local de datos en el tiempo asignado dentro de cada sistema enmarcador de tiempo, recibirá un haz local de datos de todas las terminales en operación.

Allí estarán 50 haces iguales de tiempo (uno de referencia, uno de prueba y 48 de datos), disponibles en cada sistema y cada sistema enmarcador de tiempo será de 50 mseg. Debe notarse que todas las terminales de demanda asignada podrán ser asignadas a cualquiera de los 48 haces disponibles, pero una vez asignado durante un período operacional específico, debe transmitir sólo ese haz.

Por otra parte, si alguna terminal (o terminales), no transmite en uno ó más sistemas enmarcadores de tiempo, esta omisión no afectará la operación de cualquier otra terminal operando, ni será necesario que las otras terminales SPADE alteren su espacio de transmisión preasignado.

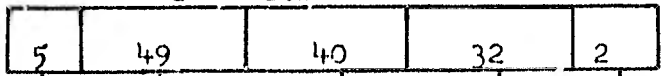
8.14.3 Formatos requeridos

8.14.3.1 Haces de referencia

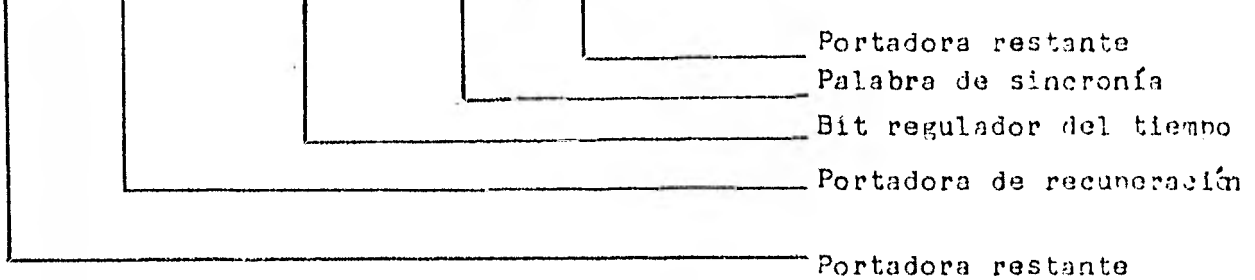
Un haz de referencia único, que pueda ser singularmente identificado de los demás haces es requerido en cada sistema enmarcador de tiempo. Este haz será referido a un reloj independiente. El haz de referencia será usado por las otras terminales para referencia de tiempo y así transmitir el haz que arribará al satélite en secuencia propia a todos los otros haces y no tener traslape con el precedente y con los siguientes haces.

El haz de referencia incluirá bits para recobrar la portadora, recobrar el bit de tiempo, y la palabra en sincronía. También, un equivalente de siete bits tiempo serán provistos para haces de guarda en tiempo y tiempo restante de portadoras. (Ver la siguiente figura para estructura detallada del haz de referencia).

128 Bits



Número de bits



En la salida del modem CSC los 49 bits para recobrar la portadora son todos "1" s ó todos "0"s (resultando en no modulación). -- Los 40 bits para recobrar el bit en tiempo son alternativamente "0"s y "1"s. Los 32 bits de la palabra de sincronía son:

1111 1110 0110 0010 1000 0110 0000
 Primer bit transmitido

3.14.3.2 Haz de datos local

Los haces de datos locales serán transmitidos por terminales consecutivas de acuerdo a su espacio de transmisión preasignado. -- Todos los haces de datos tendrán la misma palabra de identificación, pero será diferente de la usada por el haz de referencia. Todos -- los sincronizadores del canal de señalización común serán capaces de transmitir tanto el haz de referencia como el haz de datos local sin embargo, sólo una terminal pre-asignada será autorizada para -- transmitir el haz de referencia a la vez.

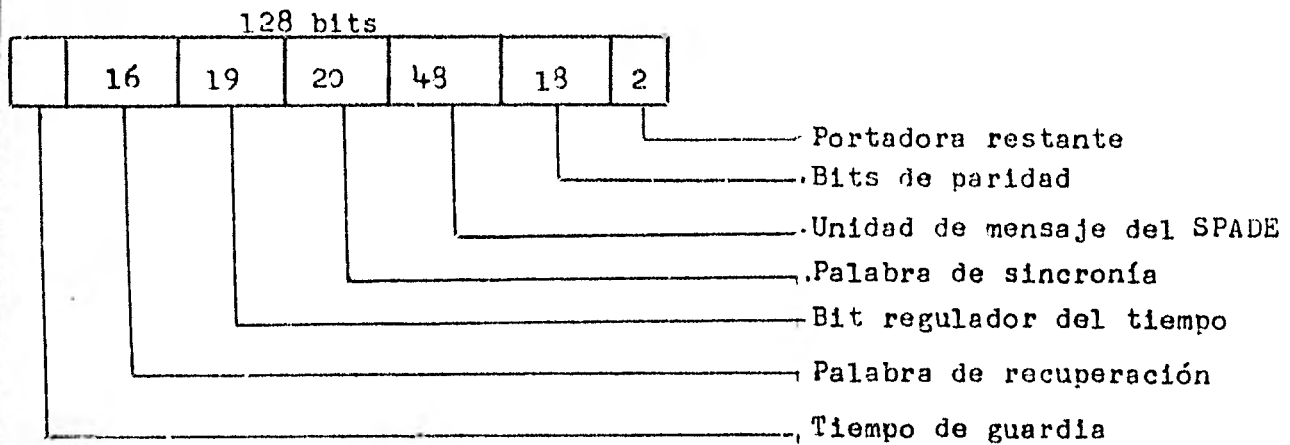
El haz de datos local incluye bits para recobrar la portadora recobro del bit en tiempo, y la palabra de sincronía. Los haces de datos local también incluirán bits de información y bits de detección de errores en los mensajes. También, un equivalente de siete bits en tiempo serán provistos entre todos los haces consecutivos -- de tiempo para haces de guardia de tiempo.

En la salida del modem CSC los 16 bits para recobrar la portadora son todos "1"s ó todos "0"s (resultando en no modulación). -- Los 19 bits para recobrar el bit en tiempo están alternando "0"s y "1"s.

Los 20 bits de la palabra de sincronía son:

0000 0100 0111 1011 0111
 ↑ Primer bit transmitido.

Vease la siguiente figura para una estructura detallada de los de datos local:



3.14.5 Unidad de mensaje de haz de datos local

Cada unidad de mensaje de haz de datos local contiene la siguiente información:

	No. de bits
Código de identificación del tipo de haz (ID)	4
Número de la terminal SPADE (T)	6
Número del circuito de acceso (N)	6
Número del circuito del satélite (S)	12
Unidad de señal (U)	<u>20</u>
	43

En un canal de señalización, cierta información debe ser procesada por todas las terminales, mientras que otra información debe ser sólo procesada por la terminal a la que es dirigida. Por esta razón, para la identificación del tipo de ráfaga (ID), la información se agrega a cada haz para simplificar el procesamiento de la señal requerida por cada terminal. Por ejemplo, teniendo haces de código ID 0010₂, 0010₂, 0011₂, 0110₂ serán siempre procesados por cada terminal SPADE, independientemente de la terminal a la que es dirigida. Los haces restantes deben ser sólo procesados por las terminales SPADE que envían el mensaje y a la que va dirigido. En la actualidad sólo tres bits son usados en este carácter. El cuarto bit podría ser utilizado en el futuro para otras funciones conforme se requiera.

El campo del número de la terminal SPADE (del 5 al 10 bit), se usa para designar la terminal SPADE a la que la ráfaga. El sistema SPADE enmarcador CSC básico contiene 50 haces. La posición de el haz "0" es ocupada por el haz de referencia, la posición de el "1" puede ser usada por cualquier posición para operación de prueba con ella misma; el resto de las 43 posiciones de los haces son asignadas a cada una de las terminales SPADE. Los números asignados a cada una de las terminales SPADE, corresponden a las posiciones de los haces. De esta manera el número de terminal 000000₂ está reservado para la ráfaga de referencia y no es visto por el SSP. El número de terminal 000010₂ al 110001₂ pueden ser asignados a terminales SPADE individuales. El número de terminal 11111₂ es usado para indicar que la información contenida en un haz debe ser procesada por todas las terminales SPADE. Los números de terminal 110010₂ al 111110₂ no son usados por el sistema SPADE.

El campo del número del circuito de acceso (del bit 11 al 16), se usa para identificar al circuito de acceso de la terminal SPADE, al cual la información señalizada pertenece. En el caso de mensaje director inicial (IAM), el cual es normalmente dirigido a algún circuito de acceso libre en el ingreso a la terminal SPADE, se usará el número de circuito de acceso 000000₂. En el caso de un IAM el cual es para llamar a un número de circuito de acceso específico, éste campo contendrá el binario equivalente especificado de ese circuito de acceso. En todos los otros tipos de mensaje, este campo siempre contiene el número del circuito de acceso para el acceso por la terminal SPADE designada para procesar el haz. El acceso a los números de circuito 111101₂, 111110₂, 111111₂ no se utilizan actualmente.

El campo del número del circuito del satélite (del bit 17 al 23) contiene un número binario del circuito del satélite para ser usado por la llamada a la que ha sido referido. Los canales del satélite son siempre usados en pares para formar los circuitos bidireccionales por asignación de demanda del satélite. Un total de 397 circuitos del satélite pueden ser usados en los transponders de satélite INTELSAT IV. El par de canales asignados son 3 y 404, 4 y 405, etc., hasta los canales 399 y 300. Los canales 1, 2, 400, 401 y 402 no son usados. El canal 403 es usado para el canal de coordinación (OW).

El campo de la unidad de señal (del bit 29 al 48), puede contener señales telefónicas, señales de sistemas de control de señalización o señales de sistemas de manejo, dependiendo del tipo de unidad de señal. Sólo un tipo de señal de control se requiere en el sistema de señalización SPADÉ, por ejemplo, la unidad de señal de reconocimiento (ID = 0000). Dos sistemas de unidades de señal de manejo son usadas, por ejemplo, el estado del circuito del satélite y el gasto, y el estado de las unidades de señal (ID = 0001 al 0010). Cinco unidades de señal (ID = 0011 al 0111) son usadas para señales telefónicas. Los códigos ID restantes (1000 al 1111) no se utilizan.

CAPITULO 9 SISTEMA SCPC.

En el presente capítulo, se presentan las características y parámetros del sistema SCPC (Single Channel per Carrier), necesarios para poder implementar dicho sistema dentro de la red INTELSAT

Este sistema de un sólo canal por portadora es una consecuencia del sistema SPADE y muchas de sus características son similares a dicho sistema, pero sin la capacidad de asignación por demanda. Por ello, las portadoras individuales de RF son preasignadas ya sea a un canal digital de voz o a un canal de datos; siendo la modulación para voz PCM/PSK/FDMA y para datos PSK/FDMA.

9.1 Descripción del sistema

El sistema SCPC usa un plan para la asignación de frecuencias que es completamente compatible con el sistema SPADE. Por otra parte en las regiones que no usan el sistema SPADE, puede ser incorporado en una configuración como la que se presentará posteriormente. Para la operación en una terminal equipada con sistema SPADE, el equipo del canal SCPC puede instalarse directamente a la IF con la terminal SPADE, o bien, puede unirse como una terminal SCPC senarada con un subsistema IF independientemente de acceso a otro transponder a través de un enlace diferente al del sistema SPADE.

Los canales de la terminal SCPC tienen tres configuraciones funcionales:

1. Canal digital de voz, usando el tipo convencional de unidad de canal de voz SPADE.
2. Canal de datos digitales, a 43 ó 50 Kb/seg. usando codificación convolucional de razón 3/4.
3. Canal de datos digitales, a 56 Kb/seg. usando codificación convolucional de razón 7/3.

Estos se pueden implementar con unidades de canal de función única, o por unidades de canal multifuncionales y en cualquier cantidad o mezcla de funciones según se desee.

9.1.1 Organización del equipo

Puede dividirse al equipo en dos categorías para propósitos descriptivos:

1. Equipo común
2. Unidad de canal.

El equipo común es compartido por todas las unidades de canal e incluye el subsistema IF, generadores de pilotos, subsistema AFC todos los osciladores comunes, y (si se implementó) el subsistema AGC. Únicamente se requiere de un juego de equipo común por terminal, para el acceso a cualquier transponder.

67

Cada unidad de canal está compuesta de un juego apropiado de subunidades funcionales, de acuerdo al modo de operación deseado. Las subunidades funcionales necesarias para cada uno de los modos se presenta a continuación:

A) En todos los modos:

1. Modem PSK de cuatro fases
2. Dos sintetizadores de frecuencias de canal. Para la operación en un transponder SPADE ó en cualquier otro donde la diferencia entre la frecuencia de los canales de transmisión y recepción sea 13.045 MHz. La unidad de canal SCPC puede usar un sintetizador de frecuencia de canal.

B) Para voz:

1. Codec (codificador-decodificador) PCM
2. Sincronizador de transmisión
3. Detector de voz
4. Sincronizador de recepción

C) Para datos:

1. Codec de razón 3/4 para 43 ó 50 Kb/seg.
2. Codec de razón 7/3 para 56 Kb/seg.
3. Unidad de enlace de datos.

Se requiere de una unidad de canal por cada modo de operación de datos. Las unidades de canal, hasta un máximo de 10, se agregan a la unidad sin modificaciones a las especificaciones comunes.

9.1.2 Descripción funcional

La fig. 9.1 es un diagrama de bloques de una terminal en la cual se muestran unidades de canal con varias combinaciones de funciones. Aún cuando no se tiene en todas las terminales, también, el subsistema de referencia piloto.

Para la operación de voz, el enlace se realiza directamente con el codec PCM debido a que el canal es preasignado. El contenido del canal de voz es supervisado por medio de un detector de voz que se utiliza para encender la portadora de canal cuando haya conversión y de este modo conservar la energía del satélite como función de la conversación activa. Las salidas del detector de voz y del codec PCM son procesadas en la porción transmisora del sincronizador de canal, en donde las funciones de regulación de tiempo, formación y compensación se realizan. El modem PSK modula a la portadora designada con el flujo de bits de salida y también demodula el canal de retorno, recobrando a la portadora y a la señal del sincronizador de canal establece la sincronización del tiempo y compensa la información PCM, para posteriormente enviarla al decodificador PCM. Las frecuencias apropiadas necesarias para la portadora de transmisión y la selección del canal receptor se suministran por medio de un sintetizador transmisor y receptor respectivamente.

Las portadoras moduladas, tanto de salida como de entrada, pasan a través del subsistema IF, el cual se enlaza con los convertidores, tanto de entrada como de salida, de la estación terrena, a

... se efectúa directamente -
 7/3, dependiendo de la razón
 correctores de error se agre--
 con los datos de entra
 PSK en el mismo punto que el -

funcionales mostradas como ejemplo
 canalizador de canal, codec de razón -
 PSK unidos en un colector de da
 para recepción, con las señales -
 necesarios para el modo de servi
 una unidad de canal con función uni-
 de datos y de las señales de activa-

Frecuencias

... asignado para operar SCPC puede ser conside-
 ancho de banda de un transponder completo -
 los modos de operación, la señal de referencia
 permitida por una de las estaciones en la red es
 la banda asignada y separada por 67.5 KHz de -
 las portadoras adyacente designadas en el ancho
 Las frecuencias de las portadoras designadas es
 intervalos de 45 KHz de los extremos superior e
 de banda asignado. Las dos frecuencias de canal
 implementar un circuito serán capaces de ser asigna
 flexibilidad a cualquiera de las frecuencias de la
 asignada.

siguiendo la convención usada en el sistema SPADE (ver fig.9.2)
 las frecuencias de las portadoras designadas serán numeradas del 1
 al 400. La portadora no. 1 estará 17.9775 MHz abajo de la frecuen-
 cia de la referencia piloto; la portadora 401 estará 22.5 KHz arri-
 ba de la frecuencia de la referencia piloto y no debe utilizarse: -
 la portadora 300 estará 17.9775 MHz arriba de la frecuencia de la -
 referencia piloto.

Si se utiliza, el piloto secundario, con el mismo nivel de es-
 tabilidad y de las mismas condiciones de frecuencia que la referen-
 cia piloto, debe asignarse a la frecuencia de la portadora designa-
 da (399), que está 67.5 KHz abajo de la frecuencia de la referencia
 piloto.

Cuando el sistema SCPC está operando en un transponder SPADE,
 se utilizan tanto la referencia piloto SPADE como su plan de fre--
 cuencias. Además, no se transmite el piloto secundario.

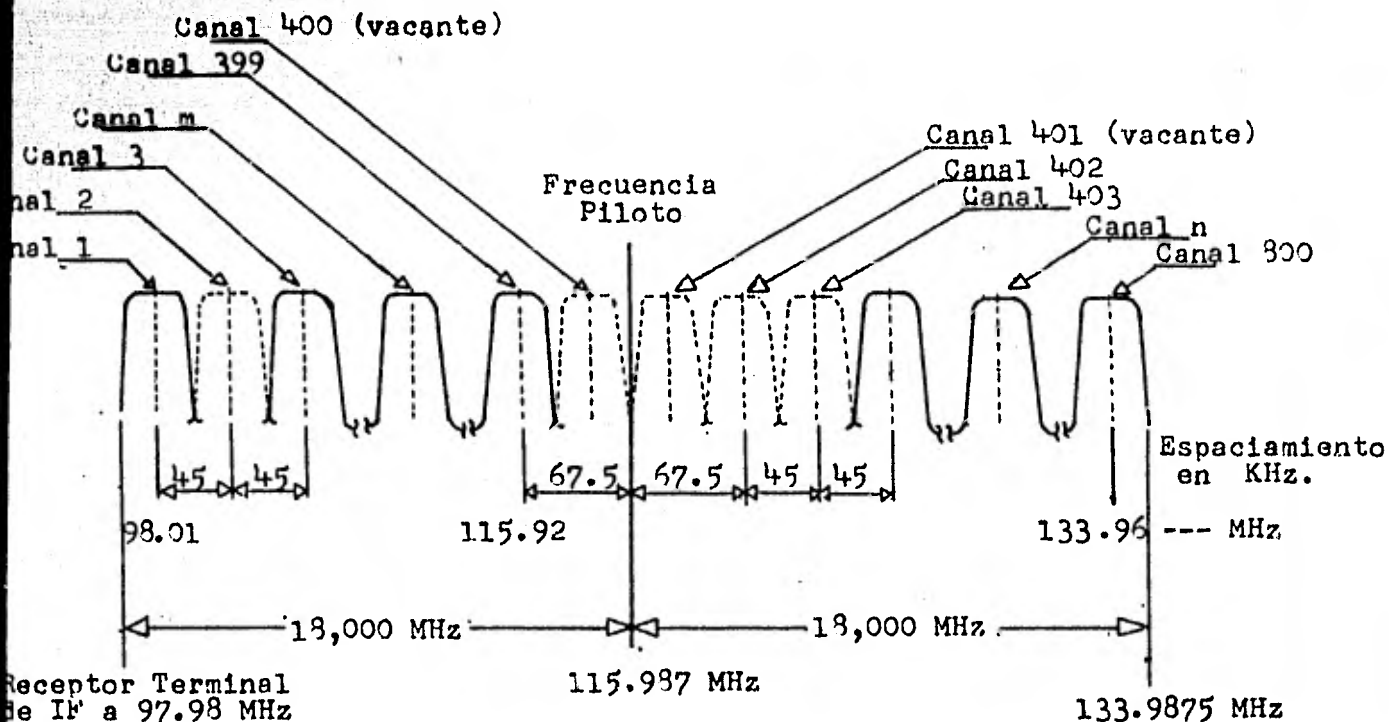


Fig. 9.2 Plan de frecuencias del SCPC

9.1.4 Especificaciones del sistema RF.

- 1) Ancho de banda del ruido de IF: 38 KHz
- 2) Ancho de banda del canal de RF: 45 KHz
- 3) e.i.r.p. nominal del satélite en el extremo del haz: -7 dBW
- 4) G/T en punto de operación: -167.3 dBW/K
- 5) e.i.r.p. máxima de operación de la estación terrena necesaria en un ángulo de elevación de 10 : 63.5 dBW.
- 6) Espaciamiento del canal: 45 KHz \pm 50 Hz
- 7) Estabilidad de la e.i.r.p.: \pm 0.5 dB
- 8) Tolerancia de la frecuencia de transmisión: \pm 200 Hz.
- 9) AFC y AGC del receptor: una referencia piloto deberá ser transmitida a través del satélite para permitir el uso del AFC de la terminal, y si se desea, el AGC de la terminal.
- 10) Tolerancia de la IF de recepción: \pm 2 KHz con respecto al centro de el ancho de banda del filtro.

9.2 Equipo común.

El equipo común de la terminal SCPC incluye el subsistema IF, la unidad de tiempo y frecuencia, y, si se requiere, el subsistema de referencia piloto.

9.2.1 Subsistema IF

Las funciones del subsistema IF son:

- 1) Aceptar portadoras moduladas de las unidades del canal individual y del oscilador piloto combinándolas en un espectro único, y si es necesario, heterodinar dicho espectro a la frecuencia intermedia de la estación terrena requerida.
- 2) Aceptar el espectro de portadoras recibido a la IF de la estación terrena, limitar el ancho de banda por medio de un filtro de IF en la estación terrena, limitar el ancho de banda por medio de un filtro de IF en la estación terrena, de acuerdo con la banda de frecuencia asignada, heterodinar este espectro a la IF de la terminal SCPC usando la referencia piloto, y suministrar una réplica de dicho espectro a cada unidad de canal para la selección y demodulación de canal.
- 3) Realizar una función AGC para centrar el espectro recibido precisamente a la IF de la terminal SCPC, usando la referencia piloto suministrada por una de las estaciones de la red SCPC, o si está en una región SPADE, usando el piloto SPADE.
- 4) Realizar, si se desea, una función AGC de la terminal usando la referencia piloto.

9.2.2 Subsistema transmisor.

Es recomendable que el espectro transmitido de IF de la terminal SCPC sea de 70 \pm 13 MHz, ya que 70 MHz es típicamente la IF de la estación terrena. La parte transmisora del subsistema IF contiene un sumador IF, filtro pasa banda, además de la ecualización y amplificación necesarias. El sumador IF recibirá las entradas de todos -

los modems de las unidades de canal. El filtro pasa banda del transmisor tendrá una banda pasante de 36 MHz.

El espectro de entrada recibido a la IF de la estación terrena será trasladado a la IF de la terminal receptora (115.9375 ± 13 MHz) y después de realizar las funciones AFC y AGC será dividido en bandas pasantes, cada una de las cuales es distribuida a cada modem de la unidad de canal..

Los filtros pasabanda de recención son designados para eliminar la frecuencia centrada VCO (del oscilador controlado por voltaje) y las bandas laterales indeseables del espectro recibido, y proveer la exclusión de la imagen del ruido en el modem de la unidad de canal. Un filtro pasará la mitad inferior de la banda de IF de la terminal de la frecuencia menor al centro de la banda con una atenuación mínima de 30 dB a la IF mayor de la terminal. El otro filtro pasará la mitad superior de la banda de IF de la terminal del centro de la banda a la frecuencia mayor con un mínimo de atenuación a través de esa banda y provee una atenuación mínima de 30 dB a la IF menor de la terminal (vea figura 9.3).

El divisor IF tendrá dos secciones. Cada sección aceptará la salida de su respectivo filtro y proporcionará una réplica de ese espectro para cada demodulador de canal. Además, los filtros pasa bandas y pasa banda y el divisor suministrarán el evento AFC.

9.3 Unidad de canal

9.3.1 Codec de voz PCM

Este codec usará codificación de 7 bits y tendrá una razón de muestreo de 3 000 muestras/segundo.

9.3.2 Especificaciones del codificador

El tono de prueba del codec PCM será de 920 Hz a 0 dBm0.

El punto de sobrecarga estará en +2 dBm0 y el codificador operará con bits y enmarcador de tiempo suministrados por el sincronizador de transmisión.

9.3.3 Especificaciones del decodificador.

La señal de entrada del decodificador será entregada por la unidad de sincronización de recención del codificador. El decodificador operará con un reloj de 56 KHz y una señal enmarcadora de tiempo de 3 KHz que será suministrada por la unidad de sincronización de recención. La salida del decodificador PCM estará directamente conectada a una línea balanceada de 4 alambres.

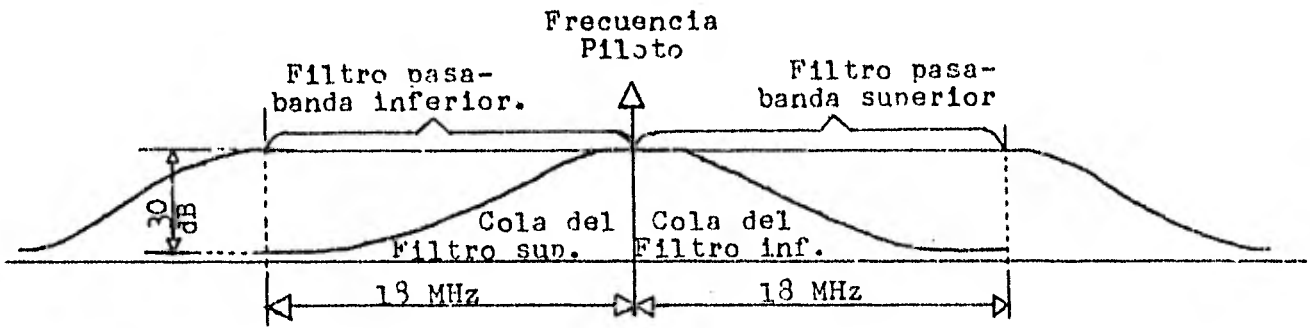


Fig. 9.3 Características del filtro pasabanda del receptor

9.3.4 Detector de voz

9.3.4.1 Especificaciones de la entrada y el umbral.

La entrada del detector de voz consistirá de la salida digital en serie del flujo de bits del codificador PCM. Además, señales de regulación de tiempo de 3 KHz y 5⁶ KHz usadas para los bits y enmarcadores de tiempo estarán provistas en el detector de voz. El umbral del detector de voz es definido en términos de la energía de una señal senoidal de entrada que cambia la señal de control de salida del detector de voz a la condición de "encendido".

9.3.4.2 Inmunidad al ruido

El detector de voz no será activado más de una vez cada 5 segs. por el ruido blanco Gaussiano de banda limitada (300 a 4200 Hz) con una energía de 8 dB abajo del nivel del umbral.

9.3.4.3 Especificaciones de salida

La señal de salida del detector de voz será un "1" lógico en la condición de "encendido" y un "0" lógico en la condición de "apagado"



CAPITULO 10 MODEM PSK

El modem de canal PSK de cuatro fases realiza las siguientes -- funciones:

- 1) Acepta dos líneas de voz paralelas con ráfagas de datos a 32 Kb/seg del sincronizador de transmisión o del codec de datos y provee de una ráfaga controlada o portadora continua modulada al -- subsistema IF cuando se requiere.
- 2) Acepta un espectro FDM de portadoras moduladas del subsistema IF y recobra del canal deseado un registro de tiempo coherente en -- sincronía con los datos demodulados.

El funcionamiento del modem definido aqui cae esencialmente en dos modos de operación diferentes: ráfaga y continuo. La operación con voz se hace por medio de ráfagas; la operación con datos, usando la codificación convolucional es de forma continua; la operación con datos es un modo de operación con ráfagas.

En general se preferirá que el diseño de un modem contenga ambos modos de operación: continuo y ráfaga.

10.1 Modulador

10.1.1 Especificaciones de entrada

El demodulador deberá proveerse con las siguientes señales:

- 1) La IF del modulador de 45.9375 MHz del oscilador de la portadora de el canal local, localizada en la TUF (Unidad de Tiempo y Frecuencia).
- 2) La frecuencia del primer mezclador L.O. deberá proveerse de un -- sintetizador de frecuencias de transmisión para producir la frecuencia de portadora IF de transmisión, con una exactitud y una estabilidad de ± 50 Hz. Esta portadora deberá ser modulada por el tren de -- pulsos filtrados con un filtro pasa-bajas del sincronizador transmisor de voz o del codec de datos, de tal forma que resultará una señal PSK de cuatro fases. (Ver tabla 10.1).
- 3) Las dos secuencias de datos del sincronizador transmisor de voz o el codec de datos, son designados canal de datos A y canal de datos B y funcionan a 32 Kb/seg cada una, para señales de voz y a 48 -- Kb/seg para señales de datos o 56 Kb/seg para modos de datos. El -- canal de datos A y el canal de datos B, deberán generar las fases resultantes de la portadora IF de acuerdo a la tabla 10.1.

Los componentes en cuadratura de la portadora que está modulando se deberán mantenerse con una tolerancia de 90 ± 1.5 sobre el rango completo de frecuencias de entrada al sintetizador.

Antes de modular cada secuencia de datos, ésta deberá pasar por un filtro pasa-bajas, para producir una banda limitada con un centro en la frecuencia portadora.

4) Una señal portadora de encendido/apagado será suministrada por el sincronizador de transmisión. El nivel de transición de apagado a encendido estará en sincronismo con la señal de encendido detectora de voz, del sincronizador de transmisión. Un "1" lógico indicará el estado de encendido y un "0" lógico el estado de apagado.

10.1.2 Especificaciones de salida

La salida del modulador deberá ser una señal modulada limitada de cuatro fases, centrada en la frecuencia de la portadora asignada. El nivel de salida del modulador deberá estar dentro de ± 0.3 dB con respecto al valor nominal de 0 dBm con 50 Ohms. Los productos de modulación cruzada de cualquier modulador en un ancho de banda de 36 MHz centrada y observada a la IF de la estación, deberá ser reducida a más de 40 dB del nivel de una portadora única.

Una forma sencilla de ajustar la potencia de la salida en ± 3 dB deberá ser suministrada.

En el modo de ráfaga, para cada ráfaga de datos, la IF de salida del modulador PSK deberá encenderse con la señal portadora encendido/apagado suministrada por el sincronizador de transmisión.

Definiciones de fase PSK

	Canal A	Canal B	Fase resultante
Fase de referencia	1	1	0
	0	1	+90
	0	0	+180
	1	0	+270 (-90)

Tabla No. 10.1

10.2 Demodulador

10.2.1 Especificaciones de la entrada

El demodulador deberá estar provisto de las siguientes señales:

- 1) La mitad inferior del espectro IF recibido conteniendo portadoras individuales SCPC en el rango de frecuencias de 93 a 116 MHz. Cada portadora individual puede variar del valor nominal por ± 3 Db y puede tener una variación de la frecuencia nominal de la portadora de ± 2 KHz.
- 2) La mitad superior del espectro IF conteniendo portadoras individuales SCPC en el rango de frecuencias de 116 a 134 MHz. Cada portadora individual puede variar del valor nominal por ± 3 dB y puede tener una variación de la frecuencia nominal de la portadora de ± 2 KHz.
- 3) La señal de selección de banda deberá ser una señal binaria suministrada por el sintetizador de frecuencias de canal. Esta señal deberá identificar cual mitad de la banda IF contiene el canal deseado. Un "1" lógico designará la mitad superior del espectro IF y un "0" lógico designará la mitad inferior.

4) La frecuencia del primer mezclador L.O. será suministrada por el sintetizador de frecuencias del canal receptor a un valor que, mezclado con la frecuencia de la portadora recibida deseada producirá - la primera IF de 13.045 MHz del demodulador.

5) La frecuencia del segundo mezclador L.O. proveniente del oscilador centrado de canal en la TUF, es usada para convertir el canal deseado a uno con frecuencia más conveniente (segunda IF del demodulador) en la cual un filtro pueda separar el canal deseado con la mínima interferencia de co-canal. La segunda IF del demodulador, seleccionado en cualquier proyecto, deberá ser múltiplo de 64 KHz. El valor de la frecuencia del oscilador centrado del canal será:

$$f_{\text{cont}} = (13.045 - f_{\text{portadora}}) \text{ MHz}$$

10.2.2 Especificaciones del filtro

1) Filtro pasa banda de recepción. Un filtro pasabanda centrado a 13.045 MHz deberá ser suministrado para seleccionar el ancho de banda del espectro recibido. El canal deseado estará centrado a 13.045 MHz y ocupará un ancho de banda de 45 KHz, en los canales adyacentes pueden estar a $13.045 \text{ MHz} \pm (N)45 \text{ KHz}$, en donde N es cualquier entero de 1 a 400. El ancho de banda de 20 dB será aproximadamente de 3 MHz. Las características de transferencia de este filtro será de -- transparencia efectiva al canal deseado.

La salida del filtro pasa banda deberá alimentar al segundo mezclador para trasladar a la frecuencia del demodulador de canal. La frecuencia del demodulador de canal deberá ser mayor en 1 MHz para evitar sobreposición de canales adyacentes. La frecuencia de mezclador para llevar el canal deseado al filtro pasa banda es la del oscilador centrado de canal del TUF.

2) Filtro de canal. El filtro de canal estará centrado a la frecuencia portadora demoduladora escogida. El ancho de banda del filtro de canal. será tal que la interferencia causada por canales activos adyacentes, cuando ambos canales adyacentes estén localizados tan proximos al canal central como sea posible considerando una tolerancia de $\pm 2 \text{ KHz}$, no cause una razón de error de bit peor de 1×10^{-4} para una E/No no mayor de 10.7 dB, medido en el modem del canal central. Esta especificación se aplicará cuando la interferencia de los espectros de los canales es generada por portadoras moduladas por trenes de bits binarios aleatorios.

10.2.3 Portadora coherente y bit de recuperación de sincronía.

La señal de entrada consistirá de ráfagas moduladas de información. Entonces la portadora y el bit de sincronía deben ser recuperados para cada ráfaga por separado. La duración entre ráfagas es aleatoria, pero cuando una portadora está presente, el inicio de una palabra de inicio de mensaje (SOM) aparecerá cada 3.5 milisegundos, aunque puede no ocurrir transición de bit entre tanto. El bit de sincronía una vez recuperado será mantenido mientras la portadora está siendo recibida.

Cada vez que la portadora es activada en el modulador un preámbulo es mandado específicamente para la recuperación de la portadora y del bit de sincronía. Este preámbulo consiste de 20 bits de "1" - en los canales A y B seguidos por 40 bits de "1"s y "0"s alternados en cada canal a 32 Kb/seg. La frecuencia del reloj marcador de recuperación el cual es alimentado por el sincronizador de recepción -- será de $64 \text{ KHz} \pm 10 \text{ Hz}$.

Después de recibir el preámbulo, el demodulador será sincronizado y preparado para la recuperación de la información. Los circuitos recuperadores de la portadora operarán sobre un rango de frecuencias de $\pm 2 \text{ KHz}$ desde el centro de la frecuencia del canal demodulador.

10.2.4 Especificaciones de la salida.

El demodulador sacará el bit de sincronía como una onda cuadrada con un ciclo de trabajo del 50%, cuyo borde anterior es coincidente con las transiciones de las ráfagas de datos. El bit de sincronía será de 32 Kb/seg para la voz, 48 Kb/seg para datos, ó 56 Kb/seg

Los datos recuperados serán separados en flujos de los canales A y B y sincronizados con el bit de sincronía recuperado.

El demodulador adquirirá una señal portadora, cuando el bit de sincronía haya sido recuperado. Un "1" lógico indicará adquisición y "0" lógico indicará pérdida de adquisición. Después de una pérdida de adquisición el nivel de transición de "1" a "0" ocurrirá dentro de 2 milisegundos.

CAPITULO 11 CODECS DE DATOS

La función de los codecs de datos es triple:

- 1) Generar los bits de paridad apropiados para el control de errores de transmisión y para la unión con el modulador.
- 2) Aceptar la señal demodulada y recobrar la sincronización correcta y deconmutación.
- 3) Usar la información del bit de paridad para la corrección de errores.

Un codec de razón $3/4$ se requiere para datos de entrada con una razón de $4/3$ y 50 Kb/seg. Un codec de razón $7/3$ se requiere para datos de entrada con una razón de $5/6 \text{ Kb/seg.}$

11.1 Codec sincronizador convolucional de razón $3/4$

El codec convolucional de razón $3/4$ (CCR $3/4$) es codec corrector de error de envío, el cual utiliza el umbral decodificador. El circuito es usado en un canal de comunicación digital para reducir la razón error/bit para una relación señal/ruido dada. El CCR $3/4$ especificado aquí es un codec auto-sincronizador diseñado específicamente para usarse con un codec PSK de cuatro fases.

La operación del circuito se describe haciendo referencia a la FIG.11.1 El codificador acepta una secuencia de datos de entrada en serie, nominalmente a 50 Kb/seg. (R_1) y efectúa una conversión serie a paralelo (tres líneas). Las tres secuencias de datos paralelos -- son desplazados a través de los registros de datos i, j y k por el reloj $1/3 R$. Cada registro es derivado en cuatro puntos conforme al algoritmo codificador (ver inciso 11.3).

Las salidas de las sumas de los registros i y j se agregan a la suma del registro k para generar un bit de paridad (P_0). Esta secuencia de paridad es re combinada con las tres secuencias de datos procesadas (i_0, j_0, k_0), para generar dos secuencias de datos paralelos (P y Q) las cuales son las salidas del codificador al modulador. Las secuencias i_0, k_0, k_0 y P_0 son conmutadas al que i_0 y j_0 secuencialmente van a la salida P cuando k_0 y P_0 secuencialmente van a la salida Q y los dos canales son invertidos de tal forma que i_0 y j_0 vayan a la salida Q y k_0 y P_0 vayan a la salida P . De este modo, una secuencia de datos de entrada a R_1 bus es convertida en dos líneas de salida a $2/3$ de R_1 bus para una conversión de bit de $4/3$.

La sección del decodificador está precedida por un sincronizador y una matriz de resolución ambigua requerida para la operación con un modem QPSK de cuatro fases. Hay 3 estados de salida ambiguos para el demodulador. Además, hay dos caminos para deconmutar los dos canales de entrada, resultando en 16 combinaciones posibles para ser "descifradas" por la matriz de resolución ambigua. La matriz de

resolución ambigua es controlada por un contador de estados, el cual selecciona el camino exacto para que los canales de entrada (P y Q) sean conectados a los registros I, j, k y P. El contador de estados es conducido a un estado que resultará en la secuencia de datos i -- dirigiéndose a la línea I del registro y así sucesivamente para j, k y n. La forma en que se encuentra este estado se describirá posteriormente.

Una vez que las secuencias apropiadas se conectan a las líneas I, j, k y n, se inicia el proceso decodificador. El decodificador regenera una estimación de la secuencia de paridad (β). Este generador de paridad es una copia exacta del generador de paridad del decodificador. Esta secuencia estimada (β) es entonces comparada con la paridad del receptor (P_0) y el resultado es llamado "síntomas" de -- que existe un error. Si ocurre un error, por ejemplo en el flujo de datos i, un predeterminado tipo de "síntomas", únicos para el registro i, serán generados. Estos "síntomas" son entonces desplazados a un registro de "síntomas". Un circuito de umbral detecta cualquier combinación de tres o más bits sobre las cuatro líneas de entrada. Cuando un error en la secuencia de datos i llega al punto i_{21} (la salida del registro i) la señal C_i será verdadero porque el detector de umbral está conectado de modo que "detecta" el tipo de síntomas generados por un error en la secuencia de datos i. C_i entonces complementa, la salida i_{21} , para corregir el error, además borra los "síntomas" que generaron C_i en el siguiente desplazamiento del registro de "síntomas". Las señales C_j y C_k son generadas en una forma similar.

Las secuencias correctas i, j y k son entonces convertidas de paralelo a serie para generar la secuencia de datos de salida en serie.

Las operaciones del circuito sincronizador son las siguientes: cuando la condición de la matriz de resolución ambigua no "descifra" correctamente las entradas P y Q, las señales C_i , C_j , y C_k ocurrirán anormalmente a razones altas. El sincronizador comparará continuamente la razón de estas tres señales con un valor predeterminado del umbral. Una vez que la razón exceda el umbral, un pulso "buscador" se genera, el cual causa que el contador de estados vaya a un nuevo estado. Si este es el estado requerido para "descifrar" las entradas P y Q, las señales C_i , C_j , y C_k caerán a una razón abajo del umbral y la decodificación adecuada comenzará. Si el nuevo estado no es correcto se generará otro pulso "buscador" y así hasta encontrar el estado requerido.

11.2 Codec sincronizador convolucional de razón 7/3.

El codec convolucional de razón 7/3 es similar en su principio general de operación al codec 3/4. La diferencia principal es el número de estados requeridos en el registro de corrimiento (shift register) y en la sincronización del contador de estados y deconmutador. El diagrama a bloques del circuito se muestra en la fig. 11.2.

El codificador acepta una secuencia de datos de entrada en se--

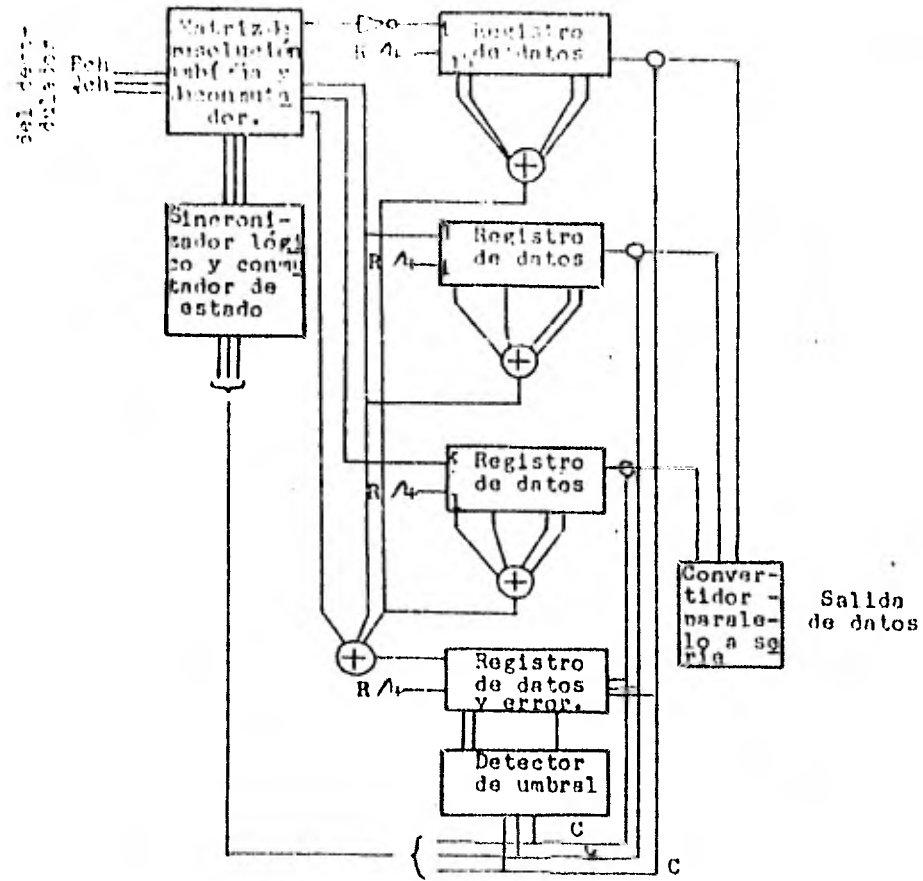


Fig. 11.1 Decodificador de razón 3/4.

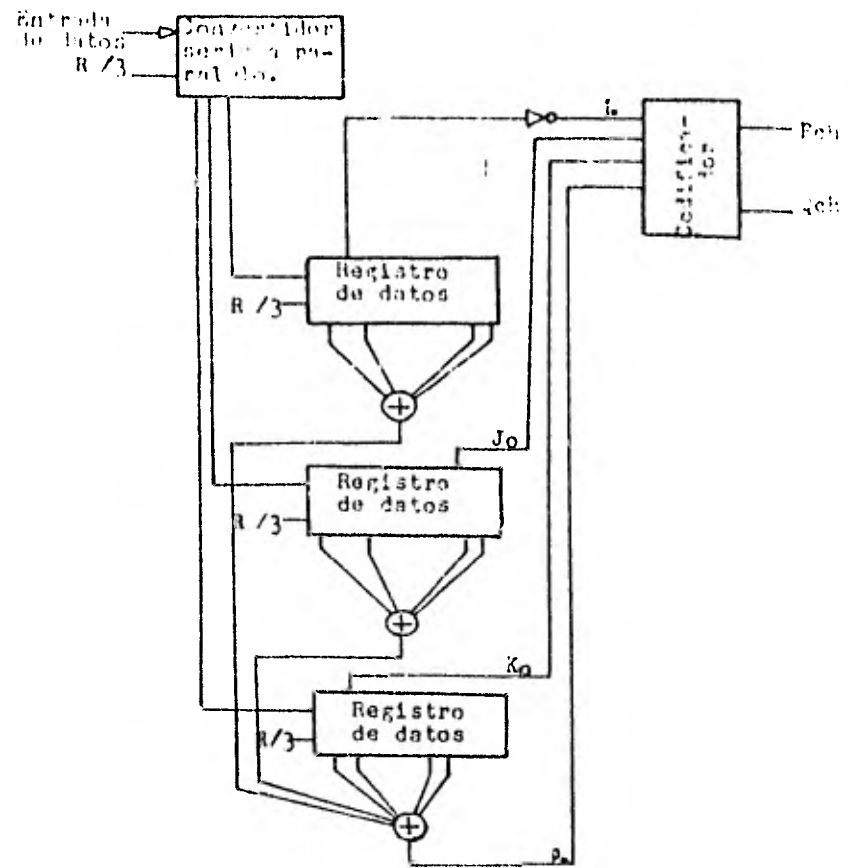


Fig. 11.1 Codificador de razón 5/4.

rie, nominalmente a 56 Kb/seg. (R_1) y realiza una conversión serie a paralelo en siete secuencias de datos. Las secuencias de datos son desplazados a través de siete registros de datos, cada uno de los cuales está derivado en cuatro puntos de acuerdo al algoritmo codificador. Las salidas de las sumas de los registros i, j, k, l, m y n se agregan a la suma del registro o , para generar una secuencia de bits de paridad P . Esta secuencia junto con los siete canales de datos ($i_0, j_0, k_0, l_0, m_0, n_0$ y o_0) son recombinados en el conmutador para generar dos secuencias de datos paralelos (P y Q) las cuales son las salidas del codificador al modulador. La secuencia de conmutación se describe en el inciso 11.3

La sección del decodificador está precedida por un sincronizador y una matriz de resolución ambigua para la operación con un modo QPSK de cuatro fases. Para el caso de la razón $7/8$, hay ocho estados ambiguos causados por las salidas del demodulador y cuatro caminos para deconmutar los dos canales de entrada resultando en treinta y dos estados controlados por el circuito sincronizador. El circuito sincronizador opera de la misma forma como en el codec de razón $3/4$ excepto por el número de estados.

Una vez que las secuencias apropiadas estén conectadas a los registros de datos se inicia el proceso de decodificador. Una estimación regenerada de la secuencia de paridad (P_0) es comparada con la paridad del receptor para generar los "síntomas" que existen de error. Un circuito imbral para cada línea de datos se conecta a puntos apropiados del registro de "síntomas". Cuando un error ocurre en la secuencia de datos i , por ejemplo, y llega a la salida del registro i , la salida C_i será verdadera, complementando la salida del registro i y borra los "síntomas". Las otras señales correctoras son generadas de una manera similar.

11.3 Algoritmos codificadores

Los algoritmos codificadores serán:

- A) Para el código convolucional se razón $3/4$:
 $(1,4,20,43), (1,22,35,44), (1,7,12,14)$
 donde la longitud máxima es 30 y la mínima distancia es 5
- B) Para el código convolucional de razón $7/8$:
 $(1,4,20,43), (1,22,35,44), (1,30,34,43), (1,26,37,43)$
 $(1,16,21,47), (1,3,9,33), (1,8,13,46)$.
 donde la longitud máxima es 343 y la mínima distancia es 5

El codec de error de datos proporcionará una señal continua de encendido de la portadora al modem PSK.

Para asegurar compatibilidad entre todo el equipo del canal de datos SCPC, se debe utilizar la siguiente secuencia de codificación-decodificación del canal de datos.

- 1) En los codificadores convolucionales tanto el $R 3/4$, como el $R 7/8$, los bits "1" serán invertidos antes de transmitirse (pero después que la paridad es derivada) e invertidos nuevamente a su estado original antes de decodificar (y antes de derivar la paridad) en el re-

centor.

2) No debe haber inversión neta en la lógica de los canales de datos antes de la derivación de la paridad ni después de la decodificación

3) La secuencia del conmutador proporcionará los datos codificados - al modem con el siguiente formato:

A) Formato para el codificador de razón 3/4:

P: ... $\bar{i}_0, j_0, k_1, p_1, \bar{i}_1, j_1, k_2, p_2, \dots$
 Q: ... $k_0, p_0, \bar{i}_1, j_1, k_2, p_2, \bar{i}_3, j_3, \dots$

B) Formato para el codificador de razón 7/8:

P: ... $\bar{i}_0, j_0, k_0, l_0, m_1, n_1, o_1, p_1, \dots$
 Q: ... $m_0, n_0, o_0, p_0, \bar{i}_1, j_1, k_1, l_1, \dots$

Donde $\bar{i}_0, j_0, k_0, l_0, m_0, n_0, \bar{i}_1, j_1, \dots, o_1, \bar{i}_2, \dots, o_2$ son bits de información.

p_0, p_1, p_2 son bits de paridad
 P y Q son canales modem.

En la fig 11.3 hay una ilustración del tiempo relativo entre -- los bits de datos y las derivaciones del registro usado en el cálculo de los bits de paridad

CAPITULO 12 PRESENTACION DE UN METODO ALTERNATIVO PARA PROLONGAR LA VIDA UTIL DEL INTELSAT IV-A.

En el plan de frecuencias asignado al INTELSAT IV-A, México -- cuenta con la asignación de canales que dan un total de 120 canales.

Por otra parte, de acuerdo con las estimaciones presentadas en la tabla de canales telefónicos internacionales, vía satélite, entre México y el mundo, el número de canales necesarios para satisfacer las necesidades de tráfico ascienden a 197. Cantidad muy superior a los canales disponibles para México de acuerdo al plan de frecuencias mencionado..

Una manera de prolongar la fecha de saturación de vida efectiva del INTELSAT IV-A, es el empleo de portadoras PSK con interpolación digital de voz (DSI), en los canales de entrada y compartiendo los transponders del satélite entre las portadoras de las diferentes estaciones terrenas por medio del acceso múltiple por división de frecuencia.

La operación propuesta es similar a utilizar portadoras FM en el modo FDMA con la ventaja de que se obtiene un incremento de 2 a 1 con el empleo de DSI.

En la fig. 12.2 se presenta un diagrama de bloques del sistema FDMA/PSK/DSI. Los canales de entrada con la señal analógica de voz se convierten a la forma digital en los codificadores PCM, -- que proveen de un flujo de muestras digitales de voz con multiplexaje de tiempo a la unidad DSI. El codificador muestrea cada canal de voz a una frecuencia de 3 KHz y utiliza 3 bits por muestra, proporcionando una razón de salida de 64 Kbps por canal de voz. La salida de la unidad DSI es entonces procesada por el enlace de transmisión al satélite. El codificador de corrección de error adelantado puede o no ser aplicado dependiendo de la razón portadora a ruido requerida en el enlace.

Se propone la modulación PSK de 4 fases para asegurar el uso efectivo tanto de la potencia como del ancho de banda del satélite.

En los siguientes párrafos se describirán:

- 1) Las características de transmisión del sistema para diferente -- número de canales de entrada de voz.
- 2) Los parámetros de transmisión.
- 3) La posible utilización del equipo FDMA/PSK/DSI en la futura implementación del sistema TDMA.

En las unidades del ancho de banda asignado al satélite para la operación con FDMA/PSK/DSI, se incluyen aquellas utilizadas actualmente en el INTELSAT operando con FDMA/FM, de tal manera que tanto

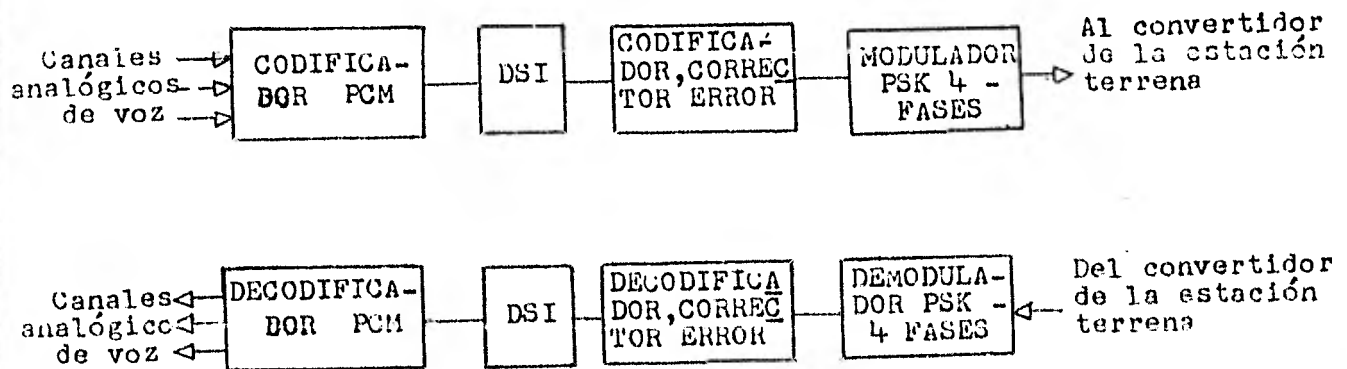
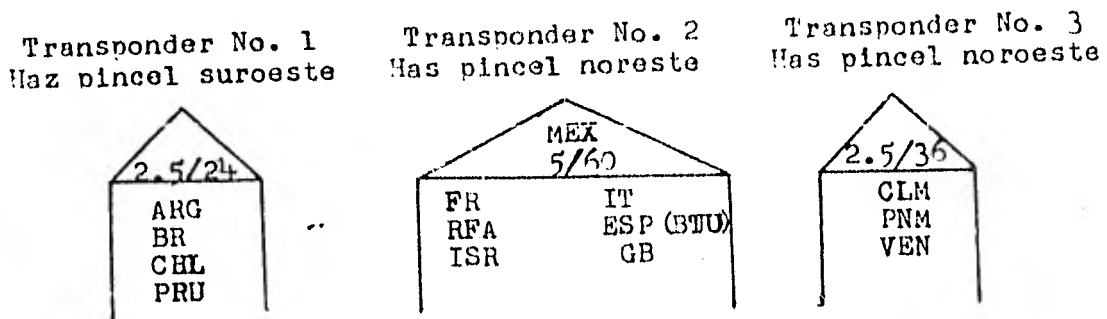


Fig. 12.2 Diagrama a bloques del sistema FDMA/PSK/DSI.

la portadora FM como la PSK pueda usarse simultáneamente en un transponder dado, a la vez que se minimiza la pérdida del ancho de banda. Con lo cual se provee de una compatibilidad completa en la asignación de frecuencias y ancho de banda, reduciendo considerablemente los problemas durante la transición.

Debido al substancialmente mayor número de canales proporcionados dentro de una unidad del ancho de banda asignado al satélite para operar con FDMA/PSK/DSI, se incluyen tamaños adicionales de unidades, por ejemplo: 1.25 MHz y 3.75 MHz, con el fin de permitir una mayor flexibilidad y eficiencia en el volumen de tráfico cursado. Estas son en general, la mitad de las unidades normales del ancho de banda asignado al satélite elegidas para operación con FDMA/FM.

Una lista de posibles parámetros de transmisión se da en la tabla 12.1. Esta lista es probablemente más amplia de lo necesario, pero se proporciona inicialmente para mostrar una visión completa de la potencialidad de este tipo de operación. Portadoras FDMA/FM de densidad regular y alta son incluidas en la lista para fines comparativos.

Para cada tamaño de unidad del ancho de banda asignado al satélite hay dos o más capacidades (número de canales por portadora) disponibles, cada una correspondiente a una razón portadora a ruido -- (C/N) diferente. Esto se logra aplicando el código de corrección de error adelantado a la señal digital antes de la modulación, operación análoga a cambiar la desviación de frecuencia en las portadoras FM. Se eligieron dos códigos y razones de código diferentes (además de la operación sin codificar), para proporcionar razones C/N convenientes para la operación con los haces global, hemisférico y pincel del INTELSAT IV-A. Márgenes adecuados (un total de 6.5 dB) han sido incluidos para tener en cuenta las pérdidas de implementación, las deficiencias de transmisión y los efectos de propagación para asegurar que una razón promedio de bit de error de 10 o superior se consiga. Debe enfatizarse en este punto que el desarrollo de esta tabla de unidades de ancho de banda asignado al satélite, de los canales asociados por portadora y de los parámetros de transmisión no se realizó con el fin de imponer normas para la operación con FDMA/PSK-DSI, sino sólo para demostrar el concepto del sistema y la capacidad potencial del mismo.

La tabla 12.1 también proporciona una lista de la razón de la información de salida de la unidad DSI y de la razón de símbolo resultante de las portadoras PSK. La razón de la información de la salida de la unidad DSI incluye todos los formatos de bits y DSI sobrepuestos, tanto como a las muestras codificadas de voz. La relación de la razón de salida a la razón de entrada para el total de canales de voz codificada es 0.5 para todo número de canales por portadora, excepto para 36, donde la relación es 0.67.

Estas relaciones incluyen hasta un 20% de los canales de entrada portando datos o servicio de tipo alternado de voz y datos. Tanto la razón de símbolo de las portadoras PSK transmitidas basada en la modulación PSK de 4 fases como los bits correctores de error sobrepuestos se incluyen en dicha tabla. La relación de la unidad del

PARAMETROS DE TRANSMISION DEL SISTEMA FDMA/PSK/DSI

UNIDAD DE ANCHO DE BANDA ASIGNADO AL SATELITE. (MHz)	FDMA/PSK/DSI					AVANCE DE BANDA ASIGNADO AL SATELITE-RAZON DE SIMBOLO. ***	NUMERO DE CANALES	C/N
	NUMERO DE CANALES/PORTADORA	RAZON DE IN-FORMACION (x 10 ³)	RAZON DEL CODIFICADOR DE ERROR	RAZON DE SIMBOLO (x 10 ³)	C/N ** (Pe=10 ⁻⁷)			
1.25	36	1.54	3/4	1.02	12.9	1.22		
	60	1.92	NONE	0.96	18.3	1.3		
2.5	90	2.88	3/4	1.92	12.9	1.3	24/36	12.7/15.
	120	3.84	NONE	1.92	18.3	1.3	60/72	21.1/23.
3.75	120	3.84	3/4	2.56	12.9	1.46		
	180	5.76	NONE	2.88	18.3	1.3		
5.0	180	5.76	3/4	3.84	12.9	1.2	60/72/	12.7/13.
	240	7.68	NONE	3.84	18.3	1.3	96/132/	16.6/20.
							192	25.3
6.25	240	7.68	7/8	4.39	15.3	1.42		
	300	9.6	NONE	4.8	18.3	1.3		
7.5	240	7.68	3/4	5.12	12.9	1.46	96/132/	12.7/13.
	300	9.6	7/8	5.49	15.3	1.37	192/252	14.6/16.
	360	11.52	NONE	5.76	18.3	1.3		
8.75	300	9.6	3/4	6.4	12.9	1.37		
	360	11.52	7/8	6.58	15.3	1.33		
	420	13.44	NONE	6.72	19.3	1.3		
10.00	360	11.52	3/4	7.68	12.9	1.3	142/192	12.7/14.
	420	13.44	7/8	7.68	15.3	1.3	252/312	19.4/24.
	480	15.36	NONE	7.68	18.3	1.3		
12.5	420	13.44	3/4	8.96	12.9	1.4		
	480	15.36	7/8	8.78	15.3	1.42		
	600	19.2	NONE	9.6	18.3	1.3		
15.0	480	15.36	3/4	10.24	12.9	1.46	252/312	13.6/15.
	600	19.2	7/8	10.97	15.3	1.17	432	21.2
	720	23.04	NONE	11.52	18.3	1.3		
17.5	600	19.2	3/4	12.8	12.9	1.37	432	18.2
	720	23.04	7/8	13.17	15.3	1.33		
	840	26.88	NONE	13.44	18.3	1.3		
20.0	720	23.04	3/4	15.36	12.9	1.3	432/512	16.1/21.
	840	26.88	7/8	15.34	15.3	1.3	722	25.2
	960	30.72	NONE	15.36	19.3	1.3		
25.0	840	26.88	3/4	17.92	12.9	1.4	432/592	15.1/22.
	960	30.72	7/8	17.56	15.3	1.42	732	25.7
	1200	38.4	NONE	18.2	18.3	1.3		
30.0	960	30.72	3/4	20.48	12.9	1.46		
	1200	38.4	7/8	21.95	15.3	1.37		
	1440	46.08	NONE	23.05	18.3	1.3		
36.0	1440	46.08	3/4	30.72	12.9	1.17	572	17.5
	1680	53.76	7/8	29.43	15.3	1.37	1012	25.7
	1920	61.44	NONE	29.98	18.3	1.34	1512	38.5
	1920	61.44	NONE	30.72	19.3	1.17		

* 45 PSK.

** EL ANCHO DE BANDA IGUAL A LA RAZON DE SIMBOLO CON 6.25 DE MARGEN EN EL 1.2500, PARA LECTURAS, PERDIDAS, Y OTRAS PERDIDAS; Y UN MARGEN ADICIONAL DE 2.5000 PARA EL 1.2500, PARA LECTURAS, PERDIDAS, Y OTRAS PERDIDAS, Y PERDIDAS EN CANAL PARA NOISE EN DBE.

*** SE DEBE SER SIMBOLO HAZER PERDIDAS EN EL 1.2500, PARA LECTURAS, PERDIDAS, Y OTRAS PERDIDAS, Y PERDIDAS EN CANAL PARA NOISE EN DBE.

ancho de banda asignado al satélite a la razón de símbolo es igual a la relación del espaciamiento de la frecuencia central de la portadora a la razón de símbolo para tamaños iguales del ancho de banda de la portadora y es una medida del grado de filtrado necesario para proporcionar niveles aceptables de interferencia de portadoras adyacentes. Los filtros serán escogidos para atenuar el nivel de la señal más allá del borde del ancho de banda asignado al satélite de tal manera que la interferencia sobre cualquier tamaño de portadora adyacente sea despreciable.

Con un diseño y especificaciones adecuadas, varios de los elementos del sistema FDMA/PSK/DSI pueden también usarse directamente o con modificaciones menores en futuros sistemas TDMA/DSI. Esto incluye a los codificadores y decodificadores PCM y a las unidades DSI.

Se trabaja en el diseño, realización y pruebas de unos sistemas FDMA/PSK/DSI. Planes de frecuencia típicos y carga en los transponders están siendo desarrollados incluyendo aquellos para el período de transición del sistema FDMA/FM al FDMA/PSK/DSI en el INTELSAT sobre un determinado período.

También se ha iniciado el trabajo en el diseño preliminar de los equipos de la estación terrena y en las normas de unión para obtener todos los tamaños de canales por portadoras con un mínimo número de diseños de equipos diferentes y con un costo mínimo. El diseño modular básico de la unidad DSI, para 240 canales de entrada de voz deberá proveerse con capacidad para operar con 60, 90, 120 y 240 canales (incrementos menores pueden ser proporcionados en el diseño del equipo pero no son necesarios para la operación con el sistema FDMA/PSK/DSI). Este diseño debe incluir una unidad transmisora única y múltiples unidades receptoras, cuyo número es expandible sobre bases modulares para reducir costos. Las necesidades de almacenamiento para las diferentes capacidades del canal también debe ser expandible en forma modular para adaptarse a las necesidades de capacidad de canal de cada usuario. El mejor método de proporcionar la capacidad de 36 canales por portadora, ya sea como un diseño separado de la unidad o como parte integral del diseño de los 240 canales, se estudia también.

Para capacidad de canal superior a 240, las salidas de múltiples unidades DSI pueden ser multiplexadas conjuntamente por división en el tiempo o pueden transmitirse portadoras múltiples. Este arreglo permite el perfecto acoplamiento del equipo a las necesidades de capacidad, costo razonable y con un número limitado de diseños de equipo.

El sistema FDMA/PSK/DSI permitiría una transición selectiva, directa y con bajo riesgo a la operación digital en un INTELSAT, proporcionando un incremento en la capacidad debida a la interpolación digital de voz, con la consecuente extensión de la fecha de saturación del sistema en una forma económicamente efectiva. Además, proporcionaría experiencia operacional de los principales elementos de un sistema digital, muchos de los cuales serían directamente aplicables en el sistema TDMA/DSI que se introduciría posteriormente.

C O N C L U S I O N E S

Deb' do a que ningún país puede permanecer aislado del resto - del mundo, de los avances logrados en materias como medicamentos, - alimentos, cultura en general, o en mejores formas de vida, y -- México no es la excepción, se desprende del presente trabajo la -- gran utilidad, campo de aplicación y futuro de los satélites de co- municaciones en el mundo y en especial en México.

Esta utilidad, campo de aplicación y futuro se demuestra con - los avances logrados tanto en la transmisión de señales analógicas, como sería la voz, como en la transmisión de señales digitales, co- mo serían los datos. Así mismo esta utilidad, campo de aplicación y futuro se verá, y se vé, incrementada debido a los grandes avances de la electrónica y de la tecnología de las comunicaciones espacia- les. Estos grandes avances aplicados en los satélites de comunica- ciones les proporciona una gran capacidad, selectividad y manejo de de gran cantidad de datos sin grandes problemas para su recepción y ulterior transmisión.

Una gran parte de esta enorme capacidad de manejo de datos se debe al empleo creciente de los sistemas digitales para efectuar la transmisión tanto de señales digitales como de señales analógicas. El empleo creciente de los sistemas digitales se debe a su excelente comportamiento de la señal a ruido y al empleo de códigos deteg- tores de error.

El empleo creciente que está encontrando estos sistemas digita- les en las comunicaciones por satélite, como sería el SCPC, descri- to anteriormente, es debido a que como sólo es necesario detectar -

la presencia o la ausencia de un impulso, los impulsos pueden regenerarse a intervalos regulares a lo largo de la ruta de transmisión.

La desventaja principal de un sistema digital, en este caso el PCM, es que necesita una gran anchura de banda, esto se soluciona empleando un sistema TDM/PCM, que es un sistema de multiplexado temporal. Para ello, se usa una señal numérica de 1536 Mbits/segundo, con un grupo de 8 pasos y empleando repetidores regenerativos.

En la presente tesis se le ha dado gran importancia a los sistemas digitales debido a que los satélites futuros, y a los presentes también, de la serie INTELSAT estarán, y están, dotados de sistemas para recibir y transmitir códigos digitales. Así mismo, y debido a su gran necesidad, México adquirió un satélite de esta misma serie, el INTELSAT IV-A, que viene dotado de sistemas digitales tanto a la recepción como a la transmisión, y que son descritos en este mismo trabajo.

Se espera que este satélite sea decisivo para lograr un desarrollo de las zonas más atrasadas de este país y lograr un futuro mejor para México.

APENDICE A MULTIPLEXAJE

Multiplexaje es la técnica que se utiliza para la transmisión simultánea de dos o más señales por una misma vía de comunicación, por ejemplo, para transmitir 24 señales de telegrafía por un canal telefónico o 900 canales telefónicos por un canal de microondas. Si el multiplexaje se realiza en el dominio de la frecuencia se denomina FDM (Frequency Division Multiplex); si se realiza en el dominio del tiempo se conoce como TDM (Time Division Multiplex).

A1 Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM)

Esta técnica divide la banda disponible del canal de comunicación en varios segmentos y acomoda en cada uno de ellos una señal de información mediante un proceso de translación de frecuencia (modulación). La técnica FDM emplea el sistema de modulación de amplitud de banda lateral única (BLU).

En el plan de modulación del CCITT para FDM se ha adoptado el sistema de señalización fuera de banda usando la frecuencia equivalente a 3,825 KHz.

A1.1 Translación de canal

12 canales de frecuencia vocal son agrupados en 4 conjuntos de 3 canales. En un conjunto cada canal es modulado con frecuencias portadoras de 12, 16 ó 20 KHz respectivamente en cada etapa de modulación de canal cuyas salidas de banda lateral superior se combinan juntas en conjunción con las frecuencias de señalización fuera de banda (12, 16 ó 20 KHz)+(3.825 KHz) en la entrada del modulador de pregrupo. Un conjunto de 3 canales alineados de este modo en la banda de frecuencias de 12 a 24 KHz se llama PREGRUPO.

La salida de los moduladores de pregrupo operando con diferentes frecuencias de portadora: 84, 96, 108 y 120 KHz, 4 pregrupos ó 12 canales son asociados lado a lado en "GRUPO BASICO", ocupando una gama de frecuencias de 60 a 108 KHz, a través de una red híbrida asociada con un amplificador de grupo, que toma las señales de grupo básico para suministrar niveles suficientes. El piloto de referencia de grupo (84.04 KHz) aprobado por el CCITT puede ser inyectado en el grupo básico.

La frecuencia de señalización es cantada de la salida del modulador de pregrupo y tomada por el amplificador. El amplificador opera para elevar la salida del modulador y elevar también la frecuencia de señalización de modo suficiente para operar los aparatos receptores de señales.

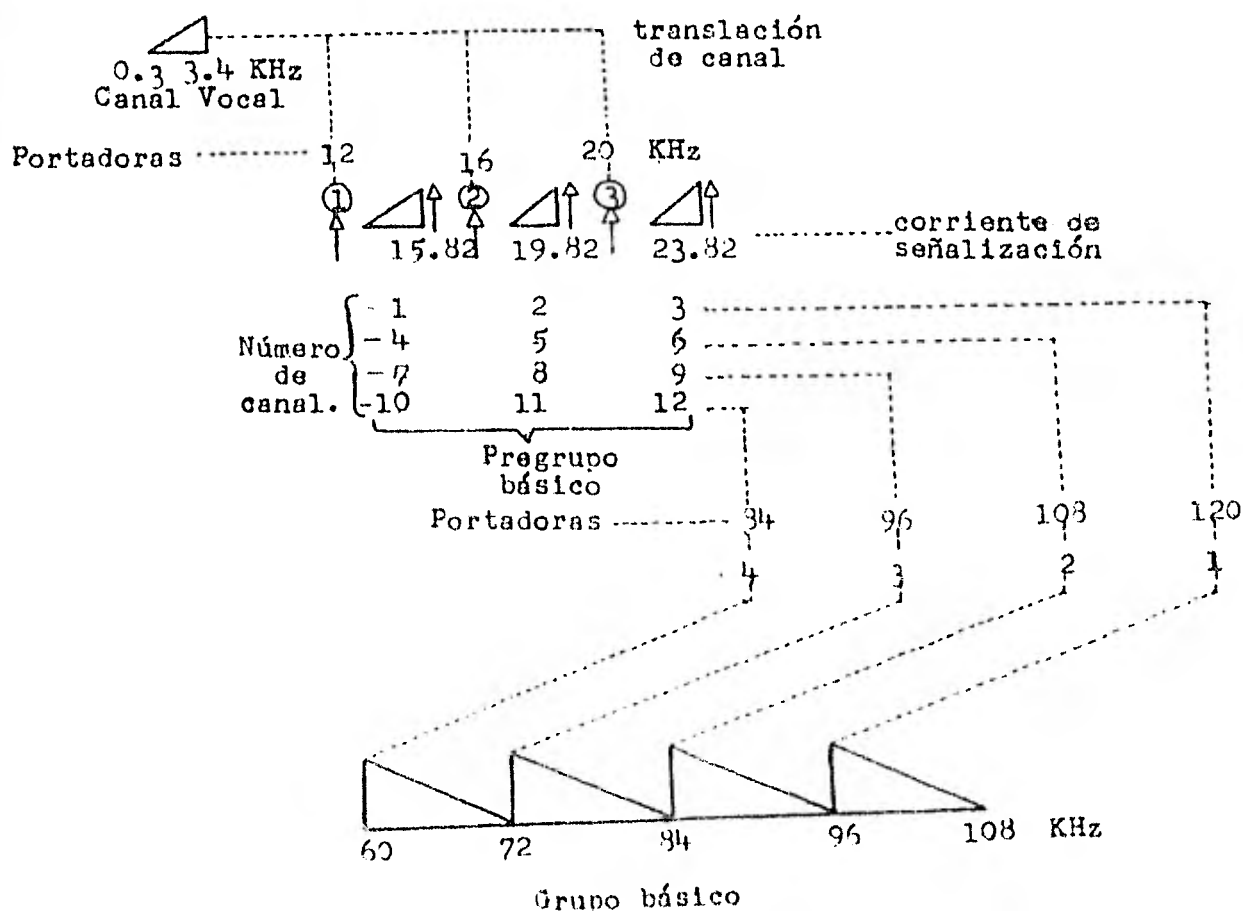
En la etapa de modulación correspondiente a pregrupo la banda lateral superior es suprimida por un filtro de banda sucediendo al modulador de pregrupo. Así, los pregrupos PG1 (banda de 96 a 108 KHz) y PG3 (banda de 72 a 84 KHz) y los pregrupos PG2 (banda de 34 a 46 KHz) y PG4 (de 60 a 72 KHz) son conectados en paralelo para su posterior modulación, en grupo básico.

El piloto de referencia de grupo se usa como piloto del equipo regulador del nivel automático de grupo. el cual vigila y ajusta automáticamente la variación del nivel en la sección de grupo.

En la tabla siguiente se dan las corrientes de portadoras y señales que tienen que suministrarse en la modulación:

<u>Clasificación</u>	<u>Frecuencias</u>
Portadoras de canal	12, 16, 20 KHz
Portadoras de pregrupo	34, 96, 108, 120 KHz
Corrientes de señales	15.825, 19.825, 23.825 KHz
Referencia de grupo	34.04 KHz

La asignación de frecuencias en la modulación se puede ver más claramente en la siguiente figura:

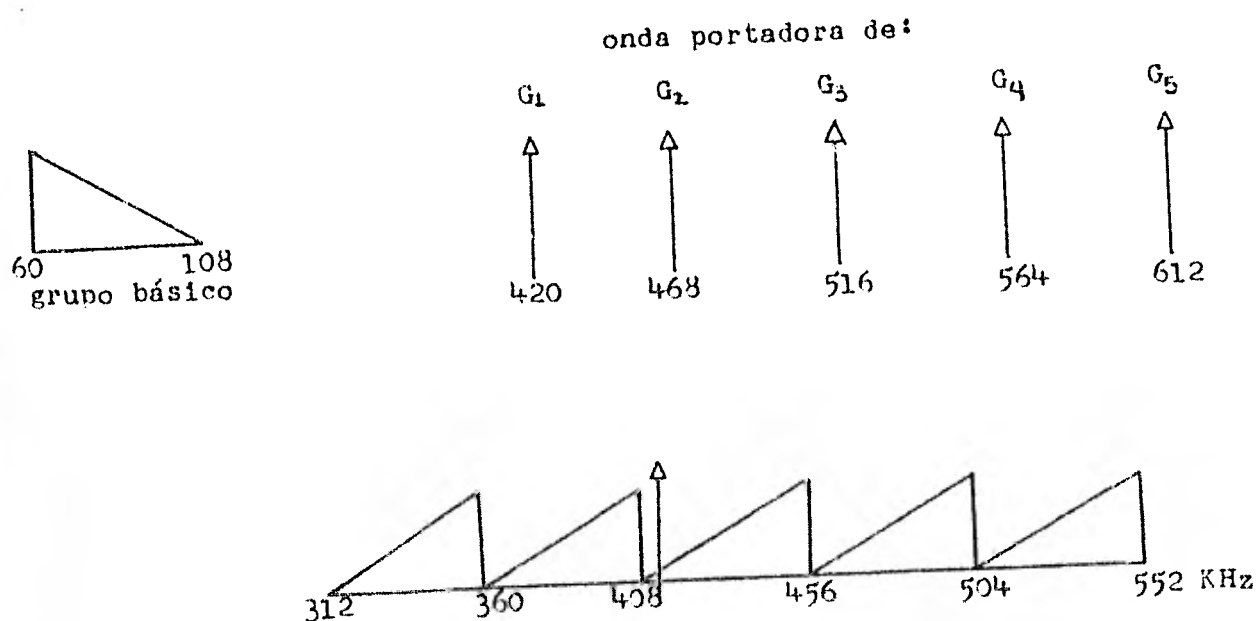


A2 Translación de grupo

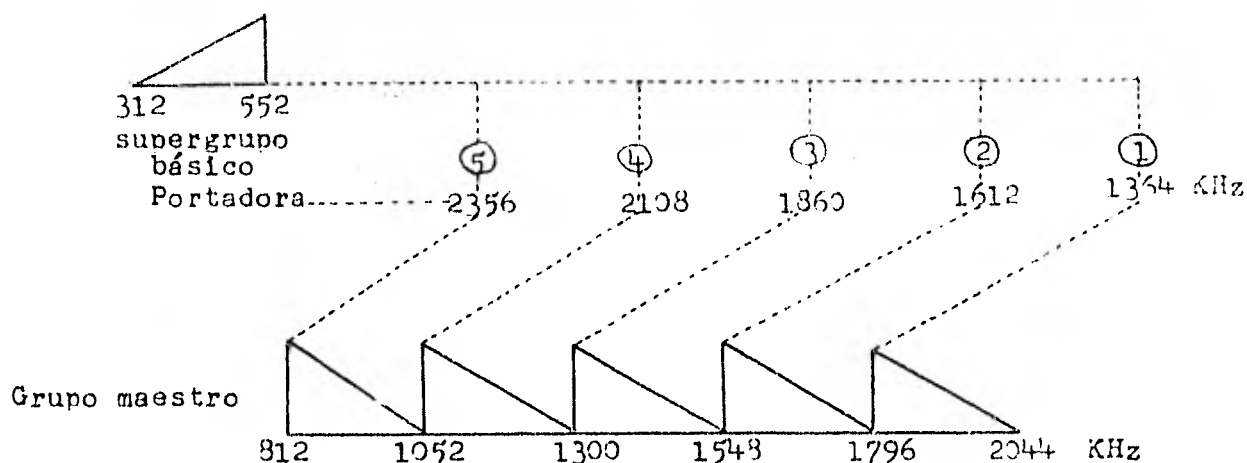
La señal de grupo básico de 12 canales dispuestos en una banda de 60 a 108 KHz es modulada por un modulador de grupo con una onda portadora de grupo apropiada.

Solamente la banda lateral inferior de los productos de modulación es tomada mediante un filtro de paso de banda que está provisto en el lado de la salida del modulador y es combinada con otros cuatro grupos, obtenidos mediante un proceso similar pero con diferentes frecuencias, para formar un supergrupo básico dispuesto en una banda de 312 a 552 KHz. El piloto de referencia de supergrupo básico de 411,92 KHz es insertado en cada señal de supergrupo básico en el lado de la entrada del amplificador de transmisión.

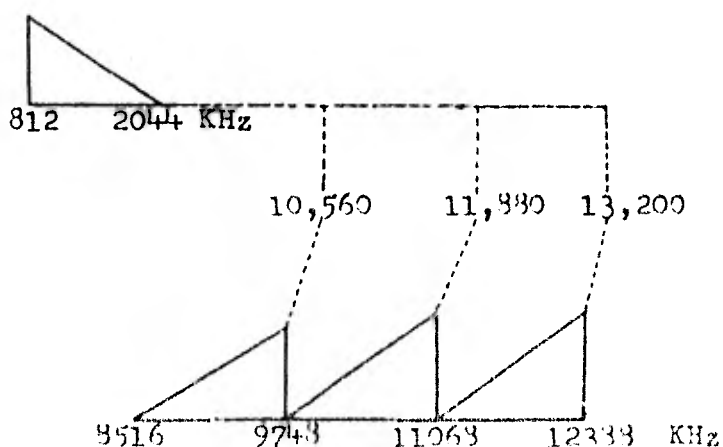
En la siguiente figura se indica la asignación de frecuencias en la translación de grupo



El siguiente proceso en la translación de frecuencias es la creación del grupo maestro, este grupo maestro agrupa a 5 supergrupos (300 canales telefónicos). Esta agrupación ocupa la banda de 812 a 2044 KHz.



El siguiente proceso en la modulación es la creación del supergrupo maestro, también conocida como señal de BANDA BASE. Esta señal de banda base la forman 3 grupos maestros lo que hace un total de 900 canales acomodados en la banda de 8,516 a 12,338 KHz.



Cuando la señal de multiplexaje conteniendo 900 canales telefónicos en la banda de 8,516 a 12,338 KHz va a transmitirse vía microondas pasa primero a otro proceso de modulación para ubicarla en la banda de frecuencia intermedia a 70 MHz. Posteriormente la señal de FI modula en frecuencia a la portadora de radiofrecuencia que es del orden de 1 a 10 GHz, dando así la señal de microondas usada en la comunicación vía satélite.

APENDICE B

ABREVIATURAS

ATME	Automatic Transmission Measuring Equipment; Equipo de medición de transmisión
BER	Bit Error Rate; Razón de error de bit
BIT	"Dígito binario"; la unidad de información más pequeña en un sistema binario
CCT	Continuity Check Transceiver; Transceptor de verificación de continuidad
C/N	Carrier to noise ratio; Razón de portadora a ruido
CODEC	Codificador-decodificador
CPU	Central Processing Unit; Unidad central de procesamiento
CSC	Common Signaling Channel; Canal de señalización común
CSCM	Common Signaling Channel Modem; Canal modem de señalización común
CSCS	Common Signaling Channel Synchronizer; Canal sincronizador de señalización común
CSCD	Canal demodulador de señalización común
C/T	Razón de portadora a energía de ruido térmico; generalmente expresado en dBW por grados Kelvin
CT	Centro de tránsito en la red telefónica internacional
DAMA	Acceso múltiple por asignación de demanda; Demand Assignment Multiple Access
DASS	Unidad de conmutación y señalización por asignación de demanda; Demand Assignment Signaling and Switching Unit
DMA	Acceso de memoria directo; Direct Memory Access
dB	Unidad que relaciona dos potencias
dBa	Abreviatura de dERN ajustados; medida con compensación de ruido
dBaO	Potencia de ruido con respecto al punto de referencia cero
dBm	Decibeles referidos a 1 mW
dBmO	Nivel de energía en términos de dBm, que tiene relación a, o medido, en el punto 0 dBr
dBr	Nivel relativo de energía de un punto con respecto a un punto de referencia

dBmOp	Energía de ruido sofométricamente medido en conformidad con la curva de peso de ruido de CCITT y expresado en términos de dBmO
dB RN	Son decibeles sobre el ruido de referencia; expresa la relación entre la interferencia que produce el ruido y el efecto del ruido escogido de referencia
dB rnc	Es la interferencia medida con respecto a -90 dBm
dBu	Es el valor medido del voltaje en la determinación del nivel a lo largo de un sistema
DSI	Interpolación digital de voz; Digital Speech Interpolation
ESC	Circuito de servicio de ingeniería; Engineering Service Circuit
FSK	Modulación por corrimiento en frecuencia; Frequency Shift Keying
FT	Transferencia de avance; Forward Transfer
GCE	Equipo de comunicación terrena; Ground Communications Equipment Subsystem
G/T	Figura de mérito de una estación terrena. Se refiere al sistema receptor de la estación terrena
HPA	Amplificador de alta potencia; High Power Amplifier
IAM	Mensaje de dirección inicial; Initial Address Message
IBC	Controlador compensador de unión; Interface Buffer Controller
IM	Intermodulación
KP	Inicio del tren de pulsos
LS	Conmutador de enlace; Link Switch
LSE	Equipo señalizador de línea; Line Signaling Equipment
LSM	Conmutador marcador de enlace; Link Switch Marker
LSO	Oscilador de señalización de línea; Line Signaling Oscillator
MC	Centro de mantenimiento
MSR	Registro de señal de frecuencia múltiple
MSS	Emisor de señal de frecuencia múltiple; Multifrequency Signal Sender
MTU	Unidad de cinta magnética; Magnetic Tape Unit

OW	Canal de coordinación; Ordewire Service Channel
PFO	Oscilador de frecuencia piloto; Pilot Frequency Oscillator
PR	Seudo aleatorio; Pseudo random
PSK	Una forma de modulación por fase en donde la función moduladora translada la fase instantánea de la onda modulada dentro de valores discretos predeterminados
pWp	Picowatts evaluados esféricamente
RDG	Compuerta receptora de datos; Receiver Data Gate
RSE	Equipo de registro de señalización; Register Signaling Equipment
SN	Razón señal a ruido; Signal to noise ratio
SOM	Inicio de mensaje; Stat of Message
SPADE	Sistema de acceso múltiple por asignación de demanda, con un canal telefónico PCM por cada portadora de RF
SRO	Oscilador sintetizador de frecuencia
SSC	Tablero supervisor de corrimiento
SSP	Procesador de conmutación y señalización
ST	Fin de pulsación
TB	Compensador troncal; Trunk Buffer
TC	Circuito troncal
TCRG	Grupo relevador de circuito troncal
TG	Compuerta de transmisión de datos
TFU	Unidad de tiempo y frecuencia
TI	Unión terrestre; Terrestrial Interface
TLP	Punto de nivel de transmisión
TTB	Compensador de prueba troncal
TTP	Tablero de prueba de la línea
TTPB	Tablero de prueba del compensador troncal
TTY	Teletipo
TWT	Tubo de ondas progresivas
VCO	Oscilador controlado por voltaje

BIBLIOGRAFIA:

- Anders Elldin and Gunner Lind, Elementary Telephone Traffic Theory, L.M. Ericsson, Stockholm, 1967
- Bargellini P.L.; Communications Satellite Technology, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1977.
- Clarke C. Arthur, El hombre y el Espacio, Colección Científica de Time life, México, D.F. 1974.
- Dicks J. and Brown M.. INTELSAT IV-A transmission system design, Comsat Technical Review, 1978.
- Gicca A. Francis, Communication Satellites Success in Space, Electronics World, July 1974.
- Herrera Enrique y Luna Carlos, Curso sobre Ingeniería de Tráfico Telefónico, S.C.T. México.
- Lozano C. Antonio, Telecomunicaciones por Satélite, Ed, Glem, S.A. -- Buenos Aires, Argentina
- Ramos Trejo Angel, Carmona N., Los satélites de Comunicación en México Tesis editada, México 1979.
- Rostrom A., Curso de Tráfico, L.M. Ericsson, México, 1975.
- Revistas editadas por la D.G.T. de la S.C.T. México, 1981.
- Schmidt G. William, The application of TDMA to the INTELSAT IV Satellite series, Comsat Technical Review, 1976
- ITT, Reference Data for Radio Engineers, Howard W. Sams and Co., 1974
- BG/T-9-27 Possible Improvements to the INTELSAT IV-A, Biblioteca de la estación terrena de Tulancingo, México 1978.
- Manuales del equipo L.M. Ericsson, México, 1978
- Manuales del equipo NEC. México, 1976.
- Teoría del tráfico telefónico, Siemens, División de telefonía, Munich Agosto de 1970.