

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

19
2ej

**"ANALISIS DE SISTEMAS DE TRANSMISION
RECEPCION DE SEÑALES VIA SATELITE"**

TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JOSE JULIAN CORONADO DOMINGUEZ

Asesor de Tesis : Ing. Guillermo Aranda Pérez



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 está 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.

INDICE

<u>TEMA</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION.....	1
 CAPITULO I.	
ANTECEDENTES.....	3
Señales eléctricas de comunicación.	
Señales analógicas.	
Señales digitales.	
Transmisión y recepción de señales vía satélite....	4
Descripción general de un sistema de Transmisión-	
Recepción de Señales de TV y datos vía satélite....	8
Sistemas de transmisión y recepción de TV y datos	
Sistemas de satélites.....	14
Orientación.	
Subsistemas de satélites.....	16
Tabla de designación de bandas de frecuencia....	20
Lanzamiento y puesta en órbita.	
Subsistemas de telemetría, rastreo y control....	22
Subsistema de propulsión.	
Subsistema de energía eléctrica.....	23
 CAPITULO II.	
ANTENAS DE COMUNICACION, SISTEMAS Y TECNICAS	
DE RECEPCION. ESTACIONES TERRENAS	24
Antenas de comunicación.	
Directividad de las antenas.	
Parámetros.....	25
Relación Señal/Ruido. (S/N)	
Relación Portadora/Ruido. (C/N)	
Relación de Protección. (gcc)	
Características.....	26
Ganancia Isótropa de la antena receptora.	
Error de apuntamiento de la antena receptora.	
Efectos de atenuación.	
Ruido.....	28
Ruido interno.	
Ruido externo.	
Back-Off.	
Tipos de antenas.....	29
Guías de onda.	
Antenas tipo Corneta.	
Reflectores parabólicos.	
Reflectores esféricos.	
Antenas, estructuras y sistemas de radiación.....	33
Perfil de apertura de la antena.	
Antenas de bocina.	
Antenas de tipo reflector.	

Clasificación conforme a su estructura. Tipos: Parabólica, Reflectora de bocina, Torus, Cassegrain, Cassegrain modificada, Cassegrain alimentada por dos reflectores, Gregorian.	
Sistemas de montaje de antenas.....	36
Tipos: Az-El, X-Y, Polar.	
Características eléctricas de la antena.....	38
Ganancia y área de apertura de la antena. Directividad. Temperatura de ruido. Figura de Mérito o relación Ganancia-Ruido (G/T). Trayectoria de la señal.	
Descripción de los componentes del Sistema Receptor.....	42
Antena Receptora. Ubicación e instalación. Alimentadores. Patrón de Iluminación. Ganancia en dB. El plato o reflector parabólico. Diseño de alimentadores. Tipos de Polarización. Polarizadores. Amplificadores de bajo nivel de ruido (LNA). Temperatura y Cifra de Ruido. Diseño de los LNA. Ganancia. Tipos de amplificadores de bajo nivel de ruido: LNA, LNB, LNC.	
Mezcladores.....	51
Aplicación de la señal de salida del mezclador. Reproducción de señales.	
Convertidores de Bajada.....	54
Métodos de Conversión de Bajada: Descendente Individual, Descendente Doble, Descendente en Bloque.	
Cable Coaxial.....	59
Impedancia característica. Pérdidas de señal. Humedad y envejecimiento. Tablas de características, pérdidas y tipos de cables coaxiales.	
Técnicas de Recepción en Banda C.....	63
Mapas de Pisadas de satélites. Interpretación de los Mapas de Pisadas de satélites. Umbral del receptor. Requerimientos de antenas. Consideraciones de la Temperatura de Ruido de los LNA. Polarización Lineal y Circular. Receptores Internacionales de TVRO por satélite. Circuitaría de Selección de transponder. Recepción de señales de audio por satélite. Sincronía del audio con la señal de video.	

Fallas por extensión del umbral.	
Rastreo del espectro satelital.	
Audio SCPC Internacional.....	73
¿Qué es el SCPC?	
Equipo Receptor de señales SCPC.	
Rastreadores.	
Técnicas de Recepción en Banda Ku.....	76
Interpretación de los mapas de Pisadas de satélites en banda Ku.	

CAPITULO III.

COMUNICACIONES DIGITALES. REDES DE COMUNICACION	
Estaciones Terrenas.....	78
Características básicas de los sistemas de comunicación Vía Satélite.	
Subsistemas. Tipos:	
De antena, de LNA, de amplificador, de potencia, de convertidor de frecuencia, de distribución, mando y control, de modulación y demodulación....	79
Comunicaciones digitales.....	81
Formateo y Codificación de la señal fuente.	
Velocidad de transmisión.	
Modulación.....	87
Técnicas de Modulación.	
Modulación analógica.	
Modulación digital.	
Corrección de errores.	
Técnicas de transmisión para voz y datos	
Vía Satélite.....	91
Estándares para subportadoras de audio.	
Estéreo Discreto.	
Estéreo Múltiplex.	
Multiplexaje por División de Frecuencia.	
Multiplexaje por División de Tiempo.	
Formatos de transmisión de Múltiple Acceso por Satélite.....	95
Acceso por Múltiple División de Frecuencia.	
Acceso por Múltiple División de Tiempo.	
Acceso Múltiple por Demanda Asignada.	
Acceso Múltiple en modo de espectro expandido.	
Técnicas de transmisión analógicas y digitales.....	97
Estándares mundiales de video.	
Estándares de la T.V. Blanco y Negro.	
Estándares de la T.V. a Color.	
Estándares Internacionales de Video.	
Técnicas de acceso Múltiple.....	102
Cuadro comparativo de técnicas de acceso múltiple.	
Redes de comunicación.....	103
Definición de redes de comunicación.	
Objetivo de las redes de comunicación.	
Ventajas de las redes de comunicación.	
Estructura de las redes de comunicación.....	104
Flujo de datos y circuitos físicos.	

Fundamentos de la Teoría de la comunicación.....	106
Ancho de banda y espectro de frecuencia.	
Señales digitales.	
Sincronía en las señales.	
Transmisión síncrona y asíncrona.	
Formatos de mensajes.	
Redes de comunicación por satélite.....	111
Pros y contras de las redes de comunicación por satélite.	
Control de sistemas de línea compartida/selección.	112
Sistemas de elección sin interrogación de estaciones puerto-a-puerto.	
Sistemas de elección sin interrogación de estaciones de tipo primario/secundario.	
Modem de ráfaga.....	118
Antenas Transmisoras/Receptoras.	
Unidades de Retardo en Tiempo de Satélites (SDU).	

CAPITULO IV.

ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES

TECNICAS PARA TRANSMISION

Requerimientos de Operación para Estaciones	
Terrenas. Pruebas de Calificación.....	121
Características técnicas del segmento.	
Recomendaciones generales.....	125
Emisión de señales, Calidad,	
Modulación, Confiabilidad.	
Especificaciones del equipo.....	127
Recomendaciones para redes digitales.....	130
Red TELEPAC.	
Redes independientes.	
Presentación técnica.	
Memoria técnica.....	136

CAPITULO V.

EJEMPLOS DE CALCULOS DE ENLACE

Análisis del Radio-Enlace.....	139
Relación Portadora-Densidad de Ruido Ascendente.	
Relación Portadora-Densidad de Ruido Descendente.	
Relación Portadora-Densidad de Ruido por Intermodulación.	
Relación Portadora-Densidad de Ruido Total.	
Relación Portadora a Ruido Total.	
Cálculo de Potencia de salida del HPA de la estación terrena transmisora.	
Diseño de Enlaces.....	145
Ejemplos de Ecuaciones de Enlace.	
CASO A: Diseño de Enlace para T.V.....	146
Memoria de Cálculo.	
CASO B: Diseño de Enlace para Telefonía.....	152
Multicanal FDM/FM.	

CONCLUSIONES

APENDICE A. GLOSARIO

APENDICE B. PARAMETROS DE ELECCION DE EQUIPO

**APENDICE C. ESPECIFICACIONES FUNCIONALES Y OPERACIONALES
DEL SEGMENTO ESPACIAL CON ACCESO AL SISTEMA
DE SATELITES MORELOS**

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I.

ANTECEDENTES

Introducción.

Durante los últimos años, el avance en materia de comunicaciones ha significado un punto primordial para el mejor intercambio y entendimiento de ideas entre los humanos. Dentro del complejo y vasto mundo de las mismas, se encuentran algunos medios de transmisión, que por intentar llevar mensajes a mayor cantidad de gente y a mayor distancia, resultan relevantes y en algunos casos, fundamentales. De esta manera, las comunicaciones vía satélite, alcanzan día con día mayor importancia dado su alcance y capacidad.

El presente trabajo busca ampliar el panorama a nivel general, dentro del vasto horizonte de las comunicaciones, y en particular, del empleo de satélites orbitales geoestacionarios.

De esta manera, se concretará a presentar generalidades de sistemas de comunicación por satélite, con la finalidad de que el lector pueda tener una noción más amplia acerca de la magnitud e importancia en este tipo de comunicaciones. Así mismo, el lector podrá formar cierto criterio con los puntos básicos proporcionados y crear sus propias conclusiones respecto de los sistemas mencionados al observar y comparar los datos obtenidos a partir del análisis matemático mostrado.

En el primer capítulo, se da una visión general de los sistemas de comunicación vía satélite, definiendo algunos conceptos básicos de comunicación.

En el segundo capítulo, se proporcionan más a detalle, las partes principales de los sistemas de comunicación por satélite, como: antenas, parámetros básicos, equipo, características, técnicas de recepción y estaciones terrenas, haciendo particular énfasis en sistemas TVRO (sistemas únicamente de recepción de señales de TV), dada su importancia al difundir mensajes a más gente a mayor distancia, así como por su empleo cotidiano.

El tercer capítulo abarca conceptos concernientes a comunicaciones digitales, y métodos empleados para el manejo de estas señales.

En el cuarto y quinto capítulos, se muestran características globales para transmisión de señales por medio del Sistema de Satélites Morelos. De igual manera, se proporcionan una serie de datos referentes al empleo de sistemas de transmisión para tener una noción de lo que representa el manejo o transmisión de señales, de video y datos. Con los datos obtenidos de los ejemplos, se lleva a un análisis de los resultados, para que de esta forma, el lector pueda generar sus propias conclusiones respecto de cuál sistema de comunicación podría convenir de acuerdo a los recursos que posea en un momento determinado.

Es importante señalar que las conclusiones presentadas en el presente trabajo, no son por ningún motivo una ley a seguir, ya que únicamente representan el punto de vista del autor de acuerdo a los resultados presentados, y considerando que en definitiva dependerá de los recursos tecnológicos y económicos de que pueda disponerse.

Antecedentes

El método más común y conveniente de comunicarse a base de sonido es el habla humana. El Hombre poco a poco ha modificando sus primeros elementos de comunicación hasta convertirlos en un lenguaje más o menos uniforme. Con el paso del tiempo, se dió cuenta que el problema de la comunicación estaba limitado por los factores de tiempo y distancia. Decidió entonces enviar mensajes a base sonidos, o bien señales.

Con la creación de nuevos medios de comunicación a distancia, como el telégrafo, se resolvieron algunos de estos problemas, ya que por su "capacidad" de transmisión (en promedio de 50 a 100 palabras por minuto) resultaba adecuado aunque surgieron algunos inconvenientes, como el de las malas interpretaciones de los códigos de las señales telegráficas. Como una solución a estos problemas, el teléfono vino a revolucionar las comunicaciones dada su relativa sencillez tanto en instalacion como por su uso.

Aunque día a día se requería de comunicación a mayor distancia, la radio subsanó en cierta manera la necesidad de transmitir señales a larga distancia, incluso de un continente a otro sin el empleo de grandes cabloados y usando basicamente la transmisión a través del aire de las ondas generadas por los transmisores.

Con el surgimiento de la televisión, la comunicación a nivel global se tornaba más completa debido a que podía abarcar a un mayor número de individuos a los cualos se les

podía hacer llegar un mensaje de manera directa, rápida, y sobre todo eficiente empleando un mínimo de cableado. Con la ayuda del gran avance en la tecnología, los viajes espaciales comenzaron a ser de gran ayuda para las comunicaciones, lograndose así la creación de satélites de comunicación los cuales realizan transmisión de señales no solamente de televisión, sino también otros tipos como lo son de radio, de datos, etc..,

Señales Eléctricas de Comunicación

Podemos diferenciar dos tipos de señales eléctricas:

señales analógicas.-Puede ser representada por una señal senoidal (eléctrica) que varía con el tiempo; parte de cero, y se incrementa de manera paulatina hasta llegar a un nivel de voltaje máximo, se decremента poco a poco, pasa por cero y sigue hasta llegar a un nivel de voltaje mínimo y de nuevo regresa a cero. A éste ciclo se le denomina también como período. Al número de ciclos que se presenten en un segundo se le denomina frecuencia, la cual se mide en ciclos por segundo o Hertz.

Señales digitales.-En éste tipo de señales sólo podemos determinar dos niveles diferentes de voltaje o corriente. Cuando una señal se encuentra en un nivel positivo, alto o encendido, se dice que es un 1; por el contrario, si se encuentra en un nivel negativo, bajo o apagado, se dice que está en 0. Cabe señalar que estas señales se determinan como pulsos eléctricos, siendo las señales más fáciles de generar y de reconocer por equipos electrónicos.

Por otra parte, se pueden mencionar los siguientes medios de comunicación:

I.-líneas telefónicas.

En nuestro país se pueden distinguir dos tipos principalmente:

a)líneas conmutadas. Estas pertenecen a la red pública de teléfonos, y trabajan generalmente con voltaje directo, dentro del rango de 4 a 90 volts, incluyendo los tonos de "invitación a marcar", "llamado", y "ocupado".

b)Líneas privadas.

II.-Canales de microondas.

En México existen dos redes de microondas de importancia:

a)la Red Federal de Microondas de la S.C.T. perteneciente al gobierno federal.

b)La Red de Microondas de Teléfonos de México, S.A.

Gracias a estas dos redes se comunica la mayor parte del país y es posible la transmisión de señales de T.V., radio, telefonía, facsimil, télex, etc.

Debido a que la propagación radioeléctrica de los canales es altamente direccional, se puede decir que los enlaces se realizan con "línea de vista", o sea, que desde una antena de microondas, debe "de verse" la otra. Con el fin de no perder señal, la instalación de antenas repetidoras de microondas debe ser aproximadamente cada 65 Km dependiendo de la orografía de la zona.

Transmisión y Recepción de Señales Vía Satélite

En la actualidad, existen algunas zonas geográficas en las cuales el acceso de información es difícil, por lo que una de las formas de hacer llegar dicha información es mediante la transmisión de señales vía microondas. A causa del alto costo en infraestructura que tienen las estaciones repetidoras y que en ocasiones son difíciles de instalar por el espacio geográfico en el que se deben ubicar, se ha optado por enviar dicha información mediante el uso de satélites.

El desarrollo de las comunicaciones vía satélite durante los últimos años ha sido notable, y aunque se podría pensar que el costo en infraestructura y mantenimiento podría ser mayor comparado con los sistemas terrestres de transmisión-recepción de señales vía microondas cabe señalar que a la larga, la comunicación vía satélite es un tanto más recomendable a causa de que por esta vía se puede hacer llegar información a mayor audiencia, a mayor distancia, y sobre todo a mayor rapidez.

De esta manera, se han facilitado las transmisiones de señales de audio, de video y de datos dentro del campo de las comunicaciones a nivel mundial, por lo que uno de los principales usos de este sistema es el de transmisión y recepción de señales de televisión, así como de datos.

El empleo de satélites en este tipo de sistemas sirve como un repetidor de señales de video compuesto y de datos, las cuales son enviadas desde alguna estación ubicada en un

determinado punto de la superficie terrestre hacia el satélite y éste a su vez las regresa hacia alguna otra estación ubicada en un punto diferente en la Tierra.

Así, se pueden distinguir los siguientes tipos de recepción de señales:

-Vía transmisión directa desde una estación terrestre destinada para diversos receptores o incluso para algún repetidor con el fin de distribuirla hacia diferentes receptores. En éste tipo de sistemas la antena receptora se ubica por lo general en la parte superior de las estructuras o edificios con el fin de obtener una mejor calidad en la recepción de la señal.

-Vía antena-cable. En este tipo de sistema, la señal original es transmitida hacia un determinado receptor. En éste último, la señal será retransmitida hacia un sector en específico que tenga acceso al sistema de transmisión de T.V. por cable.

-Vía Satélite. Actualmente este sistema de transmisión despierta un interés muy especial en las compañías transmisoras de T.V., las compañías de T.V. por cable, y los propietarios particulares de sistemas receptores de señales vía satélite.

Por otra parte, para transmisiones de datos, se pueden distinguir:

-Vía MODEM. Aunque posteriormente se verá con más detalle el papel que desempeña un MODEM dentro de la transmisión de datos, se puede mencionar que su trabajo es

el de modular y demodular las señales, es decir, éste equipo convierte las señales digitales que no pueden viajar a través de una línea o canal de voz convencional, a señales analógicas audibles cuyo ancho de banda está dentro del rango del ancho de banda telefónico, es decir entre 300 Hz. y 3.4 KHz.

-MODEM Vía satélite. Se basa en el mismo principio que la transmisión de señales de T.V., en combinación con un MODEM empleando un canal de determinado ancho de banda para enviar y recibir datos por medio de un satélite geoestacionario.

Descripción General de un Sistema de Recepción-Transmisión de Señales de T.V. y Datos Vía satélite

Aunque posteriormente se dará una explicación más a fondo de este tipo de sistemas, así como de sus partes principales, es conveniente hacer una breve explicación de los mismos con el fin de iniciar su estudio de una manera clara y pausada.

El sistema de transmisión-recepción de señales de T.V. vía satélite consta principalmente de tres elementos :

- 1.-Un sistema de transmisión de señales ubicado en un punto determinado de la superficie terrestre. Este sistema tiene como principal característica enviar las señales hacia el satélite colocado en la órbita terrestre en un punto que es determinado por ciertos acuerdos internacionales dentro de una zona denominada Cinturón de Clarke, que se ubica en la región del contorno ecuatorial terrestre a una distancia de 22,300 millas de la superficie. Generalmente las señales son

enviadas directamente desde la estación emisora hacia una estación repetidora en forma de microondas, y de ésta son enviadas hacia el espacio en el cual se encuentra ubicado el satélite. El rango de frecuencias de la señal es de 5,900 a 6,400 MHz.(para señales de T.V.)

2.-Un satélite geostacionario (o sistema repetidor). Este sistema tiene como objetivo principal realizar la función de retransmisor de la señal enviada desde la Tierra en un punto determinado de la superficie, hacia otro punto ubicado en un lugar diferente del planeta en forma casi instantánea, es decir, el enlace de comunicación toma tan solo algunos segundos en completar la cadena de éste sistema.

El término "estacionario" se refiere a que el satélite debe permanecer "inmóvil" en su posición dentro del Cinturón de Clarke, o sea, debe estar fijo con respecto a un punto determinado de la Tierra. Para lograr esto, el satélite debe girar a la misma velocidad que lo mantenga en sincronía con un punto geográfico de la Tierra.

3.-Un sistema de recepción de señales de T.V. ubicado en un punto diferente de la superficie. Este se define como el punto receptor de las señales provenientes del satélite, es decir, es el encargado de "bajar" las señales del satélite a determinada frecuencia y de convertirlas mediante un divisor de frecuencias a otra señal de frecuencia más baja. El rango de frecuencias que se maneja durante el proceso de recepción es de 3,700 a 4,200 MHz.(para T.V.). El

receptor se compone de dos partes principales:

- un sistema reflector,
- un sistema receptor.

El sistema reflector consiste de una sección elíptica que rebota las señales hacia un punto central común o punta (punto focal); en dicho lugar se convierten las señales de radiofrecuencia en señales eléctricas, las cuales son enviadas hacia un amplificador con componentes de bajo-ruido con el fin de tener una mejor relación de señal-ruido. Este amplificador se conoce como amplificador de bajo ruido o LNA (low-noise amplifier).

Observando el proceso de transmisión de señales de T.V., se puede ver que la señal es creada por lo regular en el estudio, de éste pasa a un transmisor que por lo general es una antena de dimensiones considerables, motivo por el cual, en ocasiones se ubica en algún lugar distante de la estación. Para este tipo de transmisión la repetición de la señal es realizada empleando cable coaxial ó bien, por medio de un sistema repetidor a base de microondas. Por lo que se puede ver, uno de los inconvenientes de este sistema, es el tipo de infraestructura empleada, es decir, el empleo de grandes cantidades de material, como cable coaxial, el cual representa un costo de instalación bastante elevado si consideramos que se debe tender cableado en regiones poco habitadas o bien de difícil acceso, y las torres de los sistemas repetidores de señales de microondas que en ocasiones tienen dimensiones bastante considerables además

de que por lo general se utilizan varios repetidores para transmitir a diferentes partes.

A este tipo de sistemas de recepción de señales de T.V. vía satélite se le denomina TVRO (Television Reception Only).

Cabe aclarar que para el caso de la transmisión y recepción de señales de datos, el proceso que se emplea para ello es similar al de señales de T.V. .

Comparando los costos en infraestructura de los sistemas de T.V. con los de datos, para el segundo puede ser variable dependiendo del número de usuarios que presente su configuración.

Después de lo anterior pueden surgir una serie de preguntas, como por ejemplo: ¿de dónde surgió la idea de realizar comunicaciones por medio de algún otro sistema que no fuera la transmisión de señales que se empleaba convencionalmente, sino usando una estación repetidora en el espacio?. Una solución para éste tipo de pregunta fué sugerida por un escritor de ciencia ficción en 1945. Arthur Clarke hizo mención en una de sus obras, a un sistema de estaciones repetidoras en el espacio y con algunas de las características usuales de los satélites actuales, como son el hecho de ser estacionarios y a una determinada distancia de la superficie terrestre con el fin de que no sean atraídos por el campo gravitacional de la Tierra y por ende, caigan a la Tierra.

De ésta idea, la cual no se llevó a cabo sino hasta 1963 cuando el satélite espacial de la compañía Hughes

llamado SYNCOM fue puesto en órbita por los Estados Unidos de Norteamérica, debido al éxito que tuvo su lanzamiento nació el desarrollo de mejores satélites.

Conforme ha pasado el tiempo, han surgido una serie de problemas, como el hecho de mantener al satélite en una posición fija, o bien, que debe ser autosuficiente en cuanto a su vida activa (la cual es aproximadamente de 7 a 10 años). Para ser autosuficientes, en lo que a energía se refiere, necesitan contar con una serie de baterías que son recargadas por celdas solares colocadas alrededor del satélite, las cuales generan una potencia de 990 watts en total (ó bien, 19.7 MW por celda) ; así también, son controlados desde la Tierra en caso de posibles desviaciones de su órbita o bien, en caso de reparación de pequeñas fallas en algún circuito interno.

En los sistemas de transmisión-recepción de señales de T.V. vía satélite, la que se envía "hacia" el satélite se conoce como señal de "uplink" y tiene un rango de frecuencias entre 5,900 y 6,400 MHz. Cuando el satélite recibe la señal la amplifica y la envía a un convertidor de frecuencias, el cual, cambia la frecuencia de la portadora en un rango entre 3,700 y 4,200 MHz. Este último rango de frecuencias es entonces enviado "desde" el satélite hacia la Tierra con una potencia máxima de aproximadamente 9 watts, y la señal se conoce como señal de "downlink".

Cuando el satélite envía esta señal hacia la Tierra lo hace hacia alguna zona determinada de la misma, la cual se

denomina como "ventana". En teoría, la señal de "downlink" que envía un satélite hacia la Tierra debería cubrir una zona de 40% de la superficie, ésto es, que con sólo 3 satélites se cubriría el total de la misma si entre ellos existe una separación de 120° haciendo óptimas las comunicaciones por este medio; aunque en realidad no ocurre así, existe un punto a favor que es el hecho de reducir el área de recepción de las señales para obtener una mejor calidad de las mismas.

Cuando las señales son enviadas por la antena transmisora del satélite, generalmente son concentradas en una zona determinada de la Tierra. La manera más sencilla de explicar lo anterior es comparar el modo en que una lata de aerosol expulsa su contenido sobre algún plano, es decir, que mientras más centrado sea el haz del aerosol en un punto determinado un punto, mayor será la concentración de su contenido sobre la superficie que se esté trabajando, es decir, que mientras mayor sea el área de cobertura del satélite, menor será la potencia que llegue a los receptores y por lo tanto, también será menor la calidad de la señal.

A la cobertura de la señal se le conoce como huella (o "footprint") del satélite. Este tipo de cobertura se utiliza para la representación gráfica en mapas, y cada nivel indica la potencia efectiva isotrópica radiada (EIRP) en dBW para la zona indicada.

El sistema utilizado en los satélites para recibir y retransmitir señales (de T.V. o en general) se le conoce

como transponder, y representa el "canal" por medio del cual se manejan una serie de señales. Cada satélite tiene la capacidad de manejar 12 ó 24 frecuencias diferentes (canales del transponder).

A pesar de que los grandes sistemas de recepción tienen un alto costo, actualmente se han venido implementando dispositivos de recepción no tan sofisticados, tanto de tipo casero como para la industria, con lo que los costos han disminuído debido al mayor empleo día con día de estos sistemas.

Sistemas de Satélites

Orientación

En los sistemas de coordenadas que se emplea como referencia para la localización de los satélites, es el sistema del horizonte o de elevación-Acimut. En éste, la distancia angular medida sobre el horizonte o elevación, está en combinación con la distancia angular a lo largo del horizonte o acimut, con el fin de lograr apuntar hacia un punto determinado. Como referencia, el acimut se mide desde el punto sur hacia el oeste, de lo cual surge la medida en sentido hacia arriba denominado zenit tendiendo hacia los 90°, y el punto opuesto es el nadir.

Para aclarar estos puntos, a continuación se muestra una tabla comparativa en relación a las coordenadas geográficas:

SISTEMA GEOGRAFICO	SISTEMA DE ELEVACION-ACIMUT.	REFERENCIA
Ecuador	Horizonte	Círculo de referencia
Norte y Sur	Zenit, Nadir	Polos
Latitud	Elevación	Hacia arriba
Longitud	Acimut	Hacia los lados

*El cruce con el meridiano de Greenwich es el punto de referencia, o bien se considera como el sur del horizonte.

De acuerdo a lo anterior, los satélites deben seguir una ruta determinada para que se puedan localizar de una manera más sencilla. Esta ruta u órbita es de tipo elíptica teniendo como resultado que en un momento dado el satélite se encuentra en su distancia máxima de la Tierra (apogeo); y en otro momento en su distancia mínima (perigeo).

Se puede mencionar que los puntos más importantes en la comunicación vía satélite son los conceptos de potencia de transmisión y ancho de banda de la señal.

Por potencia de transmisión se entiende aquella con la cual se transmite una señal. En específico, la Potencia Efectiva Isotrópica Radiada (EIRP), es una medida de la "fuerza" relativa con la cual retransmite el satélite las señales, y es expresada dentro de un rango de 30 a 37 dBW.

El concepto de ancho de banda quizá no sea tan fácil de explicar, pero se puede decir que es la gama de frecuencia que puede pasar o que puede trabajar un dispositivo

electrónico.

Subsistemas de Comunicación

Un subsistema de comunicaciones en base a microondas se puede describir de manera somera como una antena de transmisión y 12 ó 24 canales de repetición o transponders, es decir, que cada satélite tiene la capacidad de retransmitir señales de 12 ó 24 frecuencias diferentes definidas. Cabe señalar que todos los satélites manejan las mismas frecuencias para sus canales, así por ejemplo, todos los canales 1 de los satélites operan a la misma frecuencia, aunque también es de notar que no existe interferencia entre las señales de uno y otro satélite debido a la distancia que los separa entre sí; es decir, entre uno y otro satélite debe haber un arco de 4 a 5 grados para hacer mínima la interferencia, y si a éste arco lo multiplicamos por la distancia radial de 22,300 millas se tendrá una distancia considerable entre dos satélites cercanos.

Generalmente los satélites ocupan un ancho de banda de 500 MHz, ya que la transmisión de la Tierra al satélite (señal "de subida" o uplink) es de 5.9 a 6.4 GHz., y la retransmisión de la señal del satélite a la Tierra (señal "de bajada" o downlink) es de 3.7 a 4.2 GHz.

El término de transponder o transpondedor se emplea para describir el sistema de repetición del satélite. En la figura (-01-) se presenta un sistema de ubicación de frecuencias para 12 ó 24 canales. Aquí, la señal de entrada es amplificada por un diodo tunel de 6 GHz, entonces es

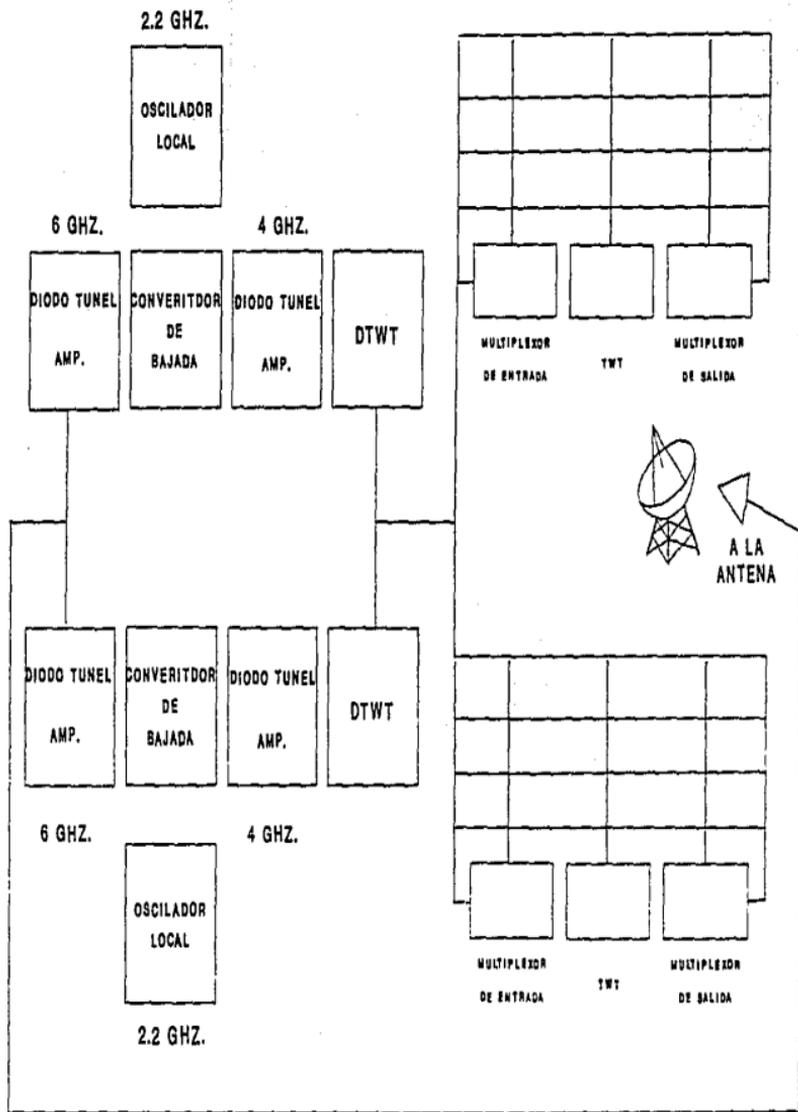
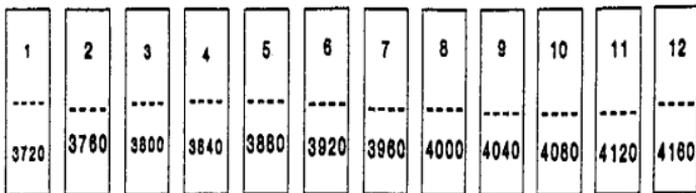


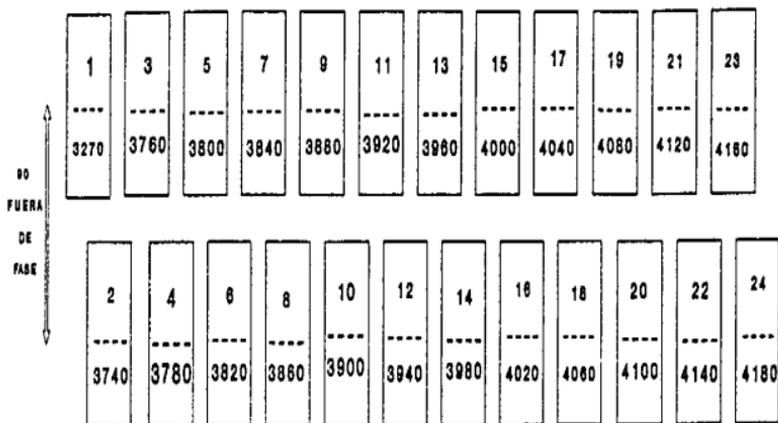
FIG.1-DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE 12 TRANSPONDERS.

enviada a un convertidor de bajada (down converter), que la mezcla junto con la señal de un oscilador local de 2.225 GHz, dando como resultado una señal que consiste en la diferencia de las señales de entrada con la del oscilador local. Esta señal generalmente tiene una frecuencia dentro del rango de los 4 GHz. Entonces, esta señal mezclada es alimentada en un tubo guía de onda (Traveling Wave Tube - TWT), siendo su propósito el de llevar y amplificar algunos grupos de frecuencias con el fin de obtener determinada salida del satélite, teniendo una potencia aproximada de 5 Watts para el caso de banda C; para el caso de banda Ku se emplean amplificadores TWT de 19 watts . Del TWT la señal es entonces alimentada a la antena transmisora del satélite, teniendo como resultado características de modulación y portadoras dando así un número de 12 canales de señales diferentes que ocupan un rango de aproximadamente 500 MHz.

Pero de lo anterior surge una cuestión ¿de qué manera se dice que un transpondedor maneja 24 canales diferentes? Actualmente existe un método por medio del cual esto es posible. De la figura (-02-), el esquema muestra los diversos canales de acuerdo al rango de frecuencia que manejan (de 3.7 a 4.2 GHz), es decir que para trabajar 12 canales existe una separación de 400 MHz entre cada uno de ellos a la cual se le denomina como banda de seguridad de frecuencias , o sea que para un canal se maneja el rango de frecuencia de 3.720 GHz, para otro será de 3.160 GHz, etc., hasta llegar al límite del ancho de banda establecido. Ahora



a) SISTEMA DE UBICACION DE FRECUENCIAS PARA 12 CANALES.



b) SISTEMA DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PARA 24 CANALES.

3.7 GHZ.

3.8 GHZ.

3.9 GHZ.

4.0 GHZ.

4.1 GHZ.

4.2 GHZ.

FIG.2.-SISTEMAS DE UBICACION DE FRECUENCIAS.

bien, para el caso de 24 canales, cuando se tienen dos señales de la misma frecuencia pero defasadas 90° una con respecto a la otra, la interferencia entre ellas es mínima, por lo que ambas señales pueden ser transmitidas al mismo tiempo e incluso por el mismo medio, de esta forma cuando se envían las señales de los 12 canales primarios o de polaridad impar o vertical también pueden transmitirse otras 12 señales para canales de polaridad par u horizontal, obteniendo así 24 canales diferentes en un mismo transponder. También se les conoce como señales planares.

Para que la recepción de las señales tanto de polaridad vertical como horizontal se realice, es necesario que la punta de prueba del sistema tenga la misma polaridad que la señal en cuestión por recibir.

La figura (-03-) muestra el sistema estándar de transmisión de señales de T.V. Se observa que se emplea una banda lateral residual para la transmisión de la portadora de AM (amplitud modulada); la parte superior de la banda lateral (DBL) contiene la mayor parte de la señal. La información del color es enviada por medio de una banda lateral residual de portadora suprimida (DBLPS). Esta portadora es 3.57945 MHz mayor en frecuencia que la portadora de la estación. El audio es transmitido en señal de FM (frecuencia modulada) en una frecuencia que es 4.5 MHz mayor que la frecuencia de la portadora de la estación. En resumen, se tiene un ancho de banda para un canal de T.V. de 6 MHz lo cual impide que otro tipo de señal sea admitida

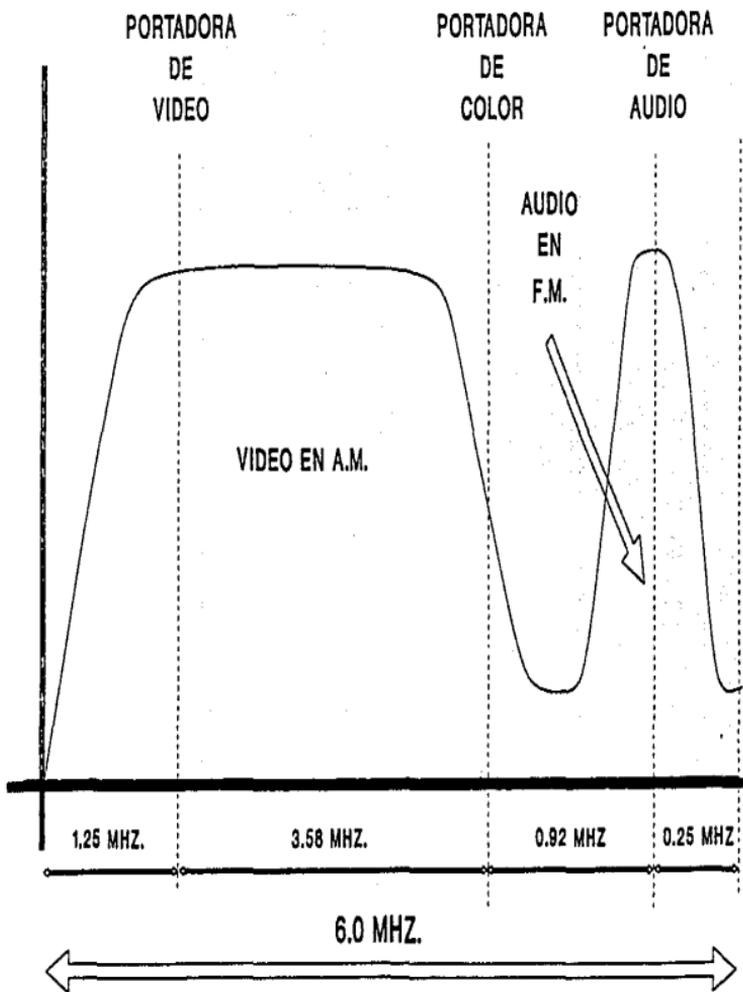


FIG.3.- SEÑAL DE VIDEO COMPUESTO.

dentro de éste espacio de frecuencia. Comparando con las transmisiones de señales locales de T.V. se encuentran algunas diferencias, como:

- la señal enviada por vía satélite incluye FM,
- las relaciones de frecuencia para un canal.

La transmisión de señales de T.V. locales ocupa un espacio menor de 10 MHz, y para transmitir vía satélite se emplea un ancho de banda de 20 MHz; entonces, se tienen 5 MHz de cada lado de la portadora de la estación, y 2 MHz de banda de seguridad, quedando un espacio de 8 MHz totales (4 MHz por cada banda de la portadora de estación), el cual se emplea para transmisiones de audio estereofónicas o bien para transmisión de señales de datos, como videotext, títulos, horarios, etc., aunque también el espacio que queda libre en ocasiones es ocupado por subportadoras de la portadora principal, como por ejemplo señales de radio dentro del mismo canal pero de diferente frecuencia que la portadora principal.

Por lo que corresponde a las señales dentro de la banda Ku, se tienen cuatro transponders de 108 MHz.

Posteriormente las señales son recibidas en el reflector parabólico, y convierten su frecuencia de 6 MHz a una de 4 MHz. Para el caso de señales de 14 GHz, son recibidas en el arreglo planar y transformadas a señales de 12 GHz.

A continuación se muestra una tabla que contiene la designación de bandas de frecuencias de acuerdo a su

magnitud :

DESIGNACION	FRECUENCIA
VLF - Very Low Frequency	3 - 30 KHz
LF - Low Frequency	30 - 300 KHz
MF - Mid Frequency	300 - 3 000 KHz
HF - High Frequency	3 - 30 MHz
VHF - Very High Frequency	30 - 300 MHz
UHF - Ultra High Frequency	300 - 3 000 MHz
SHF - Super High Frequency	3 000 - 30 000 MHz
EHF - Extra High Frequency	30 000 - 300 000 MHz

Lanzamiento y Puesta en Orbita

Lanzamiento

La colocación de un satélite normalmente es realizada por medio de algún vehículo de lanzamiento de varias etapas (por ejemplo, mediante alguno de los orbitadores o "taxis" espaciales). Previo al lanzamiento de cualquiera de estos vehículos, se debe realizar el análisis de la misión, el cual consta de los siguientes objetivos:

- 1) asegurar la compatibilidad e integridad de la misión.
- 2) Desarrollar la cronología de los sucesos de la misma.
- 3) Definir aspectos que lleven a la toma de decisiones en el satélite.

De los aspectos importantes que deben observarse son la orientación y la posición del satélite con respecto a la Tierra y al Sol, principalmente por el hecho de recibir

energía solar de manera adecuada. Así, el satélite es colocado en una órbita de aparcamiento. De esta órbita se sitúa posteriormente en una de transferencia por medio del motor de perigeo hasta encontrarse en una órbita geosincrónica. Al encontrarse en esta última órbita se dice que se encuentra en un estado de deriva, y tiene tres sucesos principales:

- a) adquisición de un lugar determinado del satélite.
- b) Adquisición de la posición orbital. Se debe alcanzar una inclinación orbital determinada, una velocidad adecuada, y la órbita geoestacionaria adecuada.
- c) Inicio de la estación. Se deben vigilar los parámetros orbitales adecuados del satélite, teniendo desviaciones hasta de $\pm 0.1^\circ$ en las direcciones N-S y E-O.

Cabe señalar que los satélites al encontrarse en órbita geoestacionaria tienden a cambiar su posición debido a perturbaciones como: el campo gravitacional de la Tierra y de la Luna para las derivas en longitud; la no-esfericidad y homogeneidad de la misma, la presión de las radiaciones solares sobre los paneles de alimentación del satélite para las derivas en latitud.

- 4) Determinar una cantidad mínima de combustible para asegurar el éxito de la misma.
- 5) Definir los requisitos relativos al control del satélite desde la Tierra.

Subsistemas de Telemetría, Rastreo y Control

Telemetría

Este subsistema debe cubrir las necesidades de adquisición, conversión, codificación y transmisión a Tierra de los datos para control del satélite, del módulo de comunicaciones y de los necesarios para el análisis de los diferentes parámetros de los diferentes subsistemas, con lo cual cada satélite puede identificarse por medio de un código incluido en esta información.

Control

Este subsistema debe satisfacer lo siguiente:

- la posibilidad de anular secuencias automáticas almacenadas en la memoria del satélite.
- Evitarse el uso de instrucciones de funciones múltiples.
- Para cada satélite debe emplearse un código para sincronización y direccionamiento.

Subsistema de Propulsión

Este subsistema está formado por el motor de apogeo y los motores de control orbital y de establecimiento del satélite. El tiempo de vida útil, muchas veces depende de la cantidad de combustible que contengan en los tanques de almacenamiento así como también en función de la frecuencia con que se tenga que emplear los motores para corrección de la posición del mismo.

Cabe señalar que el subsistema de control de reacción realiza las maniobras relacionadas con la velocidad y

orientación del satélite como respuesta a las órdenes emitidas por el Control Central en la Tierra.

Subsistema de Energía Eléctrica

Este será el encargado de proveer tanto la potencia primaria que se emplea durante las operaciones de luz solar por medio del juego de celdas solares de los paneles superior e inferior, así como la potencia secundaria que se emplea durante etapas de desplazamiento, eclipses o equinoccios por medio de un par de baterías de Níquel-Cadmio.

CAPITULO II.

**ANTENAS DE COMUNICACION,
SISTEMAS Y TECNICAS DE
RECEPCION.
ESTACIONES TERRENAS**

Antenas de Comunicación

Directividad de las Antenas

Debido a que las las señales pueden provenir de diferentes orígenes, se pueden mejorar las señales recibidas (disminuyendo el ruido) apuntando hacia el lugar adecuado gracias a la directividad de las antenas tanto de la estación receptora como del satélite. Esto facilita en cierta medida la localización de las señales debido a que la separación entre satélites en ocasiones es de 1° de arco de órbita (aprox. 736 Km).

Para reducir la interferencia entre las señales se debe considerar lo siguiente:

- a) concentrar la potencia radiada sobre una zona determinada.
- b) No emplear el mismo canal para señales de características similares.
- c) Asignar a emisiones de canales próximos con riesgos de interferencia, polarizaciones ortogonales, es decir, con un ángulo de defasamiento de 90° entre señales (polarización vertical y horizontal).

Por lo anteriormente expuesto, se debe calcular:

- 1) el haz de potencia direccionado a una zona específica.
- 2) La potencia radiada.
- 3) Canales, posición y polarización.

Así mismo, debe tratarse de que la interferencia esté dentro de un límite de protección, el cual fija el valor mínimo de la relación de la potencia útil a la suma de las potencias interferentes. Definiendo el margen de protección

como la diferencia en dB del valor real de interferencia y la relación de protección, dando como resultado valores positivos o incluso nulos.

Así, puede conjuntarse lo siguiente:

- 1) debe existir una separación entre canales para poder emplear métodos de multiplexaje y hacer uso de una sola vía de comunicación para transmitir diferentes señales.
- 2) Así mismo, agrupar canales dentro de una banda de acuerdo con la capacidad de los receptores.

Parámetros

Relación Señal/Ruido (S / N)

Es la relación existente entre la potencia de una señal, y la potencia del ruido dentro de un ancho de banda determinado. Tomando como referencia la señal de video dentro del ancho de banda de 5 MHz, será de:

$$S / N \geq 33 \text{ dB}$$

Considerando señal de video compuesta, es decir, con audio:

$$S / N \geq 50 \text{ dB}$$

Y considerando solamente señales de audio con base en un ancho de banda de 12 GHz, se tiene:

$$S / N \geq 60 \text{ dB}$$

Relación Portadora/Ruido (C / N)

Es la relación entre la potencia de la portadora recibida y la potencia del ruido dentro de un ancho de banda determinado. Se calcula en base a la potencia del satélite, la ganancia de la antena, y las temperaturas de

ruido de la antena y del LNA. Para los datos mencionados previamente, se debe tener:

$$C / N \geq 14 \text{ dB}$$

Relación de Protección (gcc)

Dentro de la media banda, los valores dependen de la excursión empleada. Para determinar la relación dentro de un mismo canal, se depende principalmente de los filtros utilizados, del ancho de banda del canal, y de la separación entre los canales (adyacentes). Considerando una separación entre canales de 20 MHz, se tiene que:

$$gcc = 15 \text{ dB}$$

Características

Ganancia Isotrópica de la antena receptora (D)

Por lo general corresponde a los tipos de antenas parabólicas de sección circular; la relación entre el diámetro D(m) y la cobertura E_0 del haz a -3dB (a la media banda) a 12 GHz, es dado por la relación:

$$D = \frac{1.8}{\theta}$$

y la ganancia isotrópica es dada por:

$$G_{\text{rm}} = \frac{n K^2 * (180)^2}{\theta^2}$$

Donde:

n = eficiencia de la antena.

k = coeficiente de ley de iluminación del reflector (K aprox.= 1.25)

θ = ángulo de abertura a -3 dB.

Error de apuntamiento de la antena receptora

Se estima una tolerancia de aproximadamente 0.5° , y se debe de considerar para el cálculo de factores como la potencia útil, y la potencia de interferencia.

Efectos de atenuación

La atmósfera introduce atenuación principalmente por los gases de la misma, y por los fenómenos meteorológicos como lluvia y nieve principalmente.

Efecto del enlace ascendente

El ruido producido por este enlace, se considera como atenuación adicional y es función de la relación portadora/ruido en el receptor. Se representa por β_u , y se toma como valor medio de 0.5 dB.

Ruido

Este es uno de los parámetros de consideración dado que se encuentra en forma intrínseca en los sistemas a causa de la calidad de los componentes del mismo, así como de las variaciones climatológicas del medio.

Es conocido que la generación de ruido es, en el caso de sistemas de transmisión, desde la fuente misma que produce las señales. De esta manera, al agregar componentes al sistema, y dependiendo de la calidad de estos, el factor de ruido puede variar. A este tipo se le conoce como ruido interno, por ser generado por el sistema mismo, mientras que

al generado por los diversos factores del medio se le denomina como ruido externo.

Ruido interno

Puede ser ruido de tipo aleatorio (generado por los componentes del sistema), y ruido térmico (por calentamiento del equipo).

En ocasiones se habla de potencia de ruido, la cual es cuantificada en función de su temperatura de ruido. Así, la potencia de ruido térmico que afecta un rango dado de frecuencia, es proporcional a la temperatura absoluta y al ancho de banda de frecuencias en cuestión:

$$N = KT_sB$$

Donde:

N = Potencia de ruido.

K = Constante de Boltzman (1.3×10^{-23} Watt-s/ $^{\circ}$ K).

Ts = Temperatura en grados Kelvin.

B = Ancho de banda en Hertz.

Se puede mencionar que las fuentes de ruido más comunes son las generadas por cargas pasivas en guías de ondas o cables coaxiales, las que se obtienen de descargas eléctricas, las provenientes de componentes de estado sólido, o bien de la antena receptora.

Ruido externo

Se debe principalmente a la radiación térmica proveniente de la atmósfera, de los fenómenos meteorológicos, de la Tierra, y fuentes de origen

extraterrestre (como radiaciones de otros planetas, ruido cósmico, etc.).

Cabe considerar que si una antena se apunta en dirección del sol, inmediatamente tendrá la influencia del ruido solar, que es de 1,000,000 °K en promedio, por lo cual para cálculo de enlaces, se evitan cruces entre la línea de comunicación y el sol.

Así mismo, la temperatura de ruido promedio de la Tierra considerada para cálculos es de 254 °K.

Back-Off

Se dá esta denominación al proceso de reducir los niveles de potencia a la entrada y salida de un TWT (tubo de ondas progresivas) para operar en la región lineal con el objeto de reducir el ruido de intermodulación, el cual es generado por la presencia de armónicas que son creadas cuando 2 ó más señales de frecuencias diferentes son transportadas por medio de un dispositivo o medio lineal.

Durante el enlace vía satélite, la señal tiene que pasar por los TWTA's (amplificadores de tubo de ondas progresivas); en este punto, la amplitud de la portadora es amplificadas, con lo cual sufre un defasamiento en su modulación. Así, su nivel de amplitud vá aumentando hasta llegar a un estado de saturación, punto en el cual tiene una potencia máxima de salida.

Tipos de Antenas

Generalmente este tipo de antenas son de dimensiones

y peso relativamente considerables. Sirven como el enlace entre las señales retransmitidas desde el satélite hacia la Tierra y el receptor mismo, y su eficiencia depende de la cantidad de microondas que pueda captar. El diseño de las mismas, es con el fin de propagar las ondas electromagnéticas desde toda la superficie receptora hacia un punto en específico para concentrar la señal. Este último se conoce como punto focal. Cabe señalar que el tipo más común de antena para recepción de señales por satélite es el de tipo parabólico.

Guías de onda

Generalmente para recepción de altas frecuencias es necesario el uso de guías de onda con el fin de transformar estas señales en energía electromagnética. Basicamente existen dos métodos de transformación: el primero consiste en el flujo de corriente a través de cables, siendo el más favorable para frecuencias más bajas, así, se tiene que el empleo de cable coaxial para este tipo de recepciones es un convertidor en potencia. El segundo método es por movimiento de campos electromagnéticos. Cabe resaltar que cuando la señal es guiada por pares de cables, en ocasiones puede generarse cierta pérdida de energía en forma de radiación.

Para el manejo de radiofrecuencias (RF) pueden considerarse los siguientes tipos de pérdidas:

- 1) pérdidas en las líneas debido a las pérdidas en el cobre de las mismas ($I^2 R$).
- 2) Pérdidas dieléctricas.

3) Pérdidas por radiación.

Así, se puede considerar que las guías de onda de forma rectangular tienen la ventaja de una mayor superficie de recepción de señal.

Antenas tipo Corneta

Este tipo consiste en que la parte receptora tiene una mayor área de recepción y tiende a concentrar las señales hacia su parte inferior actuando como el punto focal, la cual está conectada directamente a la guía de onda. Dentro de este tipo de antenas se encuentran las de forma piramidal y las cónicas. Se debe emplear una parte mínima de cable coaxial entre la corneta y el LNA, esto con el fin de lograr una señal adecuada para amplificar.

Reflectores Parabólicos

Estos tienen la finalidad de recibir y concentrar en un punto determinado (eje focal) las señales provenientes del satélite. La superficie reflectora se debe elegir para obtener una fase constante, es decir, que toda la energía recolectada por el plato deberá recorrer la misma "distancia" para concentrarse al mismo tiempo en el alimentador.

Reflectores Esféricos

La característica principal de este tipo es que pueden recibir señales de dos satélites adyacentes al mismo tiempo, ya que poseen un par de puntos focales diferentes, y pueden captar señales con una desviación de +/- 20° fuera de foco.

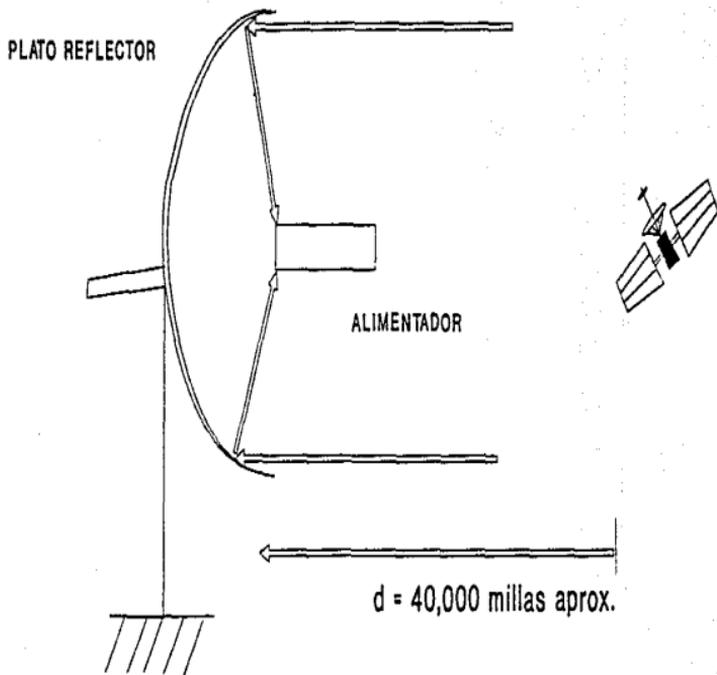


FIG.4.- DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE SEÑALES DEL
SATELITE A UN ALIMENTADOR.

En un momento determinado estos reflectores pueden funcionar para la recepción de señales provenientes de un solo satélite, o bien, de un grupo de ellos ajustando las distancias focales y ángulos acimutales. (figs. -04- y -05).

La altura de los LNA/alimentadores varía de acuerdo a la posición de los satélites, y la inclinación de las antenas. Una idea matemática de lo anterior es la siguiente:

$$\text{ALTURA LNA/ALIMENT.} = 6 \text{ COS (ang A) + 15 SIN (ang A - ang E)}$$

Donde:

ang A = ángulo de inclinación de la antena.

ang E = ángulo de posición del satélite.

Cabe señalar que la instalación de los reflectores esféricos es más sencilla, así como su ajuste focal, ya que solamente se modifica para sintonía de señales, en comparación con los parabólicos.

Antenas, estructuras y Sistemas de Radiación

Las antenas son quizá el punto más importante en un sistema de comunicaciones vía satélite ya que de su ubicación y correcta colocación depende en gran medida la eficiencia de la transmisión o de la recepción. Como características principales se pueden mencionar la orientación en elevación, y acimut.

A continuación se presenta de manera breve los fundamentos y principios empleados en la comunicación vía satélite, indicando los tipos más comunes de reflectores.

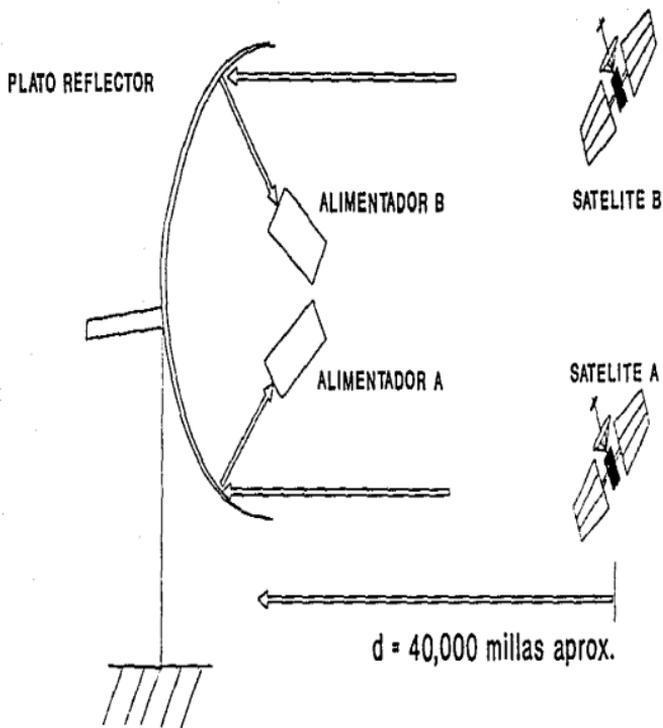


FIG.5.-RECEPCION DE SEÑALES DE UN GRUPO DE SATELITES POR MEDIO DE UNA ANTENA PARABOLICA (CON DOS ALIMENTADORES).

Perfil de apertura de la antena

Las antenas se clasifican de acuerdo a la forma de su apertura, siendo, de tipo corneta o bocina, y de reflector.

Las primeras se emplean como antenas de baja ganancia, y en ocasiones se utilizan como radiadores primarios de una antena de tipo reflector; respecto al segundo tipo, se disponen para ganancias mayores y el tipo comunmente empleado es el reflector parabólico.

Antenas de Bocina

Se clasifican acuerdo con el perfil de su apertura:

a) antena de bocina en forma piramidal. Puede radiar ondas libres de polarización cruzada y su ganancia puede calcularse de manera específica de acuerdo a sus dimensiones.

b) antena de bocina en forma cónica. Puede emplearse como radiador primario de antenas reflectoras de gran apertura de estaciones terrenas, o bien como antenas de tipo haz global en satélites.

Antenas de tipo reflector

Clasificación conforme a su estructura

Pueden clasificarse en dos de acuerdo a su estructura geométrica: de tipo simétrica y de tipo asimétrica (offset). Así mismo, se puede realizar otra clasificación alternativa de acuerdo al número de reflectores: de reflector sencillo, y de reflector doble o dual.

Antena parabólica

La configuración básica de este tipo es axialmente simétrica, y a causa de su estructura simple y capacidad de formación de haz es empleada en sistemas de microondas. El alimentador generalmente consiste en una antena dipolo o de una antena de bocina, dependiendo del objetivo y la banda de frecuencia a ser empleada. Se considera una eficiencia de iluminación de 60 %. Cabe señalar que para antenas de dimensiones considerables, la ganancia disminuye a causa de que la distancia al punto focal aumenta, por lo que no son muy recomendables para comunicaciones vía satélite.

Antena reflectora de bocina

Se considera dentro de las parabólicas, ya que la superficie reflectora es parte de una parábola. El grado de asimetría (offset) se expresa por el ángulo formado por el eje reflector y el eje de la bocina cónica, y cuyo vértice se ubica en el punto focal (F). Una característica especial de este tipo de antenas es que el nivel de polarización cruzada en la dirección fuera del eje es alto, debido a la asimetría de las mismas. Se recomienda para sistemas de microondas terrestres, aunque cabe señalar su alto costo.

Antena Torus

Su diseño consta de un reflector principal, cuyos lados paralelos a tierra son circulares, y los lados perpendiculares son parabólicos.

Su estructura de soporte no es complicada ni costosa a

pesar de sus dimensiones, ya que la antena permanece fija en el seguimiento de satélites estacionarios, así mismo pueden dirigirse una serie de haces de manera simultánea para operar con más de un satélite al mismo tiempo empleando alimentadores primarios con ejes móviles.

Antena Cassegrain

Toma como base el principio de los telescopios Cassegrain clasificándose dentro del tipo de doble reflector. Emplea un segundo reflector de forma hiperbólica colocado cerca del foco del reflector principal. El radiador primario se localiza en el punto focal F2 del subreflector, cerca del vértice de la parábola, en donde, por lo general se localiza también el LNA, evitando así, pérdidas en las guías de onda de gran longitud. Este tipo se emplea principalmente para transmisiones de radio por satélite. Como un estándar se considera el diámetro de reflector principal tal que sea 10 veces el tamaño del subreflector con la finalidad de evitar en bloqueo excesivo de la señal que redunde en una baja eficiencia de apertura, además de lograr un alto acoplamiento óptico y radioeléctrico entre ambos reflectores.

Antena Cassegrain modificada

A la antena Cassegrain que posee un reflector de bocina como radiador primario se le conoce como Cassegrain modificada o Cassegrain de campo cercano. En este caso, el alimentador cónico de la Cassegrain ha sido substituido por

un alimentador de bocina, por lo que cuenta con las ventajas de la Cassegrain además de mejorar el acceso a los sistemas de recepción con la bocina. El subreflector es de forma parabólica con el fin de retransformar la onda plana radiada desde el reflector de bocina en una onda esférica. Se considera el diámetro de la apertura del reflector de bocina como grande en términos de longitud de onda y del subreflector de bocina. Se emplea especialmente para comunicaciones espaciales debido a sus dimensiones y a que no es necesaria su rotación.

Antena Cassegrain alimentada por dos reflectores

En estas antenas se emplea una combinación de reflectores elípticos o parabólicos que alimentan el haz desde un nivel bajo muy próximo al piso con lo cual se logra baja pérdida y mejor simetría mecánica con respecto al eje de acimut.

Antena Gregorian

Esta antena es del tipo de reflector dual. Contiene un reflector primario parabólico y un subreflector de forma elíptica. A diferencia de la Cassegrain, tiene un foco real en el cual se concentran todos los rayos.

Sistemas de Montaje de Antenas

Se pueden clasificar desde el punto de vista de sistema de radiación y de sistema de estructura de antena.

Una antena puede comportarse como un radiador, es decir, cuando se transforma una corriente en señales

electromagnéticas, las cuales se propagarán en el espacio libre; o por el contrario, como un colector, en el cual se requiere la recepción de ondas electromagnéticas para transformarlas en corriente. Cuando se trabaja con estructuras complejas que conforman el sistema radiador-colector (como en las estaciones terrenas), los efectos del medio ambiente pueden efectuar la configuración y forma de la antena en el que las frecuencias deben ser lo más direccional posible y evitar radiaciones secundarias fuera de un ángulo de transmisión determinado. Así, un aspecto básico en el diseño de una antena es su característica para dirigir el haz radiado a u punto determinado en el arco orbital, de esta forma, se busca que la estructura de la antena sea tal que permita la máxima cobertura de señales.

Sistema de montaje Az-El

En este tipo de montaje el eje de elevación gira sobre su acimut. Así mismo, se observa que el eje de elevación es paralelo al plano terrestre, mientras que el acimutal es perpendicular a dicho plano.

Su costo es relativamente bajo debido a que su montaje no es muy complicado, además de que se emplea para satélites de órbita geoestacionaria y por lo tanto tiene movimiento longitudinal reducido.

Sistema de montaje X-Y

Se recomienda para satélites que describen órbitas no-sincrónicas, ya que conservan la posición del zenit, la

maniobrabilidad de movimiento en el eje acimutal, y en el eje de elevación lo cual es una consideración indispensable para el seguimiento de los satélite con las órbitas mencionadas.

Su costo es alto debido a que su punto de equilibrio está ubicado en un lugar elevado y por tanto requiere de una mayor estructura.

Sistema de montaje polar

También se le conoce como de montaje ecuatorial y se comprende de un eje paralelo a la línea de los polos y un eje perpendicular móvil alrededor del primero. Permite una visión total de los satélites en órbita geoestacionaria con un gran abatimiento del eje polar y un pequeño abatimiento en declinación, pero con el inconveniente de conducir a una estructura mal equilibrada y diferente para cada lugar de implantación.

Características eléctricas de la antena

Ganancia y área de apertura de la antena

La ganancia se define como la relación de la potencia radiada en una dirección dada de la antena, a la potencia radiada desde una antena isotrópica suministrada con la misma potencia (la cual es una antena teórica que irradia señales en todas direcciones ó bien en 4π esteradianes).

El valor de la ganancia se puede obtener empleando:

$$G = \frac{4\pi (\text{Apertura física}) (\text{coeficiente de eficiencia})}{A^2}$$

A 2

en donde $4\pi / A^2$ es el coeficiente de iluminación, o bien, es el resultado de la directividad por la eficiencia de la misma antena.

Directividad

Se denomina así al grado con que un campo de radiación es concentrado en una dirección.

Así, el patrón de antena, o registro de la directividad medido en el plano que incluye tanto al vector eléctrico de polarización lineal excitada como el eje de simetría de la antena es llamado patrón del plano-E, y el patrón medido en el plano perpendicular es denominado patrón del plano-H. De la misma manera, el patrón medido por la rotación de la antena en el eje de acimut se conoce como plano de acimut; y para el plano obtenido de la rotación de elevación es llamado patrón de elevación.

Con base en lo anterior, se puede determinar el ancho del haz; la anchura total angular entre dos puntos que se encuentran por debajo del nivel pico del haz principal por 3 dB es considerado para representar el ancho del haz, y se denomina Anchura del Haz de Potencia Media (Half-Power Beam Width-HPBW). La mitad del ancho del haz de potencia media, es decir, la anchura angular entre el punto de -3 dB y el eje del haz, se denomina también anchura del haz de potencia media.

Temperatura de Ruido

En sistemas de comunicación por satélite, el ruido

causado por la pérdida térmica de la Tierra o de la atmósfera, que es adquirida por los lóbulos laterales de la antena, tiene que ser suprimido. Así mismo, el receptor de bajo ruido tiene que emplearse porque la señal recibida desde el satélite es muy débil. De ésta forma, la temperatura de ruido de un sistema de recepción referido a la entrada de un amplificador de bajo nivel de ruido, el cual está expresado en dB, relativo a un grado Kelvin, se expresa:

$$T = T_a + T_r = T_a/L [1 - 1/L_f (T_o + T_r)]$$

en donde:

T_a = Temperatura de ruido equivalente de antena.

T_r = Temperatura de ruido equivalente de receptor.

T_a = Temperatura de ruido debido al componente del patrón de radiación de la antena.

T_o = Temperatura ambiente.

L_f = Pérdidas de circuito de línea de alimentación.

Figura de Mérito, o la relación Ganancia-Ruido (G/T)

Esta relación se considera de mayor importancia, ya que se emplea como guía para indicar la figura de mérito de una antena para comunicaciones por satélite, lo que en otras palabras indica la capacidad relativa del subsistema receptor para captar una señal. Mientras mayor sea el nivel de G/T, mejor será el desempeño de la antena, por lo que una buena antena debe tener una ganancia elevada y baja temperatura de ruido. Se define como:

$$\text{Figura de Mérito} = G/T$$

Donde:

G = ganancia de la antena.

T = Temperatura de Ruido en el sistema receptor.

Trayectoria de la señal

El recorrido de la señal se divide en trayectoria ascendente y trayectoria descendente.

Trayectoria Ascendente

Cada etapa de frecuencia eleva las señales de IF en una o dos etapas, de acuerdo al tipo de conversión (simple o doble). Así, los sintonizadores de frecuencia se encuentran "alineados" en fase a una frecuencia estándar y multiplicados a la frecuencia deseada del oscilador local.

De esta manera, la amplificación a la frecuencia de transmisión de microonda se lleva a cabo en los amplificadores de alta potencia (HPA - High Power Amplifier), los cuales generalmente trabajan como amplificadores de amplitud del ancho de banda. Se les denomina Tubos o Guías de Ondas Progresivas (TWT - Travelling Wave Tubes). La potencia de la señal de salida es filtrada para reducir los componentes por intermodulación de las señales dentro de la banda de recepción. Entonces, la señal pasa a través de las guías de onda y de ésta al alimentador polarizado adecuadamente.

Trayectoria Descendente

Debido a las pérdidas en la señal descendente, es necesario amplificar la misma, pero debe evitarse el exceso

de amplificación para evitar los cruces de señales y generar intermodulación. En la conversión descendente se translada la señal de salida o descendente a la señal (frecuencia) de IF empleada en el convertidor ascendente.

Descripción de los Componentes del Sistema Receptor

Antena Receptora

Ubicación e Instalación

Debe elegirse un lugar adecuado para captar de manera eficiente las señales provenientes de los satélites, y de igual manera, ajustar algunos parámetros de la antena, como la altura y los ángulos de la misma de tal forma que quede direccionada apuntando hacia la zona satelital determinada dentro del Cinturón de Clarke. También es conveniente tener datos del satélite como el acimut (ángulo de desviación del norte verdadero) y su altura o elevación del horizonte.

Dentro de los principales factores a considerar en la ubicación de la antena receptora es la distancia desde el reflector hacia el receptor mismo, y el área de reflexión del plato parabólico.

Alimentadores

Una regla general para obtener una mayor ganancia, es que si se agregan una mayor cantidad de elementos tanto directores como reflectores, ésta debe mejorar. Como se ha mencionado la función de los elementos reflectores es la de "rebotar" las señales hacia un punto focal, y la de los elementos directores es la de "llevar" dichas señales por

medio de guías de onda hacia el amplificador. A esto se puede agregar la consideración de que las señales cercanas a la zona de BORE SIGHT pueden alcanzar niveles de potencia de entre 35 y 37 dBW, siendo el nivel mínimo de señal a ser procesado de 25 dBW. Así mismo, el potencial de señal captado por la antena es de aproximadamente 1000 uvolts (0.001 volt) para producir una buena calidad de cuadro para la mayoría de los receptores de TV a color.

Patrón de Iluminación

En la práctica, los alimentadores "iluminan" con mayor fuerza la parte central del plato, tendiendo a perder la capacidad de recepción de microondas hacia los extremos del mismo. Así, se tiene que al disminuir el área de recepción, también se atenúa la señal de ruido interferente, pero también se disminuye la señal con mensaje recibida.

Se ha determinado como base, que en un día fresco, el promedio de ruido emitido por el sustrato es de 290 °k, por lo que se puede optimizar la captación de señales y la reducción de ruido si se logra que el poder de captación del borde del plato esté instalado de tal manera que la señal que reciba tenga una de potencia de aproximadamente entre 14 y 16 dB menos que la potencia que llegue al centro.

Ganancia en dB

El decibel (dB), es una manera de expresar las diferentes relaciones entre señales. Así, una ganancia en potencia de 1000, se puede expresar como una ganancia de

30 dB; una de 10,000 como una de 40 dB, y así sucesivamente.

Se considera que una buena calidad de recepción de un satélite en el área primaria de cobertura, es de 40 dB.

Para determinar la relación entre la ganancia en dB y la ganancia determinada por las potencias de transmisión y recepción se emplea la siguiente expresión:

$$\text{dB} = 10 \log P_2 / P_1$$

Donde:

P2 = potencia recibida (final).

P1 = potencia transmitida (inicial).

Así, se puede desarrollar la siguiente tabla:

<u>RELACION DE POTENCIAS</u>	<u>=</u>	<u>VALOR EN dB's</u>
1.00		0
3.16		5
10.0		10
31.62		15
100.00		20
1,000.00		30
10,000.00		40
:		:
:		:

En la figura (-06-) se muestra la punta receptora de una antena. Sus partes principales son: el amplificador de bajo ruido (LNA), el alimentador (feedhorn), la guía de onda (TWT), y el plato (dish) o reflector parabólico.

Ya que las microondas tienen una longitud de onda muy pequeña, implica el manejo de frecuencias muy elevadas, así,

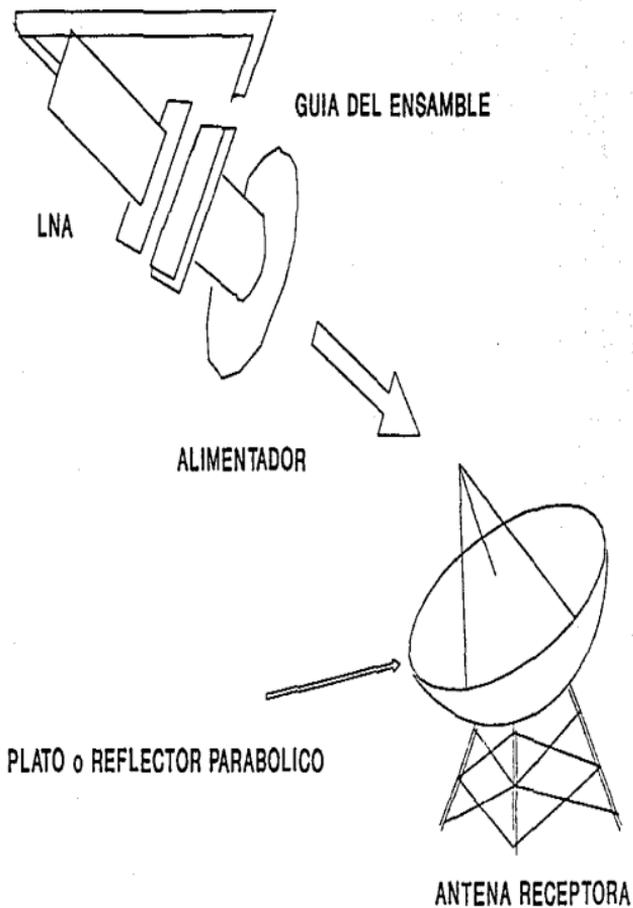


FIG.6.- ENSAMBLE DE ANTENA RECEPTORA.

las señales deben ser captadas por la punta receptora una vez que son rebotadas por el reflector o plato parabólico hacia el LNA, posteriormente a la guía de onda y al alimentador.

El Plato o Reflector Parabólico

Este presenta una forma cónica semicircular o parabólica, por lo que están diseñados para que puedan ajustarse una punta receptora para recibir las señales rebotadas de manera concéntrica un lugar denominado eje focal. Entre otros materiales, están fabricados por malla metálica cerrada o por fibra de vidrio, con el fin de poder tener una mejor superficie reflectiva para captar y rebotar mayor cantidad de señales, por lo tanto, mientras mayor poder de reflexión posea el material con el cual se fabrique el plato, mayor será su poder de captación de las señales recibidas; si a lo anterior se adjunta que se tiene una mayor área o superficie de contacto, se tendrá una mejor recepción de microondas.

Actualmente, la mayoría de los receptores parabólicos empleados para señales de TV únicamente (TVRO) son de 3 m de diámetro (aprox. 10 ft.) o bien de 5 m (aprox. 15 ft.).

Diseño de Alimentadores

Se puede decir que los alimentadores reciben los campos magnéticos y eléctricos que rebotan del plato. Al ser captadas las microondas, son enviadas a través de una guía de onda las cuales son tubos huecos de formas rectangulares

o cónicas. Para permitir la mejor transmisión de señales por las guías de onda, estas deben tener un tamaño y forma determinada. Así mismo, deben ser capaces de separar señales de diferente polarización.

Se define la cantidad o razón de onda estacionaria (VSWR) como la cantidad de radiación que ingresa, rebota, y se pierde en el proceso. Así, los fabricantes de alimentadores deben diseñar considerando un VSWR mínimo. Entonces, en teoría los alimentadores deberían tener un índice de VSWR de 1 a 1, aunque en la práctica se consideran de buena calidad los que poseen un índice de 3/2 a 1 .

Tipos de Polarización

Los satélites americanos generalmente transmiten señales de polarización vertical y horizontal. Respecto a otras emisiones internacionales, algunos países europeos transmiten en polarización circular derecha (RHCP), y en polarización circular izquierda (LHCP).

Un alimentador que esté diseñado para recibir señales de polarización vertical y horizontal, también puede recibir señales de polarización circular, con el inconveniente de que la potencia recibida disminuye en un índice de entre 3 y 5 dB's.

Polarotores

Se considera el más común, el de tipo mecánico y consiste en un alimentador provisto de un servomotor, el cual gira para realizar la selección de polarización en

ángulo de 180°. También existen rotores que emplean motores de corriente continua, lo cual les permite una rotación de 360°, aunque se consideran más lentos que los provistos de servo.

Amplificadores de Bajo Nivel de Ruido (LNA)

La función principal de los alimentadores de bajo nivel de ruido o LNA, es de detectar las ondas retransmitidas por el alimentador, con la finalidad de convertirlas en señales de corriente eléctrica y así poder amplificarlas de 10,000 a 100,000 veces (40 o 50 dB's). De esta manera se convierte en el primer elemento activo iniciando el procesamiento de las señales percibidas.

Cabe considerar que la potencia de entrada a un LNA es muy baja, aproximadamente 1 / 100,000,000 Watt, por lo cual el factor ruido del mismo es importante para no eliminar la señal; así, gracias al empleo de dispositivos electrónicos fabricados con componentes de bajo ruido (como Arseniuro de Galio - GaS), han logrado que esto sea posible.

Es de notar que para una mejor recepción de las señales, la impedancia característica de las antenas debe ser de 50 ohms, así, en conjunto con una guía de onda adecuada, el LNA deberá aceptar el máximo de microondas, ya que debe procesar señales dentro del rango de frecuencias de 3.7 a 4.2 GHz.

Temperatura y Cifra de Ruido

La escala empleada para medir el nivel de ruido en un

LNA es en °K (grados Kelvin). Esto es a causa de que, en la condición de cero absoluto o cero grados Kelvin (-273 °C aproximadamente) las moléculas prácticamente no tienen movimiento y de esta forma no hay generación de ruido. Actualmente es posible la fabricación de LNA's que van desde los 120 °K, hasta los 30 ó 35 °K. Aunque se puede llegar a pensar que la adquisición de un LNA con una menor temperatura de ruido puede resultar adecuado, en ocasiones este tipo de equipos puede resultar inconveniente debido a su alto índice de captación de señales aleatorias organizadas como pueden ser las emitidas por otros satélites o bien transmisiones de microondas a nivel de la superficie terrestre.

Las características de un LNA en ocasiones se pueden describir en función del factor de ruido. Así, la potencia del ruido está en relación directa con el ancho de banda de la señal en cuestión, por lo tanto, a medida que se incrementa la banda dentro de la cual se ubique una señal, también aumentará la señal de ruido dentro de la misma, de esta forma se tiene que los anchos de banda de las señales no son tan amplios como se pudiera pensar en un momento dado.

La cifra de ruido es el factor de ruido expresado en dB's.

A continuación se muestra una tabla en la cual se indica la relación entre la Temperatura de Ruido en °K, y la Cifra de Ruido expresada en dB:

<u>TEMPERATURA DE RUIDO (°k)</u>	=	<u>CIFRA DE RUIDO (dB)</u>
70		0.95
75		1.00
80		1.05
85		1.125
90		1.175
100		1.30
110		1.40
120		1.50
130		1.60
:		:
:		:

Diseño de los LNA

Como un estándar establecido para los LNA, se tiene que todos deben tener dimensiones similares en cuanto a guía de onda se refiere (la brida y guía de onda de entrada miden 58.2 mm x 42.1 mm), ésto con el fin de poder captar frecuencia dentro de la banda C. En su interior los LNA poseen una pequeña sonda, la cual en realidad hace la función de antena receptora de las señales de microondas para convertirlas en señales eléctricas. Con un sistema de protección contra descargas eléctricas, se genera una sonda de corriente vía cortocircuito a tierra, aunque de ninguna forma protegen a los componentes de descargas directas. Los LNA's tienen un sellado hermético debido a que por lo general se encuentran expuestos al medio ambiente, y por tanto los efectos y cambios climáticos, pueden generar

cambios en la estructura interna de los mismos, debido principalmente al vapor de agua y crear oxidación o corrosión. Así mismo, está constituido por componentes de muy bajo nivel de ruido, como GaSFET (transistores de efecto de campo de arseniuro de galio) con disposición en cascada, y a su vez seguidas de etapas de amplificación y buffers para acople. De esta manera, tienen una alimentación entre 15 y 24 volts de corriente continua y manejan corrientes en el rango de entre 80 y 150 mA, haciendo que las pérdidas de señal por efecto Joule tiendan a ser pequeñas.

Ganancia

Este concepto es uno de los parámetros importantes para la recepción adecuada de las señales provenientes de los satélites. Se puede señalar que la ganancia promedio de un sistema es entre 35 y 50 dB, y a pesar de que pudieran fabricarse LNA con un índice de ruido menor, en ocasiones el rendimiento del equipo no puede mejorar a causa de las condiciones y el medio que le rodea.

Así mismo, se tiene que la ganancia también varía de acuerdo a la gama de frecuencias presente en la recepción.

Tipos de Amplificadores de Bajo Nivel de Ruido

Los amplificadores de bajo nivel de ruido se pueden clasificar de acuerdo al papel que desempeñan, ya que no solamente existen dispositivos que amplifican la señal sino que también conllevan hacia otra función. Así bien, existen los siguientes tipos:

1) LNA.- Los convertidores de bajo nivel de ruido se caracterizan por realizar la función de amplificar únicamente la señal proveniente del satélite.

2) LNB.- Los amplificadores con convertidor de bajada o en bloque, cumplen con la función de reducir parte de la gama de frecuencias desde 3.7 a 4.2 GHz., hasta 70 MHz. o bien, algún valor intermedio. No acepta selección de canales.

3) LNC.- Este tipo de amplificadores conjunta en un solo bloque las funciones del LNA y del convertidor de bajada, reduciendo la gama de frecuencias aceptables al rango de 70 MHz. para cada canal, realizando de ésta manera la selección de los mismos sin necesidad de emplear un selector independiente.

Hablando idealmente, se tiene que un LNA debe amplificar solamente las señales dentro de la banda de diseño y por lo tanto rechazaría otras. Aunque realmente lo que ocurre es que los diseños de los filtros paso-bandas no tienen un corte exactamente en sus frecuencias de corte mínima y máxima, originando así que las ganancias adyacentes fuera de las regiones de corte tiendan a disminuir de manera rápida aunque no instantáneamente, sino gradualmente.

Así, idealmente se puede establecer una razón de 1:1 en equipos donde no hay reflejo de señales y suponiendo que capta solamente la señal de la banda de diseño; realmente en equipos de alta calidad se tiene una razón de $1 \frac{1}{3} : 1$.

Mezcladores

El propósito de cualquier mezclador, es el de proveer

una señal que sea válida para una frecuencia de operación diferente. Dicha señal está conformada de una nueva portadora y toda la información original empleada para modular la portadora original.

La figura (-07-) muestra el diagrama a bloques de una mezcladora. De ésta manera, la mezcladora emplea la señal proveniente de un oscilador (oscilador local) con la finalidad de proveer una de las dos señales de entrada. Para este caso, se identificará esta señal como "señal B". La otra señal de entrada es suministrada por otra fuente, y se denominará como "señal A". Así, ambas son alimentadas a un bloque llamado mezclador heterodino. El resultado de la heterodinización de las dos señales es que produce cuatro señales de salida; de tal manera, en la salida existen dos señales idénticas a las de entrada, llamadas A y B; y de igual forma, se tienen dos señales mayores, una se puede interpretar como la suma de las dos de entrada, y se denomina A+B. La otra señal de salida, se puede interpretar como la diferencia de las dos de entrada, y se denomina A-B.

Cabe señalar que este sistema de heterodinización es empleado en los sistemas de recepción de señales de radio y televisión.

Aplicación de la Señal de Salida del Mezclador

La salida del mezclador se convierte en una señal separada en la cual se puede identificar para modular la portadora original, y también para crear una nueva portadora. Así, la frecuencia de la nueva portadora, no es

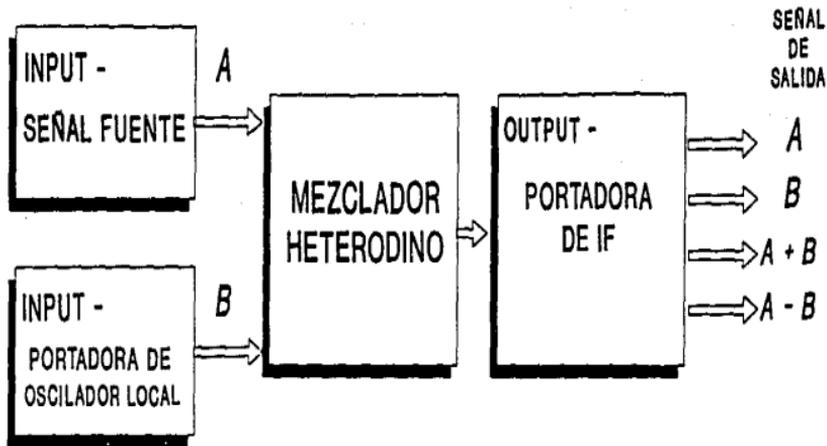


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN MEZCLADOR HETERODINO.

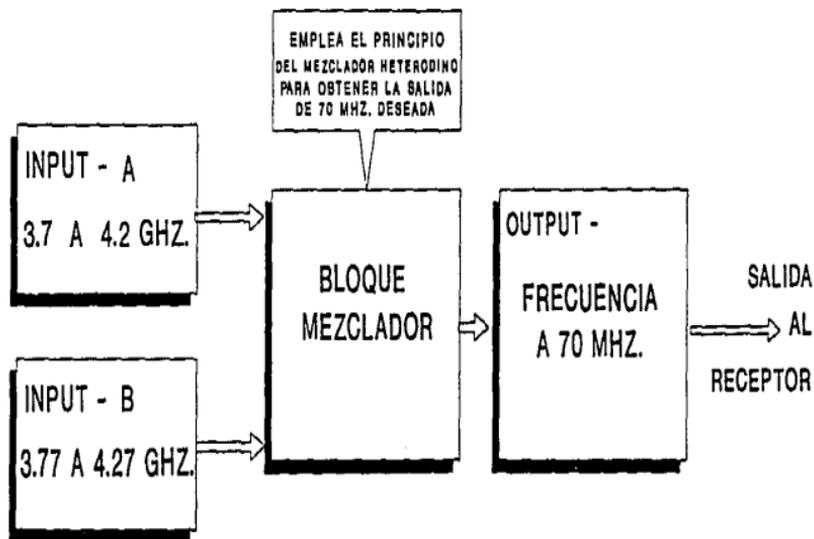


FIG.7.-DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA CONVERTIDOR DE BAJADA EMPLEANDO UN MEZCLADOR HETERODINO.

ni la frecuencia de la portadora original ni la frecuencia de la modulación, por lo que su frecuencia está ubicada entre éstas dos, dando como resultado una Frecuencia Intermedia (IF). De esta manera, se puede manejar más fácilmente una señal que posea las características esenciales en cuanto a información y modulación se refiere con la finalidad de poder amplificar posteriormente.

Para un mejor manejo de este tipo de señales, es de considerar la importancia del "alineamiento de los circuitos", o bien conocido como "sintonización". Por ejemplo, la mayoría de los receptores de AM emplean una IF de 455 KHz.; para FM se emplea una IF de 10.7 MHz.; y para receptores de TV se emplea una IF de 45.75 MHz. para la señal de video y de 4.5 Mhz. para la señal de audio. En el caso de los sistemas receptores de TV por satélite el estándar de IF es de 70 MHz.

Reproducción de Señales

Se tiene a la salida del mezclador y del convertidor una señal demodulada, la cual debe ser procesada con la finalidad de ser reproducida por medio de diferentes monitores o distribuirse a otros medios, como:

- 1.- empleando un monitor para video y un amplificador para la señal de audio.
- 2.- Empleando un demodulador. Su propósito es el de tomar dicha señal de audio y video en estado previo para modular una portadora de Radiofrecuencia (RF), así se obtiene una señal modulada en amplitud (AM). De esta forma, se tiene una

señal del mismo tipo que la recibida de la estación transmisora. La frecuencia de la portadora de RF generalmente es 61.25 MHz, ó 67.25 MHz; y observando estos datos se verá que coinciden con las frecuencias (las portadoras) de recepción de los canales 3 y 4 respectivamente en un receptor de TV. Posteriormente, la salida del demodulador es conectada a la antena receptora de señales de muy alta frecuencia (VHF) del receptor estándar de señales de TV. La mayoría de los receptores de señales de TV por satélite contienen un demodulador integrado.

3.- Empleando dispositivos VCR's, los cuales poseen un moduladores integrados, teniendo así la capacidad de introducir señales previas a la reproducción de audio y video.

Convertidores de Bajada

Su propósito principal es desarrollar una señal con portadora modulada que sea fácil de manejar, es decir, que pueda amplificarse y transportarse más fácilmente. Esto es debido a que las señales en alta frecuencia por lo general presentan dificultades al intentar ser transmitidas por cables coaxiales a causa del fenómeno de resonancia y por la irradiación de la señal (pérdidas) hacia el exterior cuando las señales son extremadamente altas. Así, una vez que el LNA ha amplificado las señales provenientes del satélite dentro de la banda de los 500 MHz. envía estas hacia el convertidor de bajada empleando para ello cables de tipo coaxial o bien, por medio de un conector tipo N de

acoplamiento directo macho/macho; de esta manera, la señal dentro del rango de frecuencias de 3.7 y 4.2 GHz. se convierte a una gama de frecuencias menor.

El factor de atenuación debido al empleo de cable coaxial es importante, debido a que conforme aumente la frecuencia de las señales, también aumentará éste.

Su propósito es convertir una señal de una frecuencia mayor a una de menor amplitud para poder amplificarla y manejarla con mayor facilidad posteriormente.(Fig.-08-)

Se tiene que una de las señales de entrada es la proveniente del LNA. Su frecuencia se encuentra en el rango de 3.7 a 4.2 GHz. El oscilador del convertidor de bajada desarrolla una señal que es 70 MHz. mayor que la señal de RF proveniente del LNA, colocando así el rango del oscilador entre 3.77 a 4.27 GHz. Si pasamos ambas señales por el proceso de heterodinización, se tiene como resultado una señal modulada con portadora de 70 MHz., así mismo al aplicar la acción de un convertidor de bajada, se tendrá como resultado algo similar a lo que ocurre con un mezclador heterodino, por lo que se considera como un primer bloque mezclador del sistema.

El convertidor de bajada puede ser colocado en cualquier parte entre el receptor y el LNA. Actualmente, se encuentra incluido en los LNA motivo por el cual, este último provee de energía para su funcionamiento.

Métodos de Conversión de Bajada

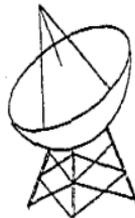
Existen tres esquemas principales:

MONITOR

...así, observamos
que si tenemos...



3.7 - 4.2 MHZ.



MODULADOR
(VCR)

RECEPTOR
DE
MICROONDAS

CONVERTIDOR
DE
BAJADA

FIG.8.-DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA TVRO.

- 1.- conversión descendente individual.
- 2.- Conversión descendente doble.
- 3.- Conversión descendente en bloque.

Como se mencionó previamente, el satélite emite una señal o enlace descendente (downlink), la cual contiene 24 canales con un ancho de banda de 36 MHz.. La forma en que se selecciona un canal es cuando su banda de frecuencia de 36 MHz. se convierte en una frecuencia "centrada", en 70 MHz. o alguna frecuencia intermedia (IF) final por medio del proceso de mezclado o de heterodinización. Así, cuando un receptor de señales de satélite envía una señal de corriente a un Oscilador Sintonizable por Voltaje (VTO), se genera el proceso de heterodinización de frecuencias deseado. El estándar de la IF de 70 MHz. se eligió de manera arbitraria, y, cabe mencionar que el origen de éste se debe a que en el principio, los circuitos detectores de sintonización de los receptores (Phase Locked Loop - PLL) ofrecían una capacidad máxima de funcionamiento para el receptor de video de 35 MHz., e incluso era utilizado para comunicaciones telefónicas de microondas. Así, la IF de los satélites se dividió en dos, para de esa manera emplear componentes en existencia y economizar al mismo tiempo.

Conversión Descendente Individual

Este tipo de convertidores, realizan la heterodinización del canal elegido y "bajan" la frecuencia del mismo a 70 MHz. en un solo paso. Por medio del selector de canales, se elige uno de tal manera que se envía un

voltaje adecuado al VTO para realizar el proceso de heterodinización generándose una frecuencia de mezclado de 70 MHz. más alta o más baja que la del centro de la frecuencia del canal; posterior al proceso de mezclado, se obtienen un par de señales (A+B, y A-B).

Este tipo de convertidores presentan la dificultad de que generan una frecuencia de imagen de 70 MHz. arriba o abajo del centro de frecuencia del canal deseado, existiendo la posibilidad de que se filtre de regreso al sistema, aunque puede restringirse este efecto empleando filtros, como aisladores de ferrita en la entrada del convertidor a manera de filtro.

Este tipo de sistemas emplea un mezclador de señales y un oscilador (local). Su entrada es de una señal de IF de 70 MHz.. En la fig.(-09a-) se muestra el diagrama de bloque de éste sistema. La señal recibida se encuentra aún dentro del rango de 3.7 a 4.2 GHz., y el oscilador opera a una frecuencia de 70 MHz. abajo de la señal de entrada. Así por ejemplo, la frecuencia de la portadora del transponder 7 es de 3.96 GHz., por lo que el oscilador en el receptor operará a 3.89 GHz. (70 MHz. abajo de la frecuencia de entrada), generándose así la IF para el receptor.

Un problema que en ocasiones se genera, es que el oscilador local produce una señal (o frecuencia) de imagen no deseada, la cual genera una portadora modulada secundaria no deseada (siendo en potencia la productora de una señal modulada para otro transponder), entonces si ésta segunda

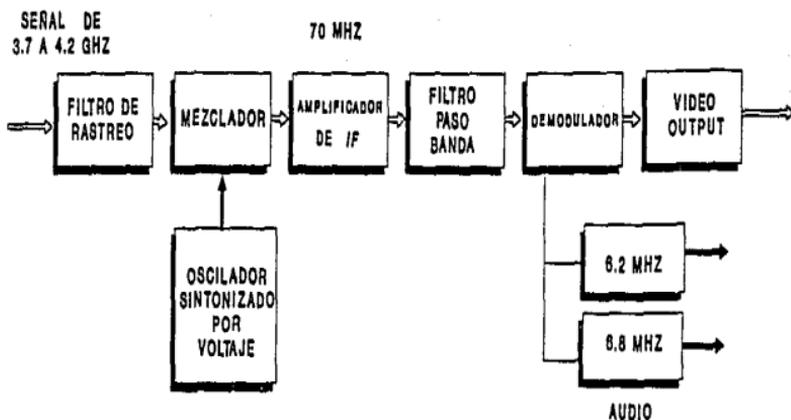


FIG.9a) DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA RECEPTOR DESCENDENTE INDIVIDUAL, CON MEZCLADOR SENCILLO.

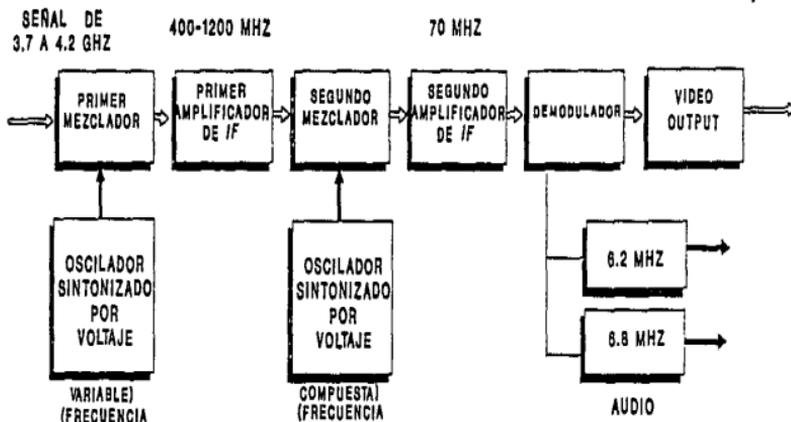


FIG.9b) DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA RECEPTOR DESCENDENTE DOBLE, CON DOS MEZCLADORES.

señal posee la misma polaridad que la señal original, daría como resultado un par de señales que serían procesadas y reproducidas al mismo tiempo por un solo sistema. Este problema puede resolverse empleando filtros electrónicos (de ferrita, por ejemplo) capaces de entrar en sintonía con el oscilador; así el filtro sintoniza la frecuencia de la señal de imagen y la señal de imagen atenuada.

Conversión Descendente Doble

La finalidad de estos es conseguir la IF final en dos etapas. En ocasiones se emplean 810 MHz. como IF de selección de canal, posteriormente se mezcla la señal con la de un oscilador local, fijo a 70 MHz. por debajo de la IF , para producir los 70 GHz. finales.

Este tipo de sistemas recibe su nombre a causa de que emplea una conversión de frecuencia de dos pasos. Se identifica por el uso de dos mezcladores y dos osciladores locales. Este tipo de sistemas es el más utilizado actualmente en los sistemas receptores de TVRO. fig (-09b-)

Conversión Descendente en Bloque

Este tipo de convertidores, emplean un oscilador fijo con estabilización dieléctrica (DSO) para reducir la banda de 500 MHz. a una gama de frecuencias intermedia; comunmente las gamas empleadas son de 950 a 1450 MHz., y de 440 a 940 MHz. Para el caso de la frecuencia más baja, permite emplear elementos de UHF, que generalmente son de menor costo y fácil adquisición, aunque por esta misma razón la

susceptibilidad de interferencia de cualquier fuente cercana de transmisores en UHF es mayor (radios, celulares, etc.).

En este ancho de banda debe contener toda la información original contenida dentro de la banda de 3.7 a 4.2 GHz. Al enviarse la señal al receptor de video, por medio de un oscilador controlado por voltaje (VTO), se mezcla esta banda con la frecuencia de selección de canal para producir la IF final, que generalmente es de 70 MHz.

La principal ventaja de estos convertidores, es que tienen la opción de elegir canales independientes ya que al emplear su mezclador interno y su VTO se puede tomar el canal deseado del bloque de IF que a una frecuencia más baja contiene la misma información transmitida original. Así mismo, otra ventaja es que tienen un mejor ajuste a la frecuencia del canal, evitando de esta manera el desplazamiento.

Otra manera de obtener este tipo de conversión, es empleando un LNB, o bien, la combinación LNA-convertidor. Esto es debido a que el LNB combina las dos funciones en un solo dispositivo.

Cable Coaxial

Las interconexiones entre los diferentes elementos componentes de un sistema de recepción se realizan mediante cable de tipo coaxial, el cual es adecuado debido a que por medio de este pueden transmitirse señales eléctricas sin que se genere un efecto magnético alrededor del mismo, ni interferencia dentro del sistema.

Los cables coaxiales se componen de conductores concéntricos separados mediante un material aislante o dieléctrico; y en conjunto se encuentra aislado por una funda protectora (no-conductora) contra elementos del medio. Así mismo, tienen una o dos capas metálicas flexibles conectadas a tierra y envueltas alrededor de un dieléctrico de plástico (polipropileno o bien, de espuma de polietileno). El conductor, generalmente es una vaina de hilo de cobre o aluminio, reforzada por una envoltura sólida, con la finalidad de aislar al máximo posible el conductor y evitar así interferencia en la señal. Comúnmente se emplean cables con un trenzado del 98 % para instalaciones más o menos libres, aunque para sistemas de recepción en los cuales exista la posibilidad de interferencia debido a la existencia de comunicaciones locales en banda de frecuencia cercana a la banda-C, se recomienda un trenzado al 100%.

De acuerdo al tipo de material con el que se encuentren fabricados, se pueden clasificar como de línea dura, coaxial común o dieléctrico de espuma o aire. Aunque los tipos más comunes de cables que se emplean regularmente en sistemas son los tipo: RG-6, RG-59, RG-214.

El tipo RG-6 y RG-59 se emplean para sistemas en los cuales se utilizan frecuencias más o menos bajas (tipo IF), aplicandose a dispositivos como el LNA y el convertidor de bajada. Los cables de tipo RG-214 se emplea para uso de frecuencias dentro del rango de las microondas, y se emplea

entre el LNA y el convertidor de bajada cuando es necesario.

Los factores principales para evaluar el rendimiento de los cables son la impedancia característica, las pérdidas de señal, y la humedad y envejecimiento.

Impedancia característica

Es determinada por la resistencia que opone el conductor al flujo de corriente eléctrica, y la capacitancia e inductancia de los conductores. Los valores típicos de cables para este tipo de sistemas de TV son 50 y 75 ohms.

Debe existir una relación entre las impedancias de salida del equipo y la del cable, ya que si la impedancia del cable no corresponde con la del aparato que alimenta, se producirá una pérdida importante en la potencia por reflexión de la señal (y de igual manera ocurrirá si la impedancia de salida de un amplificador no coincide con la del cable coaxial).

Pérdidas de señal

Los cables coaxiales se clasifican de acuerdo a la pérdida en dB por unidad de distancia, las cuales en la mayoría de las ocasiones dependen de la frecuencia que manejen, por lo que, mientras más alta es la frecuencia de la señal, mayor será la pérdida; y de igual manera, si la longitud de los cables es grande genera una mayor disminución del desempeño o eficiencia del cable.

Los cables también pueden sufrir pérdidas que exceden algunos valores indicados en tablas; esto puede generarse

cuando los ángulos en codos son demasiado cerrados, generando pérdidas por reflexión de la señal. El radio de giro mínimo recomendable es de 5 diámetros de cable aproximadamente.

También existen pérdidas importantes en uniones y acoples de cables y conectores si estos no son ensamblados o unidos correctamente, generando diferencias en las impedancias, con las consecuentes pérdidas en la señal.

Humedad y envejecimiento

El hecho de que en la mayoría de las ocasiones los cables son expuestos a las variaciones del medio, el principal elemento que puede destruirlos es el agua. Cualquier intrusión de agua en el sistema, en un conector, o en el cable mismo, puede generar un cortocircuito en la señal, y con esto causar daños mayores al sistema. De la misma forma, la humedad puede oxidar las partes metálicas con las cuales el cable entra en contacto, como por ejemplo, elementos de sujeción.

CARACTERISTICAS DE CABLES COAXIALES COMUNES

TIPO DE CABLE	PERDIDA DE SEÑAL (dB/100 FT)			IMPEDANCIA
	100 MHZ.	1450MHZ.	4GHZ.	
RG-59	3.4	11	N/A	75ohms
RG-6A	2.7	8.7	N/A	75 "
RG-11	2.30	7.0	N/A	75 "
RG-8A	1.90		23.0	50 "
RG-213	1.90		21.5	50 "
RG-214	1.90		21.5	50 "
9913	N/A		11.0	50 "
9914	N/A		13.0	50 "

PERDIDAS Y TIPO DE CABLE COAXIAL

CABLE	MODELO	FUNDA	ATENUACION (dB/100 FT)	
			400 MHZ.	900 MHZ.
RG-6	8228	L/A	4.5	6.9
RG-6	9248	L/Cu	4.5	6.9
RG-11	9230	L/A	3.2	5.2
RG-11	9292	L/Cu	3.2	5.2
RG-59	8241	95% Cu	7.1	10.9
RG-59	9278	L/A	5.4	8.4

***SIMBOLOGIA:**

L-lámina A-alambre Cu-trenzado de cobre

Técnicas de Recepción en Banda-C

La elección de componentes como el LNA (o LNB), el reflector parabólico, el receptor, así como un adecuado ancho de banda, frecuencia y potencia de la señal, son básicos para obtener una mejor recepción de señales.

Mapas de Pisadas de Satélites

Las señales de comunicación están conformadas por microondas, las cuales tienen características similares a la de la luz, ya que viajan en manera unidireccional. Así, se puede decir que el patrón de iluminación creado por las señales provenientes del satélite cubren en cierta forma una región específica de la superficie, y en dicha zona se dice que existe la "pisada" de un satélite.

Los mapas de pisadas de satélites, muestran el reflejo de las señales de acuerdo al nivel de energía radiada en un área determinada (EIRP) en dBWs, (o dBs referidos a 1 Watt

de potencia) aunque los rasgos indicados en los mapas son aproximaciones de la potencia real que capta la antena receptora, debido a la orografía del medio.

Interpretación de los Mapas de Pisadas de Satélites

Cada mapa de pisadas de satélites, contiene una serie de líneas en forma de contorno a un área geográfica determinada, y muestran las diferentes intensidades de potencia alrededor de dicha zona de manera creciente hacia el centro de la misma. Para obtener el nivel de EIRP de un haz de señal de un satélite determinado, a la ganancia de la antena transmisora del mismo le sumamos el nivel de potencia de los TWTAs (amplificadores de potencia de tubos de ondas progresivas), y quitando las posibles pérdidas debidas a factores como el multiplexor, o bien las guías de onda (que conectan al amplificador con la antena).

En un catálogo de mapas de pisadas de satélites, se pueden encontrar cuatro tipos básicos de "pisadas": global, hemisféricas, por zonas, y por puntos.

En los mapas por cobertura global, "se puede ver" la energía que cubre una pisada del 42.2% de la superficie terrestre (que es el área que puede ser "vista" por un satélite geoestacionario en posición orbital). Cabe mencionar, que se incluyen los niveles máximos de señal así como los mínimos en el área global considerada; por ejemplo, una antena transmisora global de un satélite (Intelsat V) tiene no más de 15 dBi de ganancia, mientras que ese mismo satélite tiene una ganancia mayor a 20 dBi para una antena

hemisférica, y mucho más con una antena por zona.

El término empleado para designar la potencia de las antenas transmisoras en ese caso se determina como dBi. Este es un término estandar asignado para la ganancia en referencia de una antena isotrópica estándar, la cual es una antena ideal diseñada por los ingenieros. Teóricamente, la antena isotrópica transmite señales iguales en todas direcciones al mismo tiempo, y se dice que tiene una ganancia de 0 dB. En base a este principio, se tiene que realmente las señales emitidas por una antena transmisora deben concentrarse en un punto o área determinada, por lo que se tendrá un resultado diferente de 0 dB en dicho punto.

Los transponders globales, son importantes ya que se emplean para comunicaciones interoceánicas de televisión, telefonía, radio, y transmisiones de datos principalmente.

En los mapas de transmisiones hemisféricas, se indican las señales dentro de un área menor determinada o hemisferio.

En los mapas de pisadas por Zona o por Punto, se indica la potencia de la señal que cubre como máximo un 10% de la superficie terrestre.

Los equipos receptores están diseñados para obtener una señal de entrada máxima con respecto a la señal de ruido, externo e interno, mínima (relación C/N).

Se puede obtener un margen sobre el "umbral" del receptor, combinando los diversos componentes del mismo sistema. Así, conforme la relación C/N cae por debajo del

umbral establecido, la señal de video incrementa su nivel de ruido, haciendo más notoria su presencia. Por lo que se debe tener el mayor margen sobre el nivel del umbral establecido con el fin de obtener una mejor señal.

Umbral del Receptor

Cuando el nivel de ruido de la señal de transmisión de un satélite se mantiene en un punto más o menos constante, la señal misma es fuerte, y el reflector tiene dimensiones considerables, generalmente se obtiene una relación C/N grande.

Al obtener un margen de 1 ó 2 dBs sobre el nivel del umbral establecido, el ruido en la señal de video disminuye considerablemente por lo que se torna imperceptible para el ojo humano.

El umbral de cualquier receptor se define como el punto en el cual la relación C/N de la señal de entrada y el nivel de S/N, se convierte en no-lineal. De acuerdo al diagrama de la fig.(-10-), se observa que si se opera sobre el umbral establecido, por cada 1 dB de incremento en C/N, se tendrá también otro incremento de 1 dB en la S/N de la señal de video; por otro lado, si se opera en un punto por debajo del umbral establecido, para un incremento de 1 dB en C/N, puede corresponderle un incremento de varios dBs en la S/N. La mayoría de los receptores actualmente se diseñan para un umbral de 8 dB de C/N, aunque algunos otros considerados como de "umbral expandido" tienen un límite de 7 dB C/N.

También cabe considerar que gracias a las pérdidas "por

VIDEO S/N (dB's)

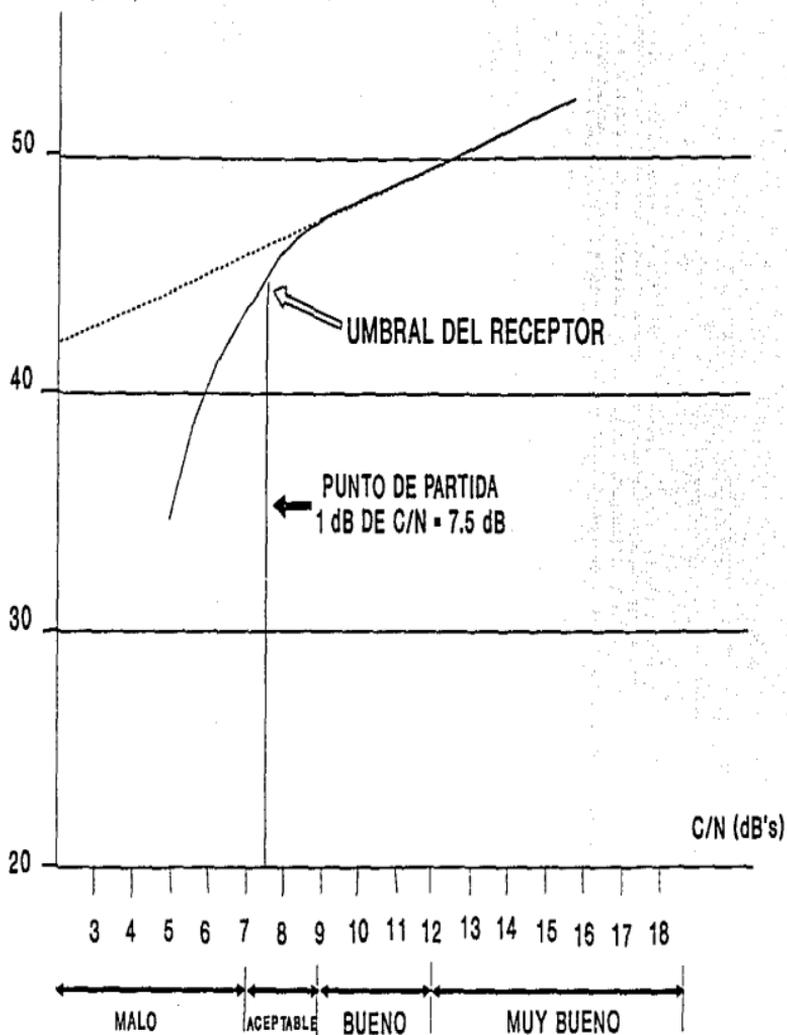


FIG.10.-UMBRAL DEL RECEPTOR (CALIDAD DE LA SEÑAL DE VIDEO).

espacio libre", la intensidad de la señal de transmisión del satélite disminuye conforme se incrementa la distancia del satélite mismo hacia el receptor.

Requerimientos de Antenas

Debido a que se generan niveles bajos de EIRP por los satélites de transmisión, las estaciones terrenas se ven obligadas al empleo de reflectores (transmisores) de dimensiones considerables, así como de reflectores (platos) grandes (con profundidad) con una f/D entre 0.25 y 0.35 para el rechazo de ruido en el receptor. Así mismo, se considera que el ángulo de elevación de la antena receptora debe ser de $\pm 20^\circ$ sobre la línea horizontal.

Consideraciones de la Temperatura de Ruido de los LNA

Junto con la antena en sí, el LNA es uno de los componentes más importantes en cualquier sistema receptor. Si se tiene una señal de ruido aleatorio en las primeras etapas de transmisión, se tendrá en las etapas finales de recepción una señal amplificada y procesada del ruido mismo. Así, la importancia del LNA radica en que se obtenga un mejor rango de aceptación de señales por un mínimo de señal de ruido. Al seleccionar un LNA, se debe considerar la curva de desempeño del mismo. La temperatura de ruido de un LNA dada por el fabricante es típicamente el máximo nivel que puede obtenerse dentro del rango del ancho de banda establecido de la unidad. Aunque la temperatura de ruido de los LNA puede apreciarse mejor en determinados rangos de

frecuencia que en otros, por lo cual algunos sintonizadores pueden ajustarse mediante selectores finos de frecuencia en aquellas en las cuales la calidad de recepción sea mejor.

Polarización Lineal y Circular

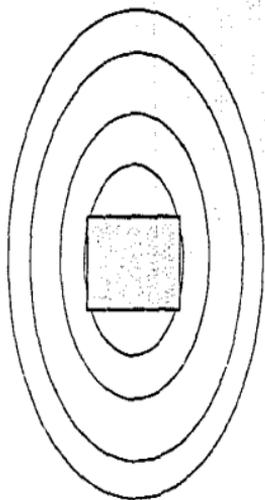
Cuando el receptor desea captar señales internacionales en ocasiones debe realizar ciertas modificaciones a causa del tipo de polarización de las mismas; por ejemplo, en Norteamérica se emplea el tipo de polarización lineal, y algunos satélites europeos emplean polarización circular. Así, en lugar de posicionar una señal que viaje en línea directa de arriba hacia abajo (en un plano horizontal o en uno vertical), se transmiten señales de manera direccional en espiral, siendo éstas en sentido de giro de la mano derecha (girando en el sentido de las manecillas del reloj), mientras que también existen polarizaciones circulares en sentido opuesto al giro de las manecillas del reloj. También cabe señalar que la mayoría de las transmisiones comerciales se realizan en torno a las transmisiones de polarización lineal, por lo que el empleo de alimentadores modificados es necesario, disminuyendo así la calidad de recepción en un poco más de 2 dB. Para realizar esto, se emplean dispositivos de teflón conocidos como insertos dieléctricos, los cuales se instalan en la garganta del alimentador en un ángulo de 45° en relación con la punta del LNA. Cuando el dieléctrico es colocado hacia el lado izquierdo de la punta del receptor, la señal que interceptará será la de polarización circular en sentido de

la mano derecha (RHCP); por el contrario, si se coloca en dirección hacia el lado derecho de la punta del receptor, resultará una recepción de señales de polarización circular en sentido de la mano izquierda (LHCP). De ésta manera, pueden recibirse señales de polarización circular, aunque solamente pueden captarse las señales de un sentido a la vez. Cabe señalar que la presencia de dispositivos de teflón en el alimentador la mayoría de las ocasiones reduce la eficiencia en la recepción de señales de polarización lineal.

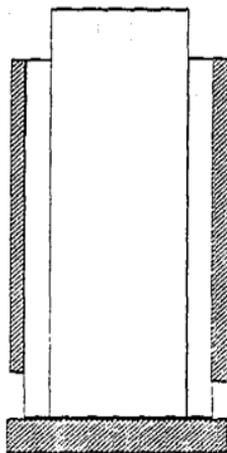
La colocación del dieléctrico en el alimentador se debe realizar cuando se tenga un máximo de ganancia en la señal de un transponder determinado, tomándolo como base, así, se inserta el dispositivo de manera perpendicular al plano de rotación de la punta del receptor, de ésta manera, la posible interferencia del efecto del dispositivo será poco perceptible. Entonces, cuando se recibe la señal de sentido opuesto de la polarización lineal, el dispositivo estará alineado precisamente en un plano en el cual no interfieren las señales de otras polarizaciones, o bién, existe una interferencia muy pequeña. (dib. -11-)

Receptores Internacionales de TVRO por Satélite

En este punto es importante señalar que los estándares establecidos para los receptores domésticos en Norteamérica, no siempre son los mismos ni son compatibles con los estándares establecidos para transmisiones internacionales. En ocasiones, deben implentarse accesorios al receptor, o



ALIMENTADOR PARA
POLARIZACION CIRCULAR
CON DISPOSITIVO DE TEFLON.



DISPOSITIVO DE TEFLON
(MATERIAL DIELECTRICO).

FIG.11.-ALIMENTADOR PARA POLARIZACION CIRCULAR
(DIELECTRICO - DISPOSITIVO DE TEFLON)

bien, emplear receptores modificados con la capacidad de captar tanto unas señales como otras. La mayoría de dichos estándares emplean cuadros de alta resolución de 625 líneas por cuadro en lugar de emplear 525 como lo asigna el estándar americano.

Una vez que la señal de video ha pasado por el demodulador del receptor, la señal adquiere forma y es filtrada por medio de redes de De-Enfasis y filtros pasabajas. Estos filtros pueden modificarse con excepción del filtro de formato de transmisión de video CCIR (International Radio Consultative Committee). Para implementar ambos estándares, se emplean redes de interruptores que permiten el acceso de cualquiera de los dos: 525 ó 625 líneas/cuadro.

Circuitería de Selección de Transponder

Existen grandes diferencias en los esquemas de frecuencias de transponders de satélites domésticos, regionales e internacionales. En muchos casos, el centro de la frecuencia de la señal de video puede estar ubicado en un punto diferente de la frecuencia central de los receptores de TVRO con canales. De esta forma, algunos de los receptores actualmente se pueden programar para que se ubiquen dentro de cualquier cuadro de frecuencias de un satélite; o bien, otros receptores contienen sintonizadores automáticos continuos (CAS-Control Automático de Sintonía).

Recepción de Señales de Audio por Satélite

Cuando algunos satélites emplean subportadoras de audio, las frecuencias empleadas por lo general son tan diferentes como 6.2 ó 6.8 MHz. de la frecuencia de la subportadora de audio asignada normalmente por la North American Domsats. Así, para casos en que se posea la capacidad de sintonización de frecuencias entre 5 y 8.5 MHz., se podrán captar más fácilmente las frecuencias subportadoras de audio.

Sincronía del Audio con Señal de Video (Audio Sound-in-Sync)

Para el caso de algunos satélites rusos transmisores de señales de TVRO los operadores de CATV europeos y EUROVISION, emplean una técnica de modulación alternativa para transmitir la porción de audio de su señal de video compuesta. Esta técnica consiste en emplear una forma de modulación digital por pulsos, insertando la información de audio en los espacios o pulsos libres que ocurren al final de cada línea de información de video. Esta técnica se denomina como modulación de Sonido-en-Sincronía. Además, para la recepción de este tipo de señales es necesario el empleo de un decodificador especial para poder "descifrarlas".

Cabe señalar que también existen, comercialmente hablando, decodificadores que pueden "descifrar" para recepción de señales de más de un satélite, por ejemplo, para decodificar las señales de algunos satélites alemanes o rusos, para CATV y programas de otros satélites europeo.

Fallas por Extensión del Umbral

Se ha visto que un ancho de banda de 12 MHz. es aceptable para la recepción del video de medio transponder.

La mayoría de las reducciones del ancho de banda a 10 MHz. ó menos colocan a la portadora de audio más allá de los -3 dB de lo establecido por el filtro paso-banda, lo cual puede solucionarse empleando un circuito retractor de la porción de audio. Aunque también, los detalles de cuadro se pierden dando como resultado un "desvanecimiento" de la señal de video, y en retardos de fase que originan "rayas" o bien, "líneas y manchas" en los cuadros. Así mismo, estas perturbaciones en la mayoría de las ocasiones no son perceptibles para el ojo humano, e incluso disminuye a causa del mismo efecto el ruido generado. En este caso, el ancho de banda puede reducirse hasta 8 MHz. aproximadamente de acuerdo al sistema de empuje (boost del sistema) de C/N.

Si el ancho de banda es angosto, e incluso menor a 7 MHz., las subportadoras de color de 3.58 MHz. (de la NTSC), o las SECAM, o las PAL de 4.43 MHz. (subportadora de color), pueden salirse de los puntos ubicados a la media banda a los -3 dB dentro del rango del filtro paso banda, y con esto incrementar la distorsión e incluso eliminar la percepción de la señal de color. Incluso, los pulsos de sincronía de video son atenuados, y la interrupción del ruido de la señal de video originará impulsos, los cuales estarán presentes en los cuadros de video monocromático.

Rastreo del Espectro Satelital

Gracias a que la mayoría de la información se encuentra concentrada en las subportadoras de audio y video, y estas pueden ocupar una porción dentro del espectro del satélite, es posible tener varias Portadoras-Individuales-Per Canal (SCPC - Single Channel Per Carrier), de audio y transmisión de datos, las cuales pueden tener acceso gracias a los diversos dispositivos de comunicación.

Gracias al sistema SCPC, muchas redes de comunicación y transmisión de señales de audio y datos, se llevan a cabo a nivel internacional.

Audio SCPC Internacional

La mayoría de los satélites internacionales emplean el sistema SCPC para la transmisión de señales de audio, de datos, e incluso para algunas redes telefónicas. La técnica consiste en dividir el transponder en dos partes; la primera mitad es ocupada por la transmisión de la señal de video, y en la segunda mitad se incluyen las señales de SCPC (hasta 200 señales diferentes). En esta segunda mitad, las transmisiones de SCPC incluyen la porción de la señal de audio correspondiente a la señal de video de la primera mitad, además de transmisiones de radiodifusoras, de telefonía, y algunas otras señales piloto.

El segundo método de combinar las señales SCPC y de video, es transmitir las señales de audio en SCPC de un transponder en otro diferente del que lleva la señal de

video.

¿Qué es el SCPC?

La frecuencia central de cualquier subportadora de audio está directamente unida (linkeada) a la portadora de la señal de TV, pero las señales de SCPC tienen sus propias portadoras independientes y frecuencias asignadas sin tener un transponder determinado. Gracias al ancho de banda tan reducido de cada transmisión de SCPC, permite que en un solo transponder de satélite se puedan incluir cientos de señales de audio individuales. El ancho de banda ocupado por una SCPC depende de cuánto esté desviada a la portadora de la misma transmisión de SCPC por la señal modulada de audio.

Una señal SCPC de voz moderada toma hasta 5 KHz. de ancho de banda, mientras que por ejemplo un canal de música en Hi-Fi ocupa más de 60 KHz. de ancho de banda con la finalidad de obtener la reproducción fiel del sonido en toda su amplitud dentro del espectro de frecuencias audibles (aproximadamente entre 50 Hz. y 18 KHz.).

Para el caso de comunicaciones telefónicas basta un ancho de banda que va desde 50 Hz. hasta 3 KHz., ya que solamente se desea captar la información necesaria sin necesidad de captar en detalle.

Equipo (HARDWARE) Receptor de Señales SCPC

Al principio, solamente se ofrecían receptores de señales de SCPC con rangos limitados de frecuencias. De esto surgió la necesidad de emplear sistemas de ajuste por medio

de potenciómetros, o bien, empleando osciladores mecánicos para localizar los servicios de SCPC deseados. Debido a que algunas transmisiones son de corta duración, dió como resultado que este tipo de selectores comenzaran a ser complicados por la manera de rastreo de frecuencia-en-frecuencia, ya que en ocasiones hay señal y en ocasiones no.

Los rastreadores (scanners) actuales de VHF/UHF pueden de manera casi instantánea captar el espectro de la señal de SCPC. Cada uno de éstos posee un lector de frecuencias digital que indica la frecuencia de cada portadora existente de SCPC, e incluso pueden programarse los canales en la memoria del dispositivo.

Un rastreador (scanner) es un dispositivo similar a un receptor de radio, el cual puede muestrear varias frecuencias de radio de diferentes canales en cuestión de segundos, accedando de manera inmediata al canal elegido.

Cabe señalar que algunos receptores de señales de TV por satélite emplean sintetización de frecuencias o circuitos PLL para obtener una mejor estabilidad.

Una de las principales desventajas de tomar como referencia el punto de 70 MHz. de IF, es que solamente aquellos servicios de SCPC que se encuentren dentro del ancho de banda del transponder en cuestión, podrán recibirse en cualquier momento mediante el ajuste de frecuencias con el selector de canal.

Técnicas de Recepción en Banda-Ku

Existe un alcance diferente para las operaciones vía satélite y es el límite determinado dentro del rango de los 10.95 y 12.75 GHz. el cual se ubica como banda Ku. Así, los satélites geoestacionarios emplean la banda entre los 11/12 GHz. para servir a más de 40 canales de video, de televisión, de audio, o de transmisiones vía cable.

Cabe señalar que la disminución en las dimensiones del reflector parabólico de señales para banda Ku es de notarse. Así como para los 4 GHz. de banda de frecuencias en banda C, para los 12 GHz. en banda Ku, no se encuentran divididos o compartidos entre los diferentes servicios que proporciona el satélite y estaciones repetidoras de señales de telefonía y microondas, de esta manera se pueden implementar los TWTA's (amplificadores de tubos de guías de onda) o bien los SSPA's (amplificadores de potencia de estado sólido, los cuales son transistores o JFET tipo HPA-Amplificadores de Alta Potencia, los cuales al sustituir a los TWTA's incrementan la potencia en los transponders), sin generar interferencia con los servicios de telecomunicaciones terrestres.

Los amplificadores de alta potencia a bordo de los satélites de banda Ku se acoplan directamente a las antenas para irradiar haces de señales de manera más estrecha y concentrada que para señales en banda C. Esto genera señales de de tierra más potentes para cada área de cobertura, permitiendo numerosos accesos de servicios de video y audio

en banda Ku para equipos con antenas pequeñas.

Existe una relación directa entre la frecuencia y al ancho del haz: conforme se incrementa la frecuencia, el ancho del haz de la antena transmisora disminuye. Lo anterior se debe a causa de que estos anchos de haz de las señales de 11/12 GHz. creadas por el reflector del satélite tienden a concentrarse sobre una pequeña porción del globo que si por ejemplo, se transmitiera con la misma antena pero en frecuencias de la banda de 4 GHz.

Interpretación de mapas de pisadas de satélites en Banda-Ku

La interpretación de los mapas de pisadas de satélites en banda Ku es similar al análisis de los mapas de cobertura en banda C. Aunque cabe señalar que al igual que en los mapas de banda-Ku, los niveles de EIRP varían con respecto de los niveles reales y de acuerdo a la orografía del suelo.

Para éste tipo de señales, en ocasiones se presenta un efecto llamado "escurrimiento de señal" (signal spillover), el cual consiste en que una señal en banda-Ku puede recibirse en un punto distante del área en la que supuestamente debería concentrarse. Lo anterior es resultado de diversos factores como la ubicación del receptor, la zona orográfica, "rebotes" de la señal, etc,.

CAPITULO III.

COMUNICACIONES DIGITALES. REDES DE COMUNICACION

Estaciones Terrenas

Características básicas de los sistemas de comunicación Vía Satélite

Entre las características más importantes de los sistemas por satélite se enumeran las siguientes:

- 1.- Un satélite puede estar diseñado para tener múltiple acceso de señales dentro de la zona de cobertura de la antena, para interconectarse con diferentes estaciones al mismo tiempo.
- 2.- Los satélites pueden asegurar circuitos de asignación por demanda.
- 3.- Así mismo, se pueden diseñar sistemas para servicios con densidades de tráfico alta, media o baja.
- 4.- Se pueden asegurar comunicaciones telefónicas, de televisión, de datos y otras de banda ancha.
- 5.- Estos sistemas son insensibles a distancias sobre la superficie de la tierra dentro de la zona de cobertura.
- 6.- Los tiempos de propagación en estos sistemas son relativamente largos.

De esta forma se tiene que el ciclo de comunicación vía satélite se divide principalmente en dos partes: el enlace ascendente y el enlace descendente.

Subsistemas

La (fig.-12-) muestra el diagrama básico a bloques de un sistema de comunicación típico.

Al seguir la trayectoria de la señal, se percibe que

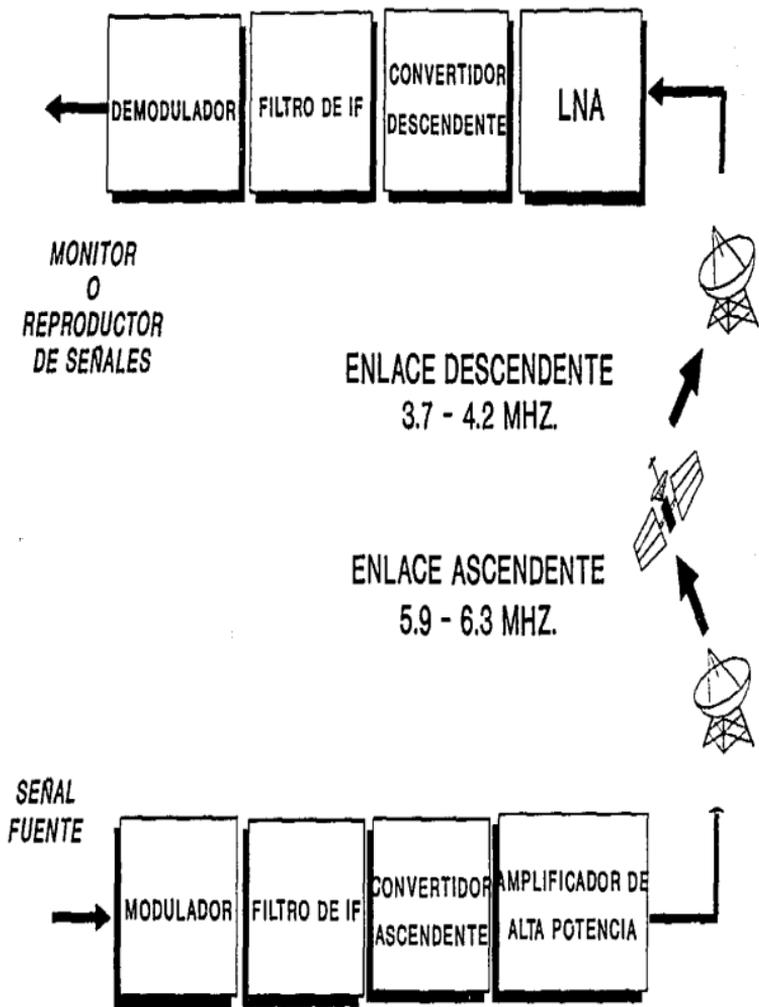


FIG.12.-DIAGRAMA DE BLOQUES DE ENLACES
ASCENDENTE Y DESCENDENTE.

está modulada una onda en Frecuencia Intermedia (IF), la cual se va a transponer (transformar) en Frecuencia Radioeléctrica o Radiofrecuencia (RF) y posteriormente se amplifica y se transmite hacia el satélite por la antena. A la recepción, el conjunto de frecuencias portadoras recibidas en la antena se amplifican y son dirigidas hacia una transposición de recepción que va a seleccionar la portadora considerada y suministra una señal de IF que finalmente es demodulada.

De la configuración típica de un enlace por satélite se pueden distinguir los siguientes subsistemas:

-Subsistema de antena. Concentra la energía en determinada dirección asegurando la adaptación entre los equipos radioeléctricos y el medio de propagación de las ondas en el espacio libre y procurando que la transmisión sea lo más eficaz posible. Sus parámetros principales son ganancia de antena (G) y temperatura de ruido (G/T).

-Subsistema de LNA. Amplifica las señales de -100 dB o menores enviadas desde el satélite e intentando eliminar el ruido excesivo. Entre sus principales parámetros se pueden identificar temperatura de ruido (50 °K @ 40 GHz., y 150 °K @ 11 GHz.) para amplificadores paramétricos y la ganancia deberá ser mayor a 50 para evitar ruido aleatorio de equipos previos.

Características: estabilidad de las cualidades por control de temperatura, hermeticidad de caja, ancho de banda

(500 MHz).

-Subsistema de amplificador de potencia. Asegura un nivel de portadora de acuerdo con la potencia isotrópica radiada (EIRP) equivalente requerida. Sus parámetros principales son la ganancia y el nivel de salida. Pueden emplearse dos tipos de amplificadores de acuerdo al ancho de banda a manejar:

-Tubo de Ondas Progresivas (TWT).- debe cumplir con facilidad de operación; riesgos de intermodulación que requiere un punto de funcionamiento con el suficiente respaldo "Back-Off". Para frecuencias hasta 500 MHz.

-Klystron.- para tráfico con un solo transponder y asociación compleja. Frecuencias hasta 40 MHz.

Entre sus características principales: limitación de ruido, estabilidad de nivel y pendiente débil.

-Subsistema de convertidor de frecuencia. Convierte la frecuencia tanto en la transmisión como en la recepción. En transmisión se transpone la señal de IF (70 MHz.) en una onda de RF (6 ó 14 GHz.); en la recepción se transpone una RF (4 ó 11 GHz.) en una señal de IF (70 MHz.).

Características principales: agilidad de frecuencia en tráfico, estabilidad de frecuencia, estabilidad del nivel y corrección del tiempo de propagación de grupo en función de la frecuencia y pureza de las frecuencias.

-Subsistema de distribución, mando y control. En este caso, importa asegurar las interconexiones entre los diferentes subsistemas por medio de líneas de radiofrecuencia. Efectuar

órdenes de mando para vigilar el correcto desempeño de los diferentes subsistemas entre sí.

-Subsistema de modulación y demodulación. Suministra una onda modulada en IF a partir de una señal banda base multiplexada en frecuencia o tiempo, o bien, de un canal telefónico (SCPC) en modulación digital PCM, PSK, 4 Φ ó en modulación analógico y visceversa.

Características principales:

-Portadoras de FDM-FM ondas de dispersión, medida de ruido en sobrebanda base, conexión en tiempo de propagación de grupo, mejoramiento de umbral y presentación de módulos removibles para los elementos dependientes de la capacidad.

-Portadora SCPC, activación de la portadora en la banda 52 - 58 MHz. en modo de preasignación o en función de demanda y compresión en amplitud.

Comunicaciones Digitales

Dentro de las comunicaciones vía satélite pueden identificarse dos características únicas en transmisión:

- la capacidad de cobertura de regiones del globo con cierta "flexibilidad", que no poseen las redes de comunicación terrestres;
- la disponibilidad del ancho de banda en señales transmitidas vía satélite.

Se puede mencionar como característica principal de un Sistema Digital de Comunicaciones (DCS - Digital Communications System), que puede enviar un número finito de

mensajes si se compara con los sistemas de comunicación de señales analógicas, ya que el objetivo del receptor no es reproducir exactamente la forma de onda con precisión, sino, tener una idea del mensaje enviado en función del nivel de umbral determinado (o el límite de error) al muestrear las señales recibidas. De lo anterior resalta la importancia del número promedio de "decisiones o pulsos erróneos" hechos o bien, denominado como Probabilidad de Error (P_e).

En la figura (fig.-13-) se muestra un Sistema Digital de Comunicaciones (DCS) típico.

Los bloques superiores: señal fuente o formato, codificador fuente, encriptador, codificador de canal, multiplexor, modulador, expansor de frecuencias y acceso múltiple, indican las transformaciones que sufre la señal desde su origen hasta llegar al transmisor.

Los bloques inferiores: acceso múltiple, compresor de frecuencias, demodulador, demultiplexor, decodificador de canal, desencriptador, decodificador fuente y señal fuente o formato, muestran el proceso de transformación que sufre la señal compuesta al llegar al receptor, y hasta convertirse de nuevo en la señal original.

Así mismo, al bloque enmarcado dentro de la línea punteada se la conoce como MODEM (Modulador-Demodulador). Cabe señalar que los bloques esenciales para un sistema DCS son el formateo de la señal, la modulación, y la demodulación.

La codificación de la señal fuente, remueve la

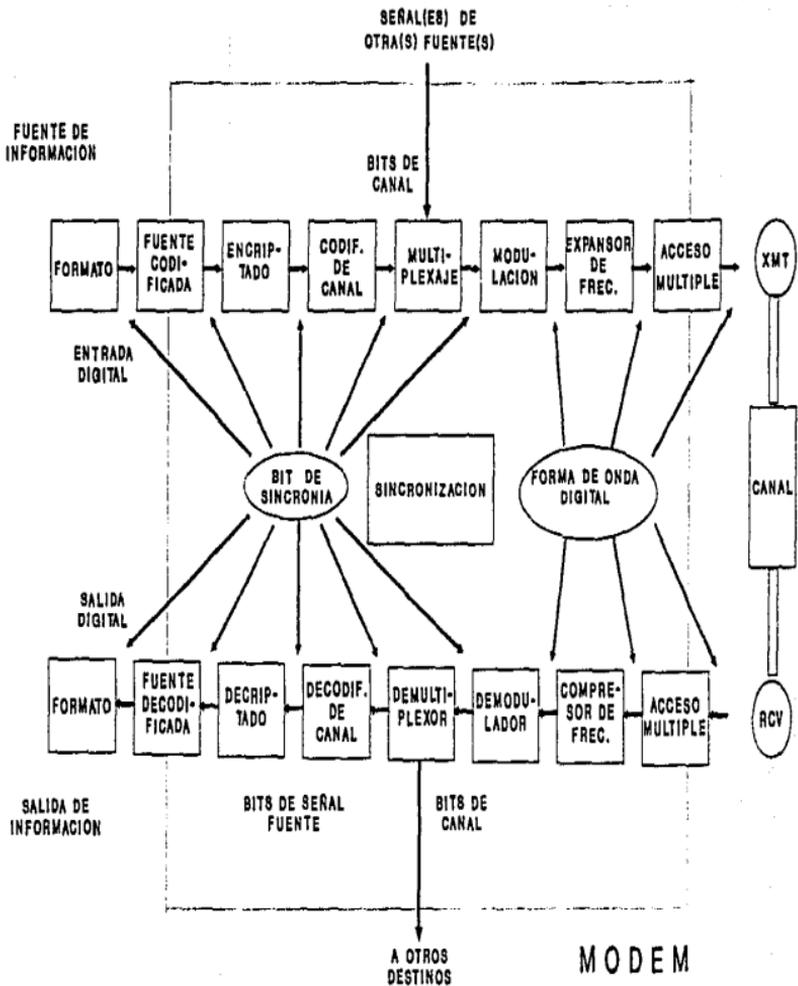


FIG.13.-DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DIGITAL DE COMUNICACIONES TÍPICO.

"redundancia" en la señal, y ejecuta la conversión Analógico/Digital (A/D) de la misma.

El encriptado evita que la señal sea empleada por usuarios ajenos al sistema, dándole protección al mismo.

La codificación de canal puede mejorar el índice de error (P_e) para un paquete de datos; al disminuir la potencia, aumenta el ancho de banda y visceversa.

La expansión de frecuencia hace que la señal se torne menos vulnerable a la interferencia o bien, a redundancia en las señales (incluyendo casos en los que una señal sea alcanzada por otra y se efectúe un "choque" entre éstas.

Después de la etapa de modulación, la señal se transforma en una senoide codificada digitalmente de acuerdo a los niveles de señal obtenidos.

Las transformaciones básicas que sufre la señal, pueden clasificarse en siete grupos básicos:

- 1.- Formateo de la señal y codificación de la señal fuente.
- 2.- Modulación.
- 3.- Codificación de canal.
- 4.- Multiplexaje y acceso múltiple.
- 5.- Expansión (Spreading).
- 6.- Encriptado.
- 7.- Sincronía.

Formateo y Codificación de la señal fuente

El formateo de la señal, se define como cualquier operación que transforma las señales de datos en símbolos

digitales.

La codificación de la señal fuente es el proceso de compresión de los datos en conjunto con el formateo de la señal. Cabe señalar que una señal fuente es de naturaleza de tipo textual o analógica; así, si los datos son de carácter alfanumérico o textos, se pueden codificar mediante caracteres tipo dentro de cualquiera de los Códigos estándar de formato de señales establecidos, como son: el Código Americano Estándar para Intercambio de Información (ASCII - American Standard Code for Information Interchange), o bien, el Código de Intercambio de Información Binaria-Extendida a Decimal (EBCDIC - Extended-Binary Coded Decimal Interchange), o el código Baudot; y de estos, cambiar información a una señal de tipo digital.

El muestreo es tomar valores de una señal en instantes discretos y generalmente espaciados, es decir, que cada determinado intervalo de tiempo se tomará "una muestra" de la señal que esté ocurriendo en dicho instante, siendo por periodos constantes de tiempo.

Si la señal de datos es analógica, la forma de onda (de banda-limitada) en primer término debe ser muestreada o sampleada al menos en $2 f_m$ Hz. A esta frecuencia se le conoce como frecuencia de Nyquist, o bien como Criterio de Nyquist o Teorema del Muestreo, en donde f_m es la frecuencia máxima contenida dentro de la forma de onda. Así, con la finalidad de recuperar una señal a partir de sus muestras, el número de éstas debe ser cuando menos el doble de la

máxima frecuencia de la señal original por segundo, ó sea:

$$f = 1 / T \geq 2 f_{max}.$$

Velocidad de Transmisión

De acuerdo a lo anterior, por ejemplo, si el rango de frecuencias de la voz humana es:

$$f_{min} = 100 \text{ Hz.}, \text{ y } f_{max} = 3000 \text{ Hz.}$$

De acuerdo a la fórmula de Velocidad de Transmisión:

$$V.T. = Q \text{ muestras/segundo} \times R \text{ bits/muestra}$$

$$V.T. = \text{bits/segundo}$$

Y del criterio de Nyquist:

$$1/T \geq 2 f_{max}$$

Para este ejemplo, considerando un muestreo de 8000 muestras/segundo, y se codifica a 8 bits/muestra (paquete de información), se tiene:

$$V.T. = 8000 \text{ Hz.} \times 8 \text{ bits/muestra} = 64000 \text{ bits/sec.}$$

En el caso de señales de T.V.

$$f_{max} = 4 \text{ MHz} \dots\dots\dots 1/T \geq 2 f_{max};$$

$$V.T. = 8 \times 10E6 \times 8 \text{ bits/muestra} = 64 \times 10E6 \text{ bits/sec.}$$

Así mismo, dentro de los "paquetes de mensajes" enviados existen bits de codificación o protección de cada muestra y bits adicionales para sincronía, identificación o paridad, por lo que la fórmula de velocidad de transmisión resulta:

$$V.T. = P \times Q \times (R + S)$$

en donde:

P = número de canales de entrada simultánea.

Q = número de muestras / (canal x segundo).

R = número de bits de codificación. (bits/sec.)

S = número de bits de paridad. (bits/sec.)

Cuando:

$S = 0$, la V.T. se designa en bits/segundo.

$S > 0$, la V.T. se designa en Bauds.

Uno de los formatos para señales digitales más empleado es la Modulación por Codificación de Pulsos (PCM - Pulse Code Modulation), y consiste en convertir las muestras cuantificadas en grupos codificados con pulsos de dos niveles (0 y 1) empleando amplitudes compuestas.

De la misma manera, existen subformatos de PCM, como : NRZ (non return to zero) - L unipolar, -L Bipolar o AMI (Alternating Mark Invention), RZ - Unipolar, RX - Polar, RZ - Bipolar, Código Manchester, Código Miller, etc..

Las técnicas anteriores permiten que el ancho de banda pueda incrementarse, la inversión de la señal sin modificar el mensaje, así como el control de la señal por medio del uso de protecciones incluidas en el mensaje mismo.

Las técnicas de codificación de la señal fuente generan una reducción del número de bits de muestreo, removiendo la redundancia generada en la señal que podría variar el significado de la información.

Se dice que una fuente de datos digitales posee redundancia, si los símbolos no son igualmente parecidos o que no son independientemente estadísticos.

Modulación

Técnicas de Modulación

A continuación se describen algunas técnicas de codificación o modulación de señal fuente:

PCM Diferencial (DPCM)

Emplea la diferencia entre las muestras en vez de basarse en la amplitud de la señal. Los sistemas DPCM codifican la diferencia entre una muestra de amplitud más o menos constante, y el valor estimado de amplitud de las muestras anteriores.

Modulación Delta (DM)

Es un caso especial de DPCM, en donde el nivel de cuantización de la salida es tomado como un bit.

Modulación Delta de Pendiente con Rango Continuo Variable (CVSD-Mod) ó, Delta Adaptativa (ADM)

Para casos en que el rango del nivel se adecúa a las diferentes entradas variables dentro de un rango límite determinado. La calidad de transmisión es aceptable.

Modulación en Codificación Lineal Predictiva (LPC)

Se emplea cuando la forma de onda es el resultado de un proceso lineal.

Codificación Huffman

Modulación Analógica

Por lo general, la técnica preferida para este tipo de

señales es la de modulación en frecuencia (FM), en lugar de modulación en amplitud (AM), debido a que los sistemas de este tipo son inmunes al ruido causado por las fluctuaciones en la amplitud de la señal. Así mismo, requiere de bajos niveles de potencia, lo cual significa menos problemas de interferencia con otros servicios.

Otro beneficio del empleo de FM, es que permite compartir canales a mayor grado que en AM, obteniendo mejores figuras de mérito en los equipos receptores.

Modulación Digital

Formatos de Modulación Digital

El proceso de modulación consiste en transformar las características de una forma de onda empleando otra onda que las haga variar. Es mediante el cual la onda portadora o subportadora de una forma de onda varía de acuerdo a una señal banda-base determinada.

En una senoide se pueden distinguir tres características para identificación del tipo de señal: la fase, la frecuencia, y la amplitud.

Los formatos clásicos de modulación digital son tres:

- PSK. Código de Desplazamiento de Fase (Phase Shift Keying).
- FSK. Código de desplazamiento de Frecuencia (Frequency Shift Keying).
- ASK. Código de desplazamiento en Amplitud (Amplitude Shift Keying).

Cabe señalar que existe una combinación de ASK y FSK

denominada QAM-Modulación de amplitud en Cuadratura (Quadrature Amplitude Modulation).

Un proceso de detección se denomina coherente cuando rastrea el mensaje incluido en la señal de la portadora; y cuando no incluye referencias de información (en la fase) se denomina no-coherente.

Corrección de Errores

Existen diversos códigos de corrección, los cuales se emplean para obtener una mejor calidad del mensaje recibido. Su finalidad es disminuir la proporción residual de bits erróneos después de la decodificación, lo cual conlleva a una ganancia en decibeles, independientemente de la calidad del equipo empleado. Dentro de las principales clases de control de errores, están la petición automática de repetición en caso de error (ARQ - Automatic Repeat request), y la corrección de errores sin canal de retorno (FEC - Forward Error Correction).

Para el caso de ARQ, se emplea un código de detección de errores junto con un canal auxiliar de retorno, por medio del cual se solicita la retransmisión del bloque completo de bits que fué recibido con errores. Por esta característica, su empleo es básico para transmisiones de datos, más no así para telefonía. De igual manera, presenta la dificultad de requerir un canal de retorno para las peticiones de retransmisión. El problema en sí, no es la selección del código, sino definir el protocolo adecuado para retransmitir.

El FEC por su parte, corrige errores sin necesidad de retransmitir la información. Tienen dos variantes, los códigos de bloque y los códigos convolucionales. Estos se aplican en canales de alto nivel de ruido que tienen potencia y ancho de banda limitados.

Para las transmisiones se codifica en la banda base los bloques de bits, previo a la modulación. Al darle un tratamiento digital a la señal, lo que ocurre es que se agregan bits de control a los de información, de tal manera que los bits de control se calculen a partir de los de información de acuerdo a lo siguiente:

$$R = K/N = [\# \text{ bits de información} / \# \text{ bits transmitidos}]$$

En la recepción se decodifica después de demodular y la redundancia ofrecida por los bits de control es empleada para detectar y corregir ciertos errores. Aplicando a una distancia d mínima, da la capacidad de detección o corrección que proporciona el código, por lo que un código de distancia d , puede aplicarse para corregir cualquier configuración de errores, tal que $d > 2t + 1$, pudiendo detectar cualquier configuración de $d - 1$ errores. Por lo anterior, es adecuado elegir el código cuya distancia mínima sea mayor para una determinada relación R , ya que de esta manera se obtiene una mayor capacidad de corrección disminuyendo la relación R a causa de que aumenta la redundancia.

Al emplear las decodificaciones mencionadas, es posible reducir la proporción de errores, por ejemplo, de $10 \text{ E-}4$ a $10 \text{ E-}8$ después de la decodificación.

Para determinar el tipo de código, los parámetros involucrados para el diseño de un sistema de codificación son: la relación señal/ruido (S/N) en recepción, proporción de errores aceptable, estructura de los errores, ancho de banda disponible, velocidad de transmisión, tipos de acceso, modulación, demodulación, sincronización y complejidad aceptables.

Técnicas de Transmisión para Voz y Datos Vía Satélite Estándares para Subportadoras de Audio

Para cada transmisión de señales de video por satélite existe una banda base compuesta, la cual es generada por el multiplexaje de señales de manera conjunta al incluirse en la señal de subida (uplink). Este rango de frecuencias va aproximadamente desde 0 hasta 10.5 MHz. Las frecuencias principales incluyen la información monocromática o de color, así como las señales de audio; en ocasiones incluye también señales auxiliares que van en las subportadoras, las cuales son transmitidas en frecuencias múltiplos de la frecuencia principal (portadora), razón por la cual las subportadoras únicamente pueden existir si la portadora es transmitida.

Para el estándar NTSC se emplea una subportadora de color de 3.58205625 MHz. para transmitir la señal con la información de color; para PAL se emplea una subportadora de 4.43361875 MHz.; SECAM transmite la información del color empleando un método dual de subportadoras: 4.406250 MHz. para el rojo, y 4.250000 MHz. para el azul.

Estéreo Discreto

El sistema de estéreo discreto emplea dos subportadoras de audio para generar la transmisión de un solo servicio de estéreo: una subportadora envía la señal del "canal izquierdo", y la otra lleva la información del "canal derecho" de la señal en estéreo.

Estéreo Multiplex

En éste sistema se emplea unicamente una subportadora para enviar ambos canales. Las señales de los canales izquierdo y derecho son enviadas en conjunto por medio de una señal compuesta, generando una sola, la cual se representa como $(L+R)$; una segunda señal compuesta representa la señal de audio del canal izquierdo menos la del canal derecho, representada como $(L-R)$. Posteriormente empleando modulación en frecuencia (FM), la señal $(L+R)$ es transmitida dentro del rango de 50 Hz. a 15 KHz. de la banda base de la subportadora del audio. La información de $(L-R)$ es transmitida en una señal de doble banda lateral, lo cual indica que ocupa las bandas en ambos lados de la frecuencia portadora principal. Así mismo, esta señal tiene una portadora suprimida en AM con centro en una frecuencia banda base de audio de 38 KHz. Después, estas señales son sumadas (mezcladas) en el satélite, obteniendo en primer término la suma de $(L+R)$ y $(L-R)$ para obtener la señal del canal izquierdo; posteriormente, realiza la diferencia de $(L-R)$ y $(L+R)$ para producir la señal del canal derecho.

Multiplexaje Por División de Frecuencia (FDM)

Este es uno de los métodos empleados para efectuar el multiplexaje de varias señales de voz y datos en un solo transponder del satélite. En la mayoría de las aplicaciones para señales telefónicas, se emplea este tipo de modulación en conjunto con modulación en FM. Así, cuando se emplea modulación FDM, la forma de onda de cada señal telefónica primeramente es filtrada para limitar su ancho de banda dentro de un rango de frecuencias audibles (entre 300 y 3500 Hz). Posteriormente, es convertida en una señal de una banda lateral en AM (SSB/AM). De ésta manera, doce señales SSB/AM son multiplexadas en una sola señal de banda base denominada como "grupo". Cada grupo comprime las señales ubicadas dentro del rango de frecuencia de la banda base de 4 Khz. De la misma manera, pueden conjuntarse varios grupos para generar un "super grupo", el cual puede contener desde 12 hasta 3600 canales de voz independientes; su modulación en FM dentro de una frecuencia (portadora) de 70 MHz. (en IF), y posteriormente es trasladado a una frecuencia dentro del rango de las microondas previo a su envío en la señal "de subida" al satélite. Cabe señalar que de acuerdo al número de canales transmitidos, el ancho de banda requerido por los grupos en FDM/FM será desde 1.25 a 36 MHz.

El equipo de recepción de FDM/FM es bastante complejo y de alto costo; aunque es factible para cualquier sistema de recepción captar estas transmisiones empleando una sola banda lateral a manera de SSB en la salida de la señal de

banda compuesta. Las señales de telefonía aparecerán de acuerdo al ajuste de sintonía del receptor, cada 4 Khz.

Dentro de los inconvenientes de este método, existe el que el video aparece "oscurecido", o bien, la imagen presenta señales de cruce aleatoriamente. Además, la sintonía dentro del rango de 5.0 a 8.5 MHz. puede resultar en señales de audio no muy entendibles. Estos problemas, son generados por las señales de FDM/FM que tienen el mismo rango de frecuencia de la banda base empleada para las de las subportadoras de audio en la señales de video compuesto.

Multiplexaje Por División em el Tiempo (TDM)

Este otro método también es empleado para la transmisión diversos servicios de voz y datos por un mismo canal. Así como las señales de FDM deben ocupar determinados rangos de frecuencia para el transponder, para las transmisiones en TDM se puede emplear todo el ancho de banda requerido. Un transponder puede retransmitir diversas señales en TDM debido a que cada señal de audio o datos modula subportadoras espaciadas en intervalos por lo que no se traslapan en el tiempo. Las señales de alta TDM requieren de un ancho de banda de 30 a 72 MHz. Las estaciones terrenas captan este tipo de señales en rangos de velocidades de transmisión altos, por lo cual deben emplear un modem.

Las transmisiones de TDM únicamente permiten en envío de una señal a la vez par poder ocupar el ancho de banda requerido, con lo cual evita la distorsión por intermodulación (o "crosstalk"). Dicho efecto es generado

cuando las señales ocupan la misma frecuencia de banda base, interfiriendo unas con otras.

Al transmitir con el total de ancho de banda del transponder, permite emplear la máxima potencia sin temor de que ocurran distorsiones por intermodulación.

Formatos de Transmisión de Múltiple Acceso por Satélite

Las técnicas de modulación por múltiple acceso permiten a diversas estaciones receptoras compartir el ancho de banda de un mismo transponder. Los formatos de transmisión son FDMA, TDMA, DAMA, y CDMA.

Acceso por Múltiple División de Frecuencia (FDMA)

Se considera que este es el método menos complejo de emplear. Con él, permite el acceso simultáneo de varias portadoras en FDM/FM en un sólo transponder en el mismo ancho de banda de éste. Lo anterior es permisible debido a que a cada estación terrena se le asignan frecuencias específicas para señales "de subida" y "de bajada".

El principal problema del FDMA es que puede incluir varias portadoras dentro de un mismo transponder, lo cual genera que sea conflictivo el tráfico de señales. Debido a la cercanía de las señales dentro del ancho de banda, puede existir interferencia por intermodulación, aunque esto puede ser evitado siempre y cuando el operador reduzca la potencia de transmisión a niveles abajo de la saturación.

Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA)

Con esta técnica, diversas estaciones pueden compartir

un mismo transponder. Se asigna una estación terrena "maestra" para asignar dentro de la red de comunicación un determinado tiempo para tener acceso al transponder.

Acceso Múltiple por Demanda-Asignación (DAMA)

Este método es empleado cuando se tienen transmisiones SCPC/FM. En vez de asignar un solo transponder para cada portadora de SCPC/FM, las portadoras de SCPC/FM son asignadas de acuerdo a la demanda por una estación de control maestro en DAMA. Con esto, la capacidad de empleo del transponder es mayor.

Acceso Múltiple en modo de Espectro Expandido (SSPA).

A este modo también se le conoce como Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).

Por este método se modula la combinación de una señal en una portadora de RF expandida en el ancho de banda del transponder. Esta señal combinada contiene audio o datos superpuestos en una forma de onda con direcciones codificadas para las terminales receptoras. Dichas terminales son programadas para "ignorar" todas las señales, a excepción de aquellas que contengan el código adecuado de acceso en SSPA para la dirección en cuestión. De esta manera, y como cada terminal posee una dirección propia, el transponder puede manejar simultáneamente diversas señales traslapadas dentro del mismo espectro de frecuencia sin que se genere ninguna interferencia entre señales.

Técnicas de Transmisión Analógicas y Digitales

Los formatos anteriormente descritos pueden aplicarse para la transmisión de señales tanto analógicas como digitales. Las señales de audio, por ejemplo, tienen formas de onda analógicas y por tal, presentan formas muy variadas en cuanto a variaciones de intensidad y frecuencia; así, para reproducir una señal "fiel" a la original, la estación terrena receptora debe de poseer una relación de señal-a-ruido bastante eficiente para adaptarse a las variaciones que pueda sufrir la forma de onda en su trayectoria desde el punto de transmisión al satélite, y de éste al receptor terrestre.

Por otra parte, como las señales digitales, unicamente pueden tener dos estados, uno y cero (on/off), permite transmisiones con un margen de error mínimo, haciendo posible la codificación de cualquier fuente.

Estándares Mundiales de Video

Estándares de la Televisión Blanco y Negro

El estándar empleado desde los inicios del sistema de TV blanco y negro es de 343 ó de 441 líneas por cuadro y 30 cuadros por segundo. Aunque posteriormente la FCC (Federal Communications Commission) adjunto al NTSC (National Television Standards Comitee), aprobaron el estándar de 525 líneas de video y 30 cuadros por segundo.

De igual manera, surgieron otros estándares a nivel mundial, principalmente en europa; por ejemplo, en Inglaterra, EMI-Marconi desarrolló el de 405 líneas por

cuadro y 25 cuadros por segundo, posteriormente, emplearon 625 líneas por cuadro y 25 cuadros por segundo. En Francia, emplearon 625 líneas por cuadro y 25 cuadros por segundo.

Actualmente, el sistema de video en blanco y negro emplea el estándar de 625 líneas por cuadro y 30 cuadros por segundo, aunque en ocasiones se emplea un sistema "reducido" a 525 líneas, con lo cual debe ajustarse en sintonía fina del movimiento vertical del monitor. Así mismo, la diferencia en cuadros por segundo, de 25 a 30, requiere de un ajuste en sintonía fina del vertical para evitar el efecto de "rolling".

Estándares de la Televisión a Color

En 1950, la FCC, aprobó el plan propuesto por la red de TV CBS, en el cual empleaba 405 líneas por cuadro y 24 cuadros por segundo. A causa de este nuevo estándar y como consecuencia, los sistemas receptores blanco y negro, se volverían incompatibles. Así, el NTSC recomienda un estándar alternativo para el sistema a color, y que resulta compatible para los sistemas monocromáticos. En este se sugiere emplear una frecuencia subportadora o frecuencia secundaria por medio de la cual se puede enviar la información del color al insertar dicha frecuencia dentro de la misma señal de video por medio de un pasobanda a 3.58 MHz por encima de la frecuencia en la cual se ubica la portadora de video. Para determinar el nivel de saturación de color correcto dentro del video NTSC, se compara la fase de la señal subportadora con una señal de referencia generada por

un circuito en el televisor. Cabe señalar que de manera alternativa, en europa consideraban la situación de introducción de errores de fase en la emisión de señales con lo cual resultarían colores no adecuados. Así, Telefunken sugirió que invirtiendo la fase 180° en líneas alternativas se cancelarían los errores generados en la transmisión, con lo cual se generó el concepto de PAL o alteración de fase por líneas (Phase Alteration by Line), y de igual manera emplear una subportadora para la señal de color, pero en éste caso considerando una frecuencia de 4.43 MHz arriba de la frecuencia de la portadora de video.

Como un recurso más, en Francia surgió la alternativa de eliminar el error de fase empleando señal en frecuencia modulada (FM) en lugar de amplitud modulada (AM) para transmitir la señal con la información del croma. Con esto, posterior a la transmisión se separa la información en tonos rojos y azules; así, la información se envía por dos subportadoras alternativas: rojo a 4.406250 MHz y azul a 4.250000 MHz. Al recibir la señal, ambas se mezclan en el televisor empleando un circuito de memoria con secuencia de color o SECAM (Séquence Couleur á Mémoire / Color Sequence with Memory).

Estándares Internacionales de Video

Entre los estándares empleados a nivel internacional estan los PAL, SECAM y NTSC. El estándar desarrollado por una organización de telecomunicaciones en europa, es el denominado **Componente Análogo Multiplexado o MAC**

(Multiplexed Analog Component), el cual puede emplearse para transmisiones a nivel mundial. Entre las principales diferencias de este con los demás estándares mencionados, se pueden mencionar el factor de luminancia por cruce de señal (cross-luminance), y los efectos de color por cruce (cross-color effects), con lo cual se reduce el ruido e incrementa el ancho de banda de la señal de color y envía una mejor señal de sincronía. Así mismo, los sistemas de recepción compatibles con MAC pueden separar las señales de color rojo, verde y azul para crear combinaciones logrando una mayor calidad para monitores de color. Con este sistema se puede obtener un alto nivel de resolución sin empleo de un transponder con ancho de banda adicional que contenga por separado componentes de video para transmitirlos secuencialmente. Al emplear MAC con técnicas de modulación digital en audio, se puede eliminar la necesidad de usar subportadoras de audio por separado, con lo cual las estaciones receptoras pueden emplear técnicas para la extensión del umbral del receptor.

Por las razones expuestas, se considera que algunos sistemas con MAC son más eficientes aún que aquellos empleados para TV de Alta Definición (HDTV-High Definition TV) con 1125 líneas.

Los sistemas compatibles con MAC, además pueden emplearse para transmisiones de audio digital o de datos. Así, pueden transmitirse simultáneamente varias señales (de audio digital) en diferentes idiomas multiplexadas de manera

conjunta conservando el ancho de banda y potencia.

Actualmente existen cuatro tipos de MAC:

- 1.- A-MAC. Las señales de audio y datos son multiplexadas dentro de una misma banda base y transmitidas en una subportadora (de 7.16 MHz.).
- 2.- B-MAC. Emplea multiplexaje en el tiempo para la creación de una banda base de audio/video consistente de un código multinivel, el cual es transmitido durante el período de "espaciamiento" (blanking) de la señal horizontal.
- 3.- C-MAC. Las transmisiones de datos son empleando multiplexaje en el tiempo de radio frecuencias (RF) para velocidades de hasta 20 Mb/s y durante el período de espaciamiento horizontal. Con este pueden usarse ocho canales de audio. Posee una banda base de más de 10 MHz., lo cual implica una limitación para la transmisión de algunas señales (por ejemplo, por Cable); además, el proceso de demodulación de señal de RF es de alto costo.
- 4.- D-MAC. Pueden transmitirse diversos canales de audio empleando multiplexaje en frecuencia para los datos en RF. Las frecuencias de las portadoras están separadas en intervalos de la señal de video. Así, es posible la transmisión de señales de audio y datos desde el satélite a más de un punto de recepción, pudiendo trabajar con velocidades de transmisión elevadas.

Quizá una de las ventajas más importantes de éste estándar, es su compatibilidad con los sistemas de recepción de video del mundo.

Técnicas de Acceso Múltiple

De entre las técnicas de acceso múltiple mencionadas, los tipos fundamentales, son:

- TDMA: Acceso Múltiple por división de Tiempo.
- FDMA: Acceso Múltiple por división de Frecuencia.
- CDMA: Acceso Múltiple por Diferenciación de Código.

De igual manera, el acceso múltiple, presenta dos tipos de modalidades de empleo:

- a) con asignación previa de canales entre estaciones.
- b) Con asignación por demanda (DAMA).

Así mismo, se emplea la técnica para el uso de acceso múltiple por distribución de frecuencia en el cual cada una de las portadoras lleva un sólo canal telefónico (SCPC).

Para el caso de los sistemas, se emplean técnicas de CFM (modulación en frecuencia compandida), DM (modulación Delta) con PSK de la portadora de RF, o PCM (modulación por código de pulsos) con PSK de la portadora de RF. Así mismo, puede tener dos accesos; por asignación previa y por asignación de demanda. El más empleado es por asignación previa.

Por otra parte, al emplear técnicas digitales en FDMA, se incrementa la capacidad (comparado con FM); además, se evitan problemas de transición al realizar cambio de FDMA por TDMA.

Para los casos anteriores, es de notar que el empleo de técnicas digitales permite el empleo de códigos de

corrección de error en la recepción, con la finalidad de obtener una mejor calidad en el proceso de comunicación.

Cuadro comparativo de Técnicas de acceso Múltiple

CARACTERISTICAS	FDMA		TDMA	CDMA
	SCPC	MCPC		
TRANSMISION	A/D	A/D/	D	D
MULTIPLEXAJE	NO	FDM/TDM	TDM	TDM
MODULACION	FM o PSK (cont.o activ. por voz)	F M o PSK	PSK alta velocidad -modo de ráfaga	AM o PSK codifica - cion frag- mentada
ANCHO DE BANDA DE LA PORTADORA	0.7 x tasa de bit	depende del plan de frecs	transpon- der com- pleto	transpon- der com- pleto
CAPACIDAD (por MHZ de ancho de banda de transponder)	22 Ch por MHZ (solo voz)	16 a 25 MHZ por canal	28 Canales	—
APLICACION	Varias estacio- nes con poco trafico	Enlace punto a punto. Mayor trafico	Numero me- dio de es- taciones. Trafico medio	Aplicacion cuando son sensibles a la inter- ferencia.

Redes de Comunicación (NETWORKS)

Dentro de las aplicaciones principales en el campo de las comunicaciones vía satélite, el intercambio de datos entre diversos sistemas de comunicación (redes), es básico debido a que en numerosas ocasiones se requiere información de un punto distante, en el cual por circunstancias diversas

no puede transferirse por un medio físico convencional, dada que puede ser de vital importancia, y por ende, se requiere de un medio eficaz y empleando el menor tiempo posible.

Definición de Redes de Comunicación

Es un número determinado de computadoras (generalmente terminales o estaciones de trabajo) interconectadas por una o más rutas o modelos (paths) de transmisión. El "path" puede ser una línea telefónica por sus características de ancho de banda empleado y su universalidad como medio de comunicación.

Objetivo de las Redes de Comunicación

Su objetivo primordial, es la transferencia e intercambio de datos entre las diferentes terminales y/o servicios.

Ventajas de las Redes de Comunicación

- 1.- Permite la comunicación entre diversas organizaciones ubicadas en diferentes regiones.
- 2.- Las redes de cómputo, permiten compartir la información entre los diferentes servicios y/o terminales del sistema para facilitar y distribuir el trabajo.
- 3.- Respaldo del sistema entre terminales.
- 4.- Medio flexible de trabajo. Permite el empleo de terminales portátiles.

Estructura de Redes de Comunicación

El Proceso de Aplicación, usualmente consiste en el

"software" o programa de cómputo, cuyo objetivo es el proporcionar un servicio.

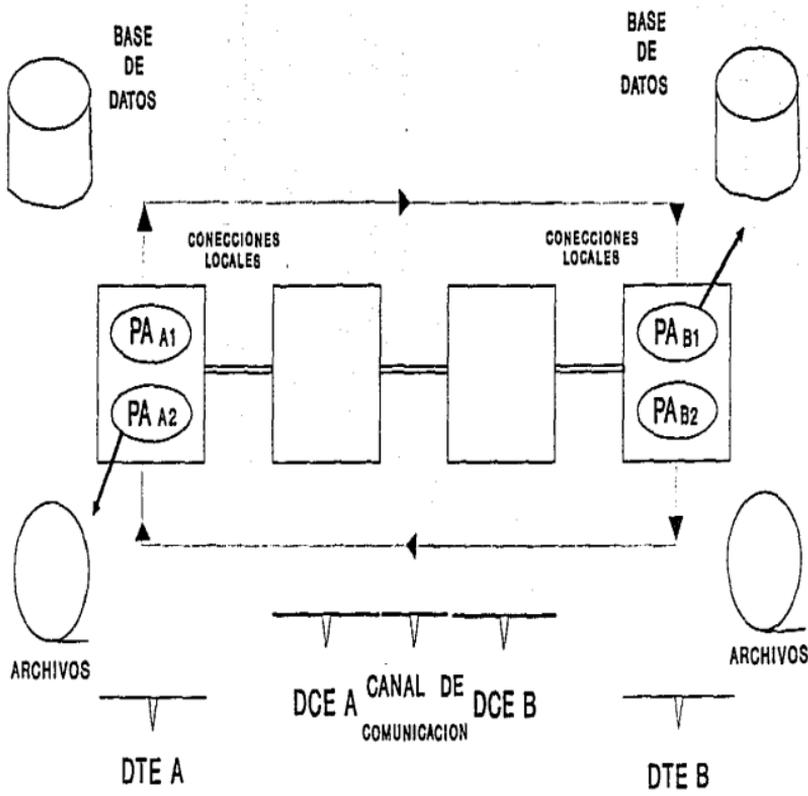
El Proceso de Aplicación se basa principalmente en:

- a) Equipo Terminal de Datos (DTE - Data Terminal Equipment), el cual por lo general, es una computadora o bien una terminal, como, estaciones de trabajo, cajeros automáticos, correo electrónico (sistemas de oficina - SOFI), etc.
- b) Equipo Circuito-Terminale de Datos (DCE - Data Circuit-Terminating Equipment), o equipo de intercomunicación de datos; su función es interconectar los DTE's en la misma línea o canal de comunicación, por lo que se consideran como interfaces para los DTE's.
- c) Equipo de Interrupción de Datos (DSE - Data Switching Equipment), el cual se emplea para conjuntar diferentes líneas de DCE's y DTE's.

Así, la función primordial de las Redes de Comunicación es interconectar las DTE's con la finalidad de compartir e intercambiar información y datos empleando interfaces específicas y protocolos, de acuerdo a normas y estándares establecidos.

La conexión entre DCE's y DTE's puede ser de dos formas:

- a) Redes Punto-a-Punto. La comunicación entre los DTE's es uno-a-uno por lo que solamente puede realizarse entre dos terminales. (fig.-14-)
- b) Redes Multipunto. Esta configuración permite comunicación



DONDE:

- DTE • EQUIPO TERMINAL DE DATOS
(DATA TERMINAL EQUIPMENT)
- DCE • EQUIPO TERMINAL DE CIRCUITO DE DATOS
(DATA CIRCUIT-TERMINATING EQUIPMENT)
- PA • PROCESO DE APLICACION

SIMBOLOGIA	
—	COMUNICACION FISICA
- - -	COMUNICACION LOGICA

FIG.14.- SISTEMA DE COMUNICACION DE DATOS TIPICO.

entre 2 ó más servicios al mismo canal de comunicación.
(fig.-15-)

Flujo de Datos y Circuitos Físicos

El tráfico de comunicación entre terminales puede ser:

1.- SIMPLEX. La transmisión se realiza en una sola dirección. Su utilización es en sistemas de T.V., radio comercial, etc.

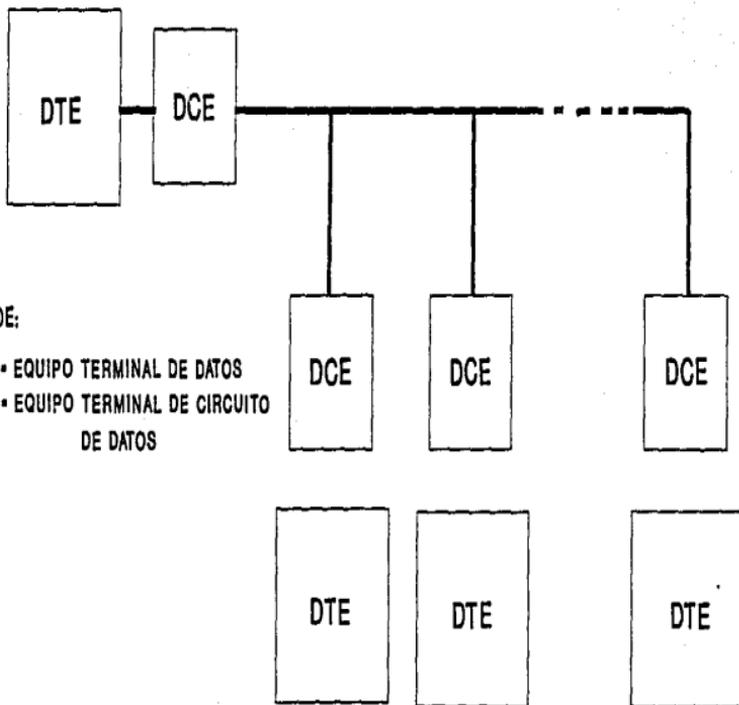
2.- SEMI-DUPLEX (HALF-DUPLEX). La transmisión se realiza en ambas direcciones, pero solamente una a la vez. Se emplea en sistemas de cómputo pregunta/respuesta; terminales con teclado con pantallas tipo CRT.

3.- DUPLEX (FULL-DUPLEX). Existe transmisión simultánea en ambas direcciones. Para aplicaciones en canales de uso continuo generado principalmente por multiplexaje y con necesidad de tiempos de respuesta rápidos.

Por lo anterior, es notable la aplicación de comunicaciones de datos vía satélite, en los diversos tipos de redes, como LAN's de acuerdo a la topología que disponga el usuario en su sistema.

Fundamentos de la Teoría de Comunicación

Un canal de comunicación es definido en función del número de bits por segundo (bits/segundo = bps = bs) transmitidos. A manera de comparación se muestra el siguiente cuadro:



DONDE:

DTE • EQUIPO TERMINAL DE DATOS
 DCE • EQUIPO TERMINAL DE CIRCUITO
 DE DATOS

FIG.15.-DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UN CIRCUITO MULTIPUNTO.

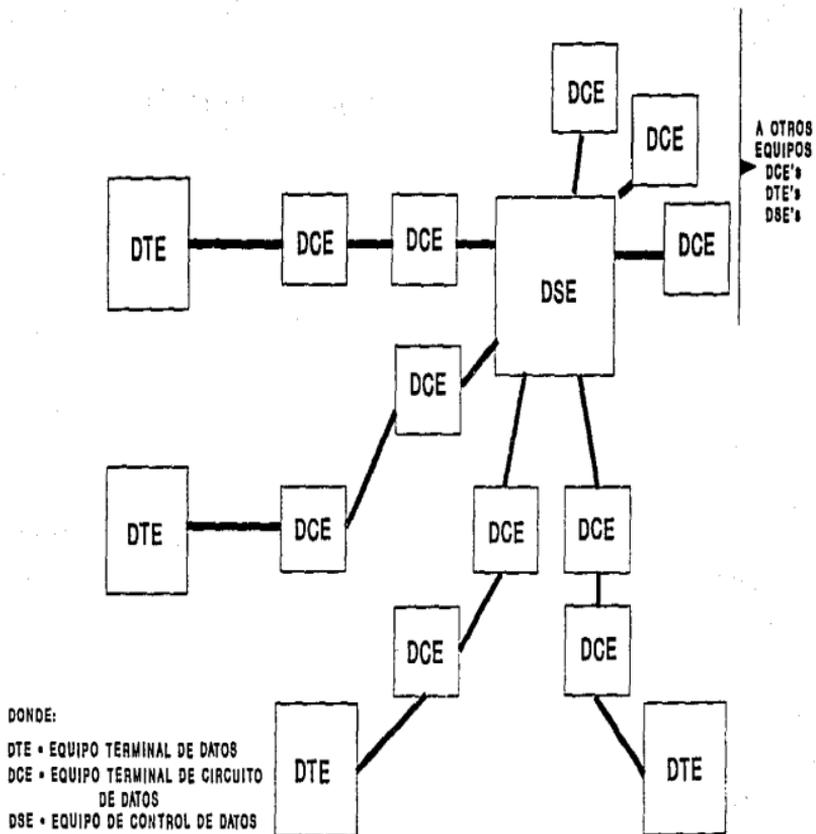


FIG.16.-DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE EQUIPO DE CONTROL (INTERRUPCION) DE DATOS.

BAJA VELOCIDAD (LOW SPEED).	0 - 600 BPS.
MEDIA VELOCIDAD (MEDIUM SPEED).	600 - 4800 BPS.
ALTA VELOCIDAD (HIGH SPEED).	4800 - 9600 BPS.

Aunque algunos sistemas modernos emplean velocidades como 14 400, 19 200, 5 600, 64 000 bps, y 1 544 Mbps (en portadora F1) en algunos lugares de Europa.

A las formas de onda generadas por señales de tipo aleatorio, se conforman como señales analógicas, y como características principales de estas formas de onda están: la amplitud, la frecuencia, y la fase.

La amplitud es la medida de la onda en relación a su voltaje (desde valores de 0 a +/-V).

La frecuencia describe el número de ciclos por segundo, o bien, el número de oscilaciones de la onda por segundo (Hertz).

La fase indica el valor angular de la onda en un momento determinado (desde 0° - 360° ó bien, de 0 - 2π).

Ancho de Banda y Espectro de Frecuencia

El rango de frecuencia que ocupa una determinada señal se conoce como Ancho de Banda. Por ejemplo:

Voz Humana - 200 Hz a 15 KHz

Oído humano - 40 Hz a 18 KHz

En la (fig.-17-) se muestra un cuadro de bandas de frecuencias de acuerdo a su aplicación.

Señales Digitales

La manera de comunicar las DTE's entre sí es por medio

RANGO DE FRECUENCIA Y ASIGNACION		USOS TIPICOS
10 e 3	--	Frecuencia en linea telefónicas (con alta y baja velocidad)
10 e 4	<i>VLf</i>	Frecuencia de voz en linea telefonica (a alta velocidad)
10 e 5	<i>Lf</i>	Cables coaxiales submarinos (Transferencia de datos a HS)
10 e 6	<i>Mf</i>	Cables coaxiales terrestres: transmisiones en AM (HS)
10 e 7	<i>Hf</i>	Cables coaxiales terrestres: transmisiones en banda corta
10 e 8	<i>VHF</i>	Cables coaxiales terrestres: TV (FM) y audio VHF
10 e 9	<i>UHF</i>	Transmisiones de TV en UHF
10 e 10	<i>SHF</i>	Guías de onda cortas: Transmision en microondas (HS)
10 e 11	<i>EHF</i>	Guías de onda helicoidales (HS Data transfer)
10 e 12	--	Transmision a nivel infrarojo (Transmision local de datos)
10 e 13	--	Transmision a nivel infrarojo (Transmision local de datos)
10 e 14	--	Fibra Optica: Luz visible (VHS Data transfer)
10 e 15	--	Fibra Optica: Ultra Violeta (VHS Data transfer)
10 e (19-23)	--	Rayos X y Rayos Gamma

FIG.17.-ESPECTRO DE FRECUENCIAS (BANDAS DE FRECUENCIAS).

de señales digitales. Estas se obtienen mediante el muestreo o sampleo de una señal analógica por periodos de tiempo discretos, es decir, que cada determinado lapso de tiempo, se toma el valor (una muestra) de la señal analógica y este valor se considera constante hasta que se realiza la siguiente toma de la señal analógica durante el subsecuente período de tiempo, y así sucesivamente.

La comunicación se realiza por medio de un MODEM, el cual sirve como interface (o puente de comunicación) D/A, tomando así la función de un DCE (Data Circuit-Terminating Equipment). MODEM es un término empleado para designar el proceso de intercambio MODulación/DEMulación.

Modulación es la modificación de una frecuencia a una portadora de datos, siendo estas señales, la portadora y la señal banda-base (moduladora). Así, la función del MODEM es modificar la señal portadora en función de la señal banda-base o moduladora.

Por lo anterior, un MODEM de AM modifica la amplitud de la señal; uno de FM modifica la frecuencia y mantiene la amplitud; y uno de PM altera la fase por lo cual, cambia los valores de la señal de 1's y 0's, a 0's y 1's.

Sincronía en las Señales

En una línea de transmisión se envían mensajes que son regulados por interrupciones (ON/OFF) de acuerdo a convenciones preestablecidas, empleando una señal de reloj, la cual sirve de guía para sincronizar la comunicación.

Las señales de reloj pueden tomar dos funciones:

1.- Sincronizar en la transmisión, previo a la llegada de datos.

2.- Mantener al receptor "en sincronía" con los bits de datos que llegan.

El reloj o señal de reloj sirve como referencia para las señales binarias, y de esta forma, se genera la sincronización entre los códigos de transmisión.

En la (fig.-18-) se muestran algunos códigos empleados en la industria.

- Código Unipolar. No hay señal por debajo de cero. Toma valores de 0 y +V.

- Código Polar. Hay señales por encima y por debajo de cero. Los valores lógicos se identifican por el signo algebraico opuesto, 1 = +V, 0 = -V.

- Código Bipolar. La señal varía entre tres niveles.

- Código de Inversión ALternativa de Marcas (A M I - Alternative Mark Invention). Emplea pulsos de polaridades alternadas para codificar 1's.

a.- NRZ.

b.- RZ.

c.- Manchester.

d.- Bipolar AMI.

e.- Actual Bipolar Pulse Stream.

Transmisión Síncrona y Asíncrona

Los datos e información transmitida puede tomar dos formatos o modos de transmisión:

Modo Asíncrono. Cada byte (paquete de 8 bits de información) contiene un bit para inicio y otro bit para fin (START/STOP), los cuales funcionan como señales específicas para el receptor.

Es un sistema bastante empleado para comunicaciones punto-a-punto, debido a que no es necesaria demasiada exactitud en los mensajes recibidos ya que pueden ser corregidos cuando se recibe el byte siguiente.

El bajo costo de estos sistemas compensa con la pérdida de tiempo que implican los bits de inicio/fin.

Modo Síncrono. Emplea canales con señal de reloj separados o con un código de una señal de reloj uniforme. No emplea señales de inicio/fin y solamente utiliza otras señales preliminares al mensaje denominadas bytes de sincronía (sync bytes) con la finalidad de avisar al receptor que va a enviarse un mensaje. A este proceso se le denomina **framing**. Su costo es mayor, en redundancia con su mayor velocidad y exactitud en la transmisión y recepción de mensajes.

Formatos de mensajes

Los datos enviados por una red de comunicación poseen cinco características básicas:

- 1.- bytes de sincronía.
- 2.- Protocolo para control de campo.
- 3.- Identificación de los datos (del transmisor y del receptor).
- 4.- Datos del usuario (aplicación de los datos al proceso).

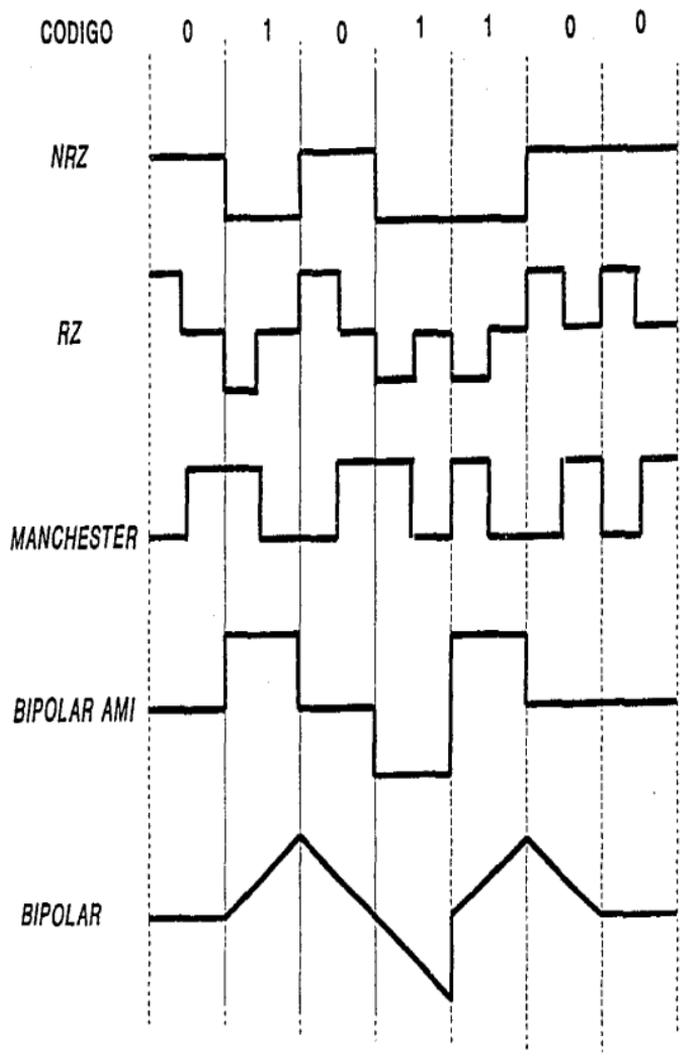


FIG.18.-CODIGOS DIGITALES DE USO COMUN.

5.- Un elemento para revisar los errores de transmisión (revisión de error de campo).

El campo de identificación asigna un número de identificación tanto al receptor como al transmisor.

La revisión del error de campo es un valor derivado del cálculo de los errores de otros campos, es decir, compara los errores de un proceso idéntico en el lugar de recepción; si los datos son consistentes, la probabilidad de que los datos se encuentren libres-de-error son altas. A éste proceso se le denomina Revisión de Redundancia Cíclica (CRC - Cyclic Redundance Check), y el campo es llamado Secuencia de Revisión de Franja (FCS - Frame Check Sequence).

Redes de Comunicación por Satélite

Pros y contras de las redes de comunicación por satélite

Dentro de la serie de ventajas que presentan las comunicaciones vía satélite, se puede mencionar como punto primordial, el hecho del manejo de transmisiones dentro de un ancho de banda considerable (GHZ.), implica poder manejar diversos canales de transmisión en una banda de frecuencias semejante sin que interfieran entre sí. Así mismo, a causa del rango en el cual se transmite, implica que el área de cobertura de una transmisión sea considerablemente mayor comparada con transmisiones locales.

Cabe considerar que el costo de transmisión de señales es independiente de la distancia entre dos estaciones, ya que si existe comunicación entre estaciones por medio del transponder de un satélite, éste puede servir para enlazar

no solamente a estas dos estaciones, sino otras.

La comunicación por satélite da la oportunidad de desarrollar sistemas o redes asignando a las estaciones "interruptores lógicos", o sea que de acuerdo al tipo de protocolo o de modulación que se emplee, se asignará de manera individual el tiempo de transmisión a cada estación, generando así interrupciones de las señales de acuerdo a lo establecido. De esta forma, también se reducen los costos, ya que en cierta manera el usuario recibe únicamente señales de datos a manera de terminal.

Pueden existir problemas de interferencia de señales entre estaciones terrestres en señales de radio, por lo cual debe haber una ubicación de rangos de frecuencia bien definida; así, al tener una cantidad de frecuencias determinada y definida, se deben definir espacios entre los rangos de 6/4 GHz., y 14/12 GHz. con un número establecido de satélites.

Control de sistemas de línea compartida/Selección

Pueden emplearse sistemas de control de comunicación mediante el empleo de redes de tipo primario/secundario, o bien de control de línea compartida/Selección. El tráfico primario es regulado por una estación terrena definida como sitio primario, desde donde son enviadas señales en sistema de línea compartida y selectiva de acuerdo a la terminal que tenga acceso a la información en una segunda estación denominada como sitio o estación secundaria. Así, si el satélite retransmite a una velocidad de 186,000

millas/segundo, le tomará un tiempo mínimo de 120 mSec. para indicar las señales de línea compartida y selección de terminal ("poll or select"), en la estación secundaria, de donde:

$$23,000 \text{ millas} / 186,000 \text{ mps} = 0.120 \text{ sec.}$$

Así mismo, requerirá otros 120 mSec. para enviar la señal de respuesta de regreso hacia el satélite, por lo que cada ciclo completo de línea compartida y selección de terminal ("poll/select") tomará 240 mSec., y si supuestamente se asumen "n" usuarios dentro de la red de comunicación, el ciclo completo tomaría :

$$240 \text{ mSec.} \times n \text{ usuarios [secs.]}$$

Cabe considerar que a lo anterior debe tomarse en consideración el retardo en tiempo generado dentro del sistema, y que origina problemas en el aspecto tiempo-respuesta dentro del mismo.

Además, el retardo en tiempo es evidente dentro de una sesión en la cual, por ejemplo, se tengan únicamente dos estaciones empleando el mismo canal. Si un usuario de una estación primaria (estación A) envía una franja de señal o mensaje hacia una estación secundaria (estación B) ubicada en un punto distante de la primera, la estación primaria (A) deberá esperar un determinado tiempo y así mismo esperar recibir una señal de reconocimiento ("acknowledgement") por parte de la estación secundaria. Si ambos usuarios envían franjas de señales en serie entre sí, los retardos en tiempo generados dentro del sistema se acumularán hasta crear un tiempo de expansión del sistema, el cual dará como

consecuencia, que la eficiencia del canal se decremente gradualmente. Como ejemplo, se puede mencionar que el uso de protocolos de control de tipo Binario-Síncrono (BSC-Binary Synchronous Control) en sistemas de transmisión semi-duplex, demuestra una degradación considerable por canal de satélite como se muestra a continuación:

TAMAÑO DE FRANJA	10 mSEC.	38 mSEC.	500 mSEC.
40 Bytes	76.9 %	46.7 %	6.2 %
132 Bytes	91.7 %	74.3 %	18.0 %
516 Bytes	97.7 %	91.9 %	46.2 %

Como una posible opción para reducir el problema establecido en el párrafo anterior, se tiene que el empleo de franjas o bloques amplios de información, cubren el efecto de retardo en tiempo en circuitos a larga distancia. Por lo tanto, los sistemas tipo semi-duplex son recomendables para transmisiones a distancias cortas ya que los retardos en tiempo generados son mínimos (10 mSec. por ejemplo), más no así para sistemas de transmisión a larga distancia, ya que el retardo en tiempo generado es considerablemente mayor (por ejemplo, de 40 mSec. hasta 500 mSec.).

El empleo de protocolos de tipo duplex ("full-duplex") en lugar de sistemas de espera-respuesta en línea compartida por interrogación de estaciones, puede disminuir el tiempo de respuesta del sistema e incrementar su nivel de

eficiencia, ya que permite el traslape de bloques o franjas de transmisión y el cruce de señales de reconocimiento por medio de sistemas de canal duplex. Aunque también presenta ciertos problemas, por ejemplo: si un sistema transmite 1,000 franjas de información y la velocidad de operación del canal es de 50,000 bps., el canal designa la velocidad de transmisión para las múltiples franjas que serán enviadas en sucesión dentro de un ciclo subida/bajada antes de que se envíe una señal de respuesta.

Para solucionar esta problemática, la "ventana" de transmisión es "expandida". Con ésto se prevee que el lado transmisor "cierre" su ventana mientras aguarda por la señal de reconocimiento ("acknowledgement").

El empleo de estos protocolos, puede disminuir el tiempo de respuesta, pero al mismo tiempo puede resultar en un incremento en la señal de salida. Así mismo, permite el "traslape" de señales de transmisión y de reconocimiento ("acknowledgement") que se encuentren en un canal de transmisión completa ("full-duplex"), y puede reducir de manera importante el acumulamiento de retardos de tiempo originado por las diversas señales que se encuentren involucradas en el tránsito del ciclo del sistema de línea compartida por interrogación de estaciones ("polling cycle").

**Sistemas de elección sin interrogación de estaciones
puerto-a-puerto (Nonpolling Peer/Peer Systems)**

La base principal, es que los usuarios actúan en base a

un sistema "peer-to-peer" (puerto-a-puerto), teniendo por consiguiente en todos los casos el mismo acceso al canal de comunicación.

Como el canal no se encuentra ubicado (allocated) por ninguna estructura de tipo Primario/Secundario (Transmisión/Recepción), es posible y probable que los usuarios transmitan ocasionalmente en aproximadamente el mismo tiempo. Así, las transmisiones simultáneas dan como resultado interferencia y distorsión entre las señales conforme las mismas son transmitidas hacia el transponder del satélite.

Se emplea el término "narrowcasting" para describir las transmisiones de diversas estaciones dentro del mismo rango de frecuencias hacia otra estación.

El término "paquet" o paquete se emplea como un sustituto de "frame" o franja, con la finalidad de designar un bloque de información.

Como consecuencia de las colisiones entre los paquetes de información, es necesario realizar la retransmisión de los paquetes que resultaron dañados.

En esencia, la idea es "identificar" el canal de la señal descendente en el retardo de tiempo en un ciclo de subida-bajada después que se ha enviado el paquete. Si el paquete es destruido, el sitio transmisor requiere esperar un pequeño período de tiempo, para que nuevamente pueda retransmitir el paquete. El período de tiempo aleatorio de espera hace que la posibilidad de colisión entre paquetes de

diferentes estaciones disminuya, ya que la retransmisión implica una diferencia de tiempo entre las transmisiones de señales dentro de la misma frecuencia.

Sistemas de elección sin interrogación de estaciones de tipo Primario/Secundario (Nonpolling Primary/Secondary Systems) - TDMA

Este método asigna los "slots" conforme se requieran por medio de una estación primaria denominada como de "referencia" (REF). Esta estación acepta los requerimientos de otras estaciones y de acuerdo al tráfico existente y la disponibilidad de canal, asigna dichos requerimientos a franjas específicas para transmisiones subsecuentes. Una estación de referencia es asignada a cada transponder del sistema, por lo que con 20 franjas la REF envía señales de asignación a las estaciones secundarias.

Los componentes principales de las estaciones terrenas son: el adaptador de puerto, el controlador de comunicaciones del satélite (SCC), un MODEM de ráfaga ("Burst MODEM"), el dispositivo para Transmisión/Recepción (Trans/Rec), y una antena.

El adaptador de puerto, trabaja como una interfaz entre las líneas de los usuarios en las estaciones terrenas. Acepta imágenes de voz a una velocidad de 32 Kbits/sec. y la velocidad de transmisión de datos de 2.4 Kbits/sec. a 1.544 Mbits/sec.

El controlador de comunicaciones, es una unidad manejada por programación (software) con la finalidad de regular las funciones de tiempo (timing), asignación de

estación, monitoreo de interrupciones (switching), y procesamiento de voz y datos de las señales que pasan por éste. Así mismo, calcula los requerimientos de canal de acuerdo al número de conexiones de señales de voz, al número de puertos de datos disponibles, y el número de requerimientos de conexiones de datos en espera (queued) para asignarlos en franjas de TDMA.

Modem de Ráfaga (Burst Modem)

Envía una señal de salida de 48 Mbits con franjas de 15 mSec. de duración en dirección del controlador del satélite; de ésta manera, cada transponder puede operar a una velocidad de 48 Mbits/Sec.

Antenas Transmisoras/Receptoras

Estas, reciben y transmiten las señales de subida-y-bajada de canal, operando a una frecuencia de 14 GHz. de subida y 12 GHz. de bajada.

La elección de este rango de frecuencias es a causa de que existe una relativa "libertad" entre transmisiones desde diferentes estaciones terrenas, incluyendo transmisiones con bases de microondas de 4 MHz. y 6 MHz. (banda-C).

En una franja de 15 mSec., la estación REF transmite un juego de asignación para los SCC's ("Satellite Communication Controller") en el transponder. Esta es enviada junto con 20 franjas y especifica la capacidad y posición de cada "ráfaga" ("Burst") de señal de acuerdo al tráfico.

El campo de control de las franjas contiene las

asignaciones y requerimientos de las demás estaciones. El resto de la franja consiste del tráfico que contiene la señal de "ráfaga" ("Burst") de tráfico asignado al cada SCC de acuerdo a la posición de la estación.

El tráfico es "empaquetado" en canales de 512 bits consistenetes en 32 bits de direccionamiento y 480 bits de datos.

La franja de 480 bits se eligió para transmisiones de 32 Kbits/Sec.:

$$480 \text{ bits} \times (1 \text{ Sec.} / 0.015 \text{ Slot}) = 32 \text{ 000}$$

De esta manera, puede multiplexarse por división de tiempo (TDM) de forma eficiente a una alta velocidad de 48 Kbits/Sec.

Unidades de Retardo en Tiempo de Satélites (Satellite Delay Units - SDU)

Debido al empleo de protocolos tipo semi-duplex, se han desarrollado métodos de compensación para controlar la ineficiencia inherente al circuito mismo.

Se considera que el SDU es un protocolo de tipo convertidor, ya que acepta tráfico bisíncrono de una estación A a otra B, así como también de los buffers de tráfico local. Como consecuencia, cuando la estación A envía el comando de "select" a la B, el SDU de la estación A, inmediatamente reconoce el "select" por medio de la señal de reconocimiento ACK0. Los datos son enviados, revisados de posibles errores en el SDU y entonces son reconocidos. Así, el SDU de A transmite los datos empleando su propio

protocolo por medio del circuito del satélite para que posteriormente sea "bajado" al SDU del enlace descendente. Entonces, el SDU de la estación B una señal de reconocimiento para la revisión de error y respuesta.

CAPITULO IV.

**ESPECIFICACIONES Y
RECOMENDACIONES TECNICAS
PARA TRANSMISION**

**Requerimientos de operación para Estaciones Terrenas.
Pruebas de Calificación**

Las estaciones terrenas que accesan al Sistema de Satélites Morelos deben cumplir con lo indicado a continuación con la finalidad de evitar interferencia a otros servicios en el satélite o en otros sistemas.

Previo a otorgar el permiso de acceso a cualquier transponder del segmento espacial, pueden requerirse algunas pruebas de calificación y mediciones en alguna de las estaciones, e incluso en las instalaciones del usuario.

Cabe indicar que en algunas mediciones, (tales como estabilidad en frecuencia) donde los resultados en ocasiones no concuerdan con lo especificado en períodos de tiempo grandes, pueden tomarse en consideración, las especificaciones del fabricante (por ejemplo, en caso de radiaciones de la antena). Así mismo, todas las especificaciones y registro de pruebas deberán conservarse para cuestiones de verificación de mantenimiento y fallas.

Es importante señalar que la D.G.T., se reserva el derecho de solicitar cuantas pruebas considere necesarias en caso de existir evidencia de interferencia ocasionada por los equipos de transmisión en las estaciones terrenas.

Las siguientes pruebas se requerirán para asegurar que las interferencias serán controladas, así mismo, la aceptación de los resultados por parte de la D.G.T. no es una aceptación final de la funcionabilidad del diseño del sistema. Por lo anterior, se sugiere que el usuario exija al fabricante o distribuidor por escrito, la realización y

certificación de dichas pruebas.

1.- Características de Modulación.

La densidad espectral de las portadoras moduladas deberán ser medidas para confirmar:

1.1.- distribución de la densidad espectral de la portadora a transmitir.

1.2.- Ancho de banda ocupado.

1.3.- Dispersión de energía y mezclado.

2.- Características del Transmisor en R.F.

Las pruebas a realizar en el transmisor de RF: modulador, convertidor de subida, y amplificador, con la finalidad de demostrar las especificaciones siguientes:

2.1.- estabilidad de la potencia radiada.

2.2.- Estabilidad en la frecuencia del transmisor.

2.3.- Señales espurias.

2.4.- Intermodulación en el enlace ascendente y ruido por dispersión de energía.

3.- Características de antena.

3.1.- Lóbulos laterales de la antena.

3.2.- Polarización cruzada.

El ajuste en campo es básico para un buen funcionamiento y deberá medirse durante el procedimiento de alineación.

4.- Características del enlace descendente.

4.1.- Ruido por intermodulación y ruido por dispersión

de energía.

5.- Monitoreo y control de la estación terrena.

El usuario deberá demostrar tener disponibilidad física para monitorear los niveles y frecuencia operativas de las portadoras transmitidas en su sistema, así como los elementos para para tomar acciones operativas en caso de que los límites asignados sean excedidos.

5.1.- El usuario deberá demostrar sus funciones y métodos de operación para inhabilitar el(los) transmisor(es) en cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) exceso en potencia transmitida.
- b) Fuera de condiciones estables en osciladores.
- c) Fuera de control remoto (por ejemplo, en control automático de potencia).

Especificaciones y Recomendaciones Técnicas para Transmisión Vía el Sistema de Satélites Morelos

La utilización del Sistema de Satélites Morelos (SSM), permite una variedad muy amplia en las aplicaciones de las telecomunicaciones nacionales, por lo que la Dirección General de Telecomunicaciones (DGT) establece un marco reglamentario para las diferentes aplicaciones, optimizando tanto el segmento espacial como el segmento terrestre, el cual está sujeto a un análisis permanente de acuerdo al grado de utilización. De hecho, la DGT considera en todos los casos las recomendaciones, resoluciones, ruegos, decisiones, cuestiones y programas de estudio del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR),

tomando las disposiciones declaradas en los volúmenes IV-1, X, XI-1, XI-2 y XII como marco de referencia y para considerar las bases técnicas del equipo transmisor.

Características Técnicas del Segmento

El segmento espacial del SSM consta de dos satélites con características idénticas, ambos colocados en órbita geoestacionaria en las posiciones 113.5° W y 116.5° W respectivamente. Los parámetros de operación son los siguientes:

RANGO DE FRECUENCIAS:

Enlace Ascendente.....5.9 a 6.4 GHz. Banda C
Enlace Descendente.....14.0 a 14.5 GHz. Banda Ku

TRANSPONDERS POR SATELITE:

Banda C: 12 transponders de banda angosta 36 MHz.
6 transponders de banda amplia 72 MHz.
Banda Ku: 4 transponders de banda amplia 108 MHz.

POTENCIA ISOTROPICAMENTE RADIADA EN SATURACION POR TRANSPONDER EN LOS BORDES DEL PAIS

Transponder de 36 MHz.36.2 +/- 0.3 dBW
Transponder de 72 MHz.39.4 +/- 0.2 dBW
Transponder de 108 MHz.43.8 +/- 0.2 dBW

DENSIDAD DE FLUJO NECESARIA PARA OPERAR EN SATURACION POR TRANSPONDEDOR EN LOS BORDES DEL PAIS

Transponder de 36 MHz.-89.50 dBW
Transponder de 72 MHz.-86.00 dBW
Transponder de 108 MHz.-88.85 dBW

**FIGURA DE MERITO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES
POR TRANSPONDEDOR EN LOS BORDES DEL PAIS**

Transponder de 36 MHz.	+3.7 dB/°K
Transponder de 72 MHz.	+0.6 dB/°K
Transponder de 108 MHz.	+1.1 dB/°K

Recomendaciones Generales

Emisión de Señales

Para acceder al segmento espacial por las Redes Independientes, estas deberán hacerlo en el espectro de la banda Ku. La emisión de señales de estas redes estará sujeta a las condiciones de operación del transponder que será asignado al tráfico a cursar por lo que se requiere de cada usuario, que el diseño de sus enlaces sea bien detallado, considerando la optimización del balance ancho de banda con energía radiada por portadora de interés.

Para dicho diseño se deberá considerar que el paso de ganancia podrá ubicarse en 9 dB, ó sea que la densidad de flujo para saturar los bordes del país será de -79.85 dBW/m2 promedio para condiciones de tráfico que lo requieran.

Calidad

Para señales digitales cursadas por el Sistema de Satélites Morelos, deberán considerar la siguiente Tasa de Error Mínima a la salida del trayecto del circuito digital de referencia bajo cualquier circunstancia adversa de transmisión:

TIPO DE SEÑAL	TASA DE ERROR
Voz Digitalizada	10 E-4 ó menor
Video Digital	10 E-7 ó menor
Datos	10 E-7 ó menor

El usuario podrá diseñar su sistema con tasas menores a las mencionadas cuando sea requerido por condiciones propias de equipo muy especializado de comunicaciones, previa notificación a la DGT para tomar las medidas pertinentes.

Modulación

El SSM cuenta con la flexibilidad de manejo de diferentes velocidades, por lo que las técnicas de modulación a utilizar son las que optimizan la relación ancho de banda y potencia disponible. Por tanto, el tipo de modulación recomendable será conforme a estos parámetros.

En general se recomienda para Banda Base, modulación Delta y/o MIC en cualquier modalidad. Para Radiofrecuencia (RF), Desplazamiento de fase.

Así, sea cual sea la técnica a utilizar, esta deberá ser compatible con las recomendadas por el CCITT y CCIR.

Confiabilidad

El enlace entre las estaciones terrenas deberá tener la siguiente confiabilidad anual para los servicios indicados:

SERVICIO	ENLACE ASCENDENTE	ENLACE DESCENDENTE
Telefonía Digital		
Zona Urbana	99.98 %	99.98 - 99.95 %
Zona Rural	99.80 %	99.80 %

Datos

99.80 %

99.98 - 99.95 %

La confiabilidad para los enlaces en banda Ku, se calcula en base a tablas que muestran los márgenes por atenuación de la señal por precipitación para las diferentes zonas hidrometeorológicas del país. La confiabilidad anual para los enlaces en banda C, se calcula con un margen por atenuación de 1.5 dB para cualquier zona, dando una confiabilidad de hasta el 99.99% anual para los servicios digitalizados. En el caso de que la transmisión sea a baja velocidad ($V_T \leq 33\text{Kbps}$) y la información sea solo voz digitalizada, el enlace global debe tener una confiabilidad anual de 99.90% para redes independientes.

Especificaciones de Equipo

1.- Sistema de Antena.

Las antenas deberán operar con los siguientes rangos de frecuencia:

BANDA C Tx: 5.5925 - 6.425 GHz. Rx: 3.7 - 4.2 GHz.

BANDA Ku Tx: 14.00 - 14.50 Rx: 11.7-12.2 GHz

El diámetro será de acuerdo al tráfico a cursar y requerimientos generales.

Geometría: tipo Cassegrain.

Aislamiento en polarización cruzada sobre el eje: 35 dB
2 ó mejor.

Aislamiento entre puertos Tx/Rx : 35 dB ó menor.

Polarización : lineal según requerimientos generales.

Capacidad en manejo de potencia : según diámetro y

tráfico a cursar.

Temperatura ambiente de operación: -30 °C a +50 °C

Humedad relativa en operación: 0 % al 100 % condensada.

Temblores para sobrevivencia: 11º Mercalli.

Grados de orientación:

0.02º con vientos de hasta 70 Km/h.

0.03º con vientos de hasta 100 Km/h.

Resistencia mínima al viento:

operacional hasta 75 Km/h;

sobrevivencia hasta 200 Km/h en cualquier posición.

2.- Amplificadores de Bajo Nivel de Ruido.

Frecuencia: Banda C 3.7 - 4.20 GHz.

Banda Ku 11.70 - 12.20 GHz.

Ganancia: Banda C 52 +/- 2 dB, típico 60 +/- 2 dB máx

Banda Ku 50 +/- 1 dB, típico 60 +/- 2 dB máx

Pendiente de Ganancia: - 0.5 dB / 500 MHz.

Estabilidad de Ganancia: - 0.5 dB/mes.

Temperatura de Ruido: acorde a la figura de mérito G/T deseada en la estación terrena.

Banda C 30 - 120 °K

Banda Ku 80 - 240 °K

La temperatura de ruido es referida a la brida de entrada a una temperatura ambiente de 25 °C.

Temperatura de Operación: - 30 °C a + 50 °C.

3.- Amplificadores de Potencia.

Frecuencia: Banda C 5.925 - 6,425 GHz.

Banda Ku 14.0. - 14.50 GHz.

Ancho de Banda: 500 MHz TWT en ambas bandas.

40 MHz mínimo para Klystron, en ambas bandas.

Potencia de salida acorde al tráfico a cursar por la estación terrena, en saturación considerando el back-off (4.5 dB) de entrada para operar con más de una portadora.

Ajuste de la potencia de salida 0 a 20 dB continuo.

Estabilidad de Ganancia: +/- 0.25 dB / 24 Hrs.

Variación de Ganancia-Frecuencia: 2 dB pico a pico.

TWT 0.4, máximo, Klystron.

Conversión AM/PM: 4°/dB máximo a potencia de salida.

Ruido y espurias: -60 dBW/4 KHz máximo entre 14.00 y 14.50 GHz.

-70 dBW/4 KHz máximo entre 5.925 y 6.426 GHz.

Temperatura ambiental operacional: -10 °C hasta 50 °C

Temperatura ambiente-sobrevivencia: 30 °C hasta 70 °C

Humedad relativa ambiental operacional: 90% máxima.

Humedad relativa ambiental-sobrevivencia: 95% máxima.

Altitud de operación: hasta 2500 m SNM.

Alimentación eléctrica de acuerdo a lo estipulado por el equipo.

4.- Receptores de Video.

Nombre del sistema: Sistema M 525/60

REC: CCIR: 421-3

Frecuencia: Banda C 3.7-4.2 GHz.
Banda Ku 11.7-12.2 GHz.

Ancho de Banda FI: de acuerdo a los excitadores de video.

Rechazo en FI: mayor a 50 dB.

Frecuencia Intermedia: 70 MHz.

Rechazo en FI: mayor a 70 MHz.

Rechazo de Canal adyacente: mayor a 50 dB:

Respuesta en amplitud de video: 10.5 dB ----- 10HZ a
4.18MHz.

Nivel de Video: IV pico-pico + 3dB ajustable

Impedancia: 75 Ohms (No Balanceados)

Pérdidas por Retorno: 26 dB mínimo

De-énfasis (video): REC 405-1 CCIR

Polaridad: Negro o blanco (positivo)

Nivel del Audio: 0 dB +/- 10 dB ajustable

Respuesta en Frecuencia: +/- 0.5 dB --- 30 Hz.a 15 KHz.

Constante de tiempo en De-énfasis: 75 ms +/- 2 %

Rango de temperatura operacional: -5 °C a 50 °C

Alimentación de acuerdo a lo estipulado por el equipo.

Recomendaciones para Redes Digitales

1.-Red TELEPAC

Actualmente la Dirección General de Telecomunicaciones cuenta con una red pública para transmisión de datos, TELEPAC. TELEPAC es una red de conmutación de paquetes cuya característica principal es la asignación dinámica del ancho de banda disponible como función de tráfico, permitiendo la

interconexión de sistemas informáticos heterogéneos con distintas necesidades de transmisión.

Esta red está constituida por siete nodos con diez conmutadores, localizados en México D.F., Monterrey, Guadalajara, Hermosillo, Mazatlán, Puebla y Villahermosa, interconectados en forma de malla.

La red cumple con las recomendaciones del CCIT, X.25, X.29 y X.75 para su total interconectividad.

Se recomienda para todo usuario que posea una red privada de datos, que empleen velocidades de transmisión de 9600 bps. síncronos, ó 1200 bps. asíncronos, así mismo, que revise sus puntos de interconexión y requerimientos en cuanto a características propias de la red desde el punto de vista operativo con la finalidad de operar con TELEPAC y/o satélite como una red independiente.

2.-Redes Independientes

Las redes independientes deberán ser configuradas de acuerdo a las necesidades específicas (económicas y técnicas) de cada usuario. A continuación se enumeran algunas recomendaciones técnicas de carácter general:

A) Técnicas de acceso.

FDM. Acceso en frecuencia. Se considera para tráfico ligero en volúmen por nodo, mezcla de voz y datos en algunas localidades con variación en el flujo del tráfico por localidad.

TDM (PARCIAL). Acceso en tiempo. Se considera para

tráfico ligero en volúmen en todos los nodos, con voz y/o datos en todas las localidades, con pequeñas variaciones de flujo por localidad.

TDM (TOTAL). Acceso en tiempo. Se considera para tráfico denso en todos los nodos. Red Punto-a-Punto para voz. Existe pequeña variación de flujo por localidad. Flujo total de la red entre 48-64 MB/s.

CDMA. Acceso Aleatorio Codificado. Se considera para tráfico en un solo sentido.

Configuración Estrella, 1000 receptores para la optimización de la red cuando la cantidad de terminales son mayor a 50 se recomienda al acceso por demanda (DAMA). Así mismo, este esquema de acceso puede ser implementado tanto en FDMA como en TDMA.

B) Consideraciones para transmisión.

Las consideraciones para la transmisión vía satélite se pueden dividir principalmente como:

a) Consideración del sistema.

Sistemas:

- 1.- Frecuencia del Transponder asignado.
- 2.- Número de terminales en la red y su localización.
- 3.- Número de canales por terminal.
- 4.- Velocidad de Transmisión.
- 5.- Configuración física entre antena y equipo.
- 6.- Protocolo.

b) Configuración de terminales.

Configuración:

- 1.- Redundante o simple.
- 2.- Equipo opcional.

c) Varios.

- 1.- Condiciones de operación.
- 2.- Potencia disponible.
- 3.- Localidad del terreno.
- 4.- Coordinación y licencia por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Así mismo, el Sistema de Satélites Morelos podrá manejar la transmisión de la información a diferentes velocidades. CCIR y CCITT recomiendan diferentes velocidades dependiendo del flujo de información a manejar dentro de una red. Para el caso de datos y voz digitalizada se tiene:

TIPO DE COMUNICACION DIGITAL	CARACTERISTICAS PRINCIPALES
1.- INTERACTIVO.	*110 - 2400 BPS. *TERMINAL A CENTRAL. *TIEMPO CORTO DE CONEXION *ASCII ASINC (sin protocolo / / control de error).
2.- BATCH.	*2400 - 9600 BPS. *TERMINAL INTELIGENTE A CENTRAL *PROCESAMIENTO DISTRIBUTIVO.

*TIEMPO LARGO DE CONEXION.

*DATOS CONTINUOS POR PERIODOS
CORTOS.

3.- TRANSFERENCIA A ALTA
VELOCIDAD.

*ASINC / SINC

*ALGUN CONTROL DE ERROR POR
PROTOCOLO.

*98600 BPS HASTA 10 MBPS.

*FLUJO DE DATOS CONTINUO POR
PERIODOS LARGOS.

*TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS.

*VIDEO DIGITAL, VOZ Y FACSIMIL

*UNI O BIDIRECCIONAL.

*CONTROL DE ERROR POR
COMPUTADORA.

C) Enlace.

El diseño de los enlaces deberá ser acorde a la calidad de señal especificada y deseada, así como el dimensionamiento de la terminal transreceptora (figura de mérito, tipo de receptor, etc.), incluyendo una memoria técnica en la cual se establecen los parámetros involucrados en el diseño de los enlaces según sea el caso. Para la operación del transponder se considerará un back-off de 8/4.5 dB de entrada/salida, con la finalidad de evitar productos de intermodulación en el segmento espacial.

El paso de ganancia (gain step) en el transponder se encontrará a un máximo de 9 dB, operando el TWT en un punto

óptimo para la obtención del máximo (C / No) total, se aplicará también la ubicación de portadoras de tal forma que se minimizará la intermodulación aumentando el número de portadoras en el segmento espacial.

La Dirección General de Telecomunicaciones recomienda que cada red independiente y/o privada instale un sistema de compensación y control de salida de potencia del amplificador de potencia de la terminal. Este sistema deberá contar con pasos de 1 dB hasta cubrir el margen deseado y la zona hidrometeorológica.

3.- Presentación Técnica

La DGT exige al usuario la presentación de una memoria técnica para analizarla y revisarla con la finalidad de permitir y dar acceso al segmento espacial independientemente de la densidad de tráfico que se demande por cada red. Así, el usuario no podrá acceder al segmento si no se apega a las disposiciones técnicas que se han descrito en puntos anteriores. Esto bajo la supervisión de personal técnico especializado para establecer conversaciones y homologar criterios de diseño, así como configuración de los enlaces de la red, y punto crítico para la optimización de la infraestructura terrestre. Una vez aceptado el proyecto, el usuario podrá iniciar operaciones durante un período de pruebas y arranque bajo la supervisión del personal de la DGT calificado para afinar puntos de operación y la aplicación de protocolos para pruebas y mediciones.

Memoria Técnica

Deberá contar con las siguientes secciones informativas:

- a) Descripción general de la red incluyendo su capacidad de crecimiento.
- b) Cálculos de los enlaces en forma específica para cada terminal transreceptora.
- c) Información detallada de cada terminal típica de la red (estación maestra, estación remota, etc.,) en cuanto al equipo que contenga.
- d) Descripción técnica funcional de cada uno de los objetivos operativos de la red a plena carga de tráfico .
- e) Notas de información técnica de aquellos parámetros que por alguna circunstancia se encuentran fuera de los recomendados, pero que no afectan la funcionalidad total de los objetivos anteriores.

En el apéndice B, se muestra una relación de parámetros para elección de equipo adecuado, y como una generalización del sistema se tiene:

FACTOR DE CALIDAD DEL ENLACE GLOBAL.

RELACION C/N TOTAL DEL SISTEMA.	dB
RELACION S/N PARA SEÑALES ANALOGICAS EN FM / FDMA.	dB
RELACION C/N TOTAL CONTRA C/N REQUERIDA PARA SEÑALES DIGITALES PSK / FDMA.	dB

A continuación se muestra el diseño del enlace de

bajada como un ejemplo generalizado; así mismo, se enlistan los parámetros que deben considerarse en los cálculos de la memoria técnica a presentarse en su aprobación. Sin embargo, debe tomarse en cuenta principalmente la relación C/N total en condiciones de precipitación en ambas localidades en forma independiente y simultánea.

ENLACE DESCENDENTE EN BANDA Ku.

Potencia Isotrópicamente Radiada.	34.6 W
Pérdidas por Distancia.	-205.2 dB
Constante de Boltzman.	228.6 dB(J/°K)
Margen por precipitación.	99.98 % Centro
Velocidad de Transmisión (6 MBPS).	-67.7 dB
Figura de Mérito de la Estación.	31.3 dB/°K
Relación Eb/No descendente.	13.3 dB/Hz
Relación (C/No)I.	20.0 dB/Hz
Relación Eb/No disponible.	12.46 dB/Hz
Relación Eb/No requerida (FEC, 7/8).	10.0 dB/Hz
Márgen disponible para implementación *	2.46 dB

*Este márgen puede variar de acuerdo a las especificaciones del equipo a implementar y/o reducir la figura de mérito de la estación; así también se debe considerar la zona hidrometeorológica donde se instale la estación.

Respecto a las especificaciones funcionales y operacionales del Segmento Espacial con acceso al Sistema de Satélites Morelos, el Anexo-C contempla los siguientes puntos:

Generalidades

Receptores

Características específicas de canal

**Características funcionales y operacionales del
Segmento terrestre**

Servicios ofrecidos a través de la Red DGT

Configuración de Estaciones Transmisoras y/o Receptoras

Estándares de Servicio ET's

Calidad de Transmisión

Teleaudición

Estándares de servicio ER's

Calidad de Transmisión

Servicios iterativos

Servicios ofrecidos

Características de las ET's Transreceptoras

CAPITULO V.
EJEMPLOS DE CALCULOS
DE ENLACES

Ecuaciones de Enlace

El parámetro principal determinante, es el cálculo de la relación entre el nivel de la portadora y el nivel de la potencia de ruido existente a la entrada del demodulador o decodificador, reproducida en la salida del sistema, o sea, (C/No - relación Portadora-Ruido).

El cálculo de (C/No) sigue un patrón básico sin importar el servicio que se encuentre proporcionando (video, voz, datos, etc.), aunque no es así cuando se requiere la calidad de información recibida, o sea, (S/N) para transmisiones analógicas; y BER (Bit Error Rate) para transmisiones de tipo digital, en donde el tipo de información y modulación que se maneje es básico para la misma.

Análisis del Radio-Enlace

Su propósito es determinar la calidad de recepción que puede esperarse para la portadora de interés dependiendo de las características de la señal del satélite y de las estaciones terrenas enlazadas.

Relación Portadora-Densidad de Ruido Ascendente

Sea la ecuación:

$$C/No = SS + (G/T)s - 20 \log F - 21.45 + 228.6 - Ma... (1)$$

Donde:

Ma = margen de lluvia ascendente.

SS = densidad de flujo necesario para saturar el transponder del satélite.

(G/T)s = figura de mérito del satélite.

F (GHZ) = frecuencia de la portadora en GHZ.

-228.6 = $10 \log (1.38 \times 10E^{-23})$ denominada como constante de Boltzman.

21.45 = constante resultante de la ecuación (C/No) al ponerla en función del área de apertura de la antena, simplificándola y expresándola en dB's.

(comunmente el sistema opera con varias portadoras en un solo transponder - sean sistemas: FDM/FM/FDMA - es necesario hacer otras consideraciones para el cálculo del enlace, en éste caso se considera el BACK-OFF de entrada (BOI) y el de salida (BOO), del amplificador de potencia (TWT) del transponder utilizado del satélite por lo que debe de modificarse el factor (SS) de la ecuación (C/No) ascendente).

Por lo que al modificar la ecuación, se tiene:

$$SSp = (SS - BOO) + (10 \log FR) \text{ (dBW/m}^2\text{)} \dots (2)$$

Donde:

SSp = Densidad de flujo de la portadora de interés.

SS = densidad de flujo de saturación del transponder del satélite.

BOI = BACK-OFF de entrada.

FR = fracción a utilizar de potencia del satélite (FR<=1).

por lo que, se tiene:

$$(C/No)_{asc} = SSp + (G/T)s - 20 \log F(\text{GHZ}) - 21.45 +$$

Cabe señalar que la SS se modificó en función de la fracción de potencia a emplear del TWT en su región casi lineal (descontando el BACK-OFF de entrada).

Relación Portadora a Densidad de Ruido Descendente

Se puede definir de la siguiente manera:

$$(C/No)_{desc} = (EIRP)_{sat} + (G/T)_{et} + 228.6 - L_s - Ma \text{ (dB-Hz)} \dots (4)$$

Donde:

$(EIRP)_{sat}$ = Potencia Isotrópica Efectiva Radiada en saturación del satélite.

$(G/T)_{et}$ = figura de mérito de la estación terrena receptora.

L_s = pérdidas por espacio libre en la trayectoria de bajada.

Y para el cálculo de L_s , se tiene:

$$L_s = 20 \log 4fD/L$$

Donde:

D = Distancia de la estación terrena receptora al satélite.

L (λ) = longitud de onda de la señal.

Por lo que, reordenando, la ecuación queda:

$$L_s = 92.4 + 20 \log D(\text{Km}) + 20 \log F(\text{GHz})$$

Ahora bien, si se emplea una fracción de la potencia y el ancho de banda de la totalidad del transponder (compartiéndolo con otras portadoras), la EIRP de la

ecuación (4) debe modificarse en función del porcentaje a emplear del transponder mismo; ésto, después de haber aplicado el "Back-Off" de salida del TWT del satélite, por lo que de esta manera se trabaja (teóricamente) en una región casi lineal, por lo que:

$$(EIRPp)_{sat} = (EIRP)_{sat} - BOO + (10 \log FR) \text{ (dBW)} \dots (6)$$

Donde:

$(EIRPp)_{sat}$ = Potencia Isotrópica Efectiva Radiada para la Portadora de interés.

$(EIRP)_{sat}$ = Potencia Efectiva Isotrópica Radiada del transponder del satélite.

BOO = "Back-Off" de salida del transponder del satélite.

FR = fracción a emplear del satélite ($FR \leq 1$).

De lo anterior, sustituyendo:

$$(C/No)_{desc} = (EIRPp)_{sat} + (G/T)_{et} + 228.6 - L_s - M_d \text{ (dB-Hz)} \dots (7)$$

Donde:

M = margen de lluvia descendente.

Relación Portadora a Densidad de Ruido de Intermodulación

Debido a la característica no-lineal del TWT del transponder del satélite, la existencia de varias portadoras genera productos de señales por intermodulación entre ellas, por lo que la calidad en la transmisión es afectada. Dichos productos se denominan Ruido de Intermodulación. Cabe señalar que la relación señal/ruido por intermodulación está dada en dBns, por lo que debe realizarse la corrección a dB-

Hz. Para lo anterior se aplica la siguiente fórmula:

$$(C/No)_i = (C/N)_i + 10 \log BWIF \text{ (dB-Hz)} \dots (8)$$

Donde:

$(C/No)_i$ = Relación portadora a densidad de ruido de intermodulación.

$(C/N)_i$ = Relación portadora a ruido de intermodulación.

BWIF = ancho de banda de frecuencia intermedia.

Relación Portadora a Densidad de Ruido Total

Esta relación $(C/No)_t$ está dada por la siguiente expresión en función de $(C/No)_{asc.}$, $(C/No)_{desc.}$, y $(C/No)_i$:

$$10 \log * \frac{1}{\log \frac{1}{10} \frac{1}{(C/No)_{asc}} + \log \frac{1}{10} \frac{1}{(C/No)_{desc}} + \log \frac{1}{10} \frac{1}{(C/No)_i}}$$

El resultado de esta ecuación, dimensionalmente es, en dB-Hz.

Relación Portadora a Ruido Total

Generalmente se expresa esta relación en función de un determinado ancho de banda, de acuerdo a la siguiente relación:

$$(C/N)_t = (C/No)_t - 10 \log BWIF \dots (10)$$

Donde:

BWIF = Ancho de banda de la frecuencia intermedia ocupada por portadora de interés dado en Hz., ya que (C/No) está dado en dB-Hz.

Cálculo de la Potencia de salida del HPA de la estación terrena transmisora

A partir de la densidad de flujo requerida para trabajar el satélite en un enlace específico, se puede calcular la potencia en watts que deberá entregar en la salida el Amplificador de Alta Potencia (HPA - High Power Amplifier). La manera de calcularlo es la siguiente:

a) En primer término, se calcula la Potencia Efectiva Isotrópica Radiada (EIRP) entregada por la antena de la estación terrena en función de la densidad de flujo requerida de acuerdo a lo siguiente:

$$(EIRP)_{et} = S + 10 \log 4fD^2 \dots(11)$$

Donde:

S = Densidad de flujo dada en dBW/m²

D = Distancia al satélite en metros de la estación terrena.

b) En segunda instancia, se calcula el HPA requerido de la estación terrena en función de EIRP valuado en la antena. El cálculo del HPA es el siguiente:

$$HPA = (EIRP)_{et} - G + L_{et} + BO_{hpa} \text{ (dBW)} \dots(12)$$

donde:

EIRP = Potencia Efectiva Isotrópica Radiada de la estación terrena.

G = Ganancia de la antena en transmisión.

L_{et} = Pérdidas que sufre la señal hasta antes de ser radiada por la antena en la estación terrena (guía de onda, conectores, multiplexores, etc.,)

BOHPA = Back-Off de salida del HPA.

Y para el cálculo del HPA en watts, se calcula:

$$\text{HPA} = \text{alog} \frac{\text{HPA(dBW)}}{10} \dots\dots(13)$$

Diseños de Enlaces

Los principales tipos de diseños de enlaces se consideran para servicios básicos como:

1) Televisión.

* Empleando un transponder de 36 MHz. con 1 portadora de TV con audio asociado en banda C.

* Empleado un transponder de 72 MHz. con 2 portadoras de TV con audio asociado en banda C.

* Empleando un transponder de 108 MHz. con 2 portadoras de TV con audio asociado en banda Ku.

2) Telefonía Multicanal FDM/FM.

* Empleando un transponder de 36 MHz. de acuerdo a 4 zonas de utilización dentro del espectro de la señal:

I.- Cursando 312 canales FDM/FM ocupando 15 MHz.

II.- Cursando 132 canales FDM/FM ocupando 10 MHz.

III.- Cursando 60 canales FDM/FM ocupando 5 MHz.

IV.- Cursando 72 canales FDM/FM ocupando 5 MHz.

3) Telefonía por medio de SCPC:

* Analógica en un transponder de 36 MHz.

* Digital en un transponder de 36 MHz.

Ejemplos de ecuaciones de enlace

CASO A: Diseño de enlace para T.V.

CIUDAD DE TRANSMISION: México D.F.

CIUDAD DE RECEPCION : Tijuana

POSICION GEOGRAFICA

	TRANSMISOR	RECEPTOR
LATITUD :	19.35° N	32.5° N
LONGITUD:	99.01° N	117.03° W
ASNM :	2,233 Km.	0.016 Km.

DATOS DE ESTACIONES TERRENAS

	DIAMETRO-ANTENA	GANANCIA	FIG. DE MERITO
TRANSM.	11 m.	54.5 dBi	-----
RECEPT.	5 m.	-----	23.73 dB/°K

DATOS DEL SATELITE PARA AMBOS PUNTOS DE ENLACE

EIRP del satélite en saturación.....36.2 dBW
Densidad de flujo para saturar el satélite....-92.2 dBW/m²
Figura de Mérito del satélite.....6.4 dB/°K
Atenuador de posición.....0 dB
BACK-OFF de entrada del satélite.....0 dB
BACK-OFF de salida del satélite.....0 dB

FRECUENCIA DE OPERACION Y MARGEN DE LLUVIA

Frecuencia de operación - portadora ascendente...6.405 GHz.
Frecuencia de operación - portadora descendente..3.740 GHz.
Márgen de lluvia ascendente/descendente.....1.5 dB.

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE VIDEO

Tipo de modulación..... FM
Norma de TV.....525/30 líneas/cuadro
Desviación pico de la frecuencia de video...10.75 MHz.
Frecuencia máxima de banda base de video.....4.2 MHz.
Factor de mejoramiento (énfasis, ponderación)....1.574

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE AUDIO

Frecuencia máxima de audio.....15 Khz.
Frecuencia de la subportadora.....6.8 MHz.
Ancho de banda señal de audio.....15 Khz.
Ancho de banda del ruido del
filtro de la subportadora.....600 Khz.
Desviación pico de la portadora
debido a la subportadora.....2 MHz.
Desviación pico de la subportadora...75 Khz.
Mejoramiento por Pre/Deénfasis.....12 dB.

Memoria de cálculo

A continuación se muestran los cálculos a considerar para un enlace vía satélite:

*Cálculo de distancias entre estaciones terrenas.

De la ecuación:

$$\phi = \phi_e - \phi_s$$

Donde:

ϕ (delta phi) = diferencia entre las longitudes.

ϕ_e (phi de e) = longitud de la estación terrena.

ϕ_s (phi de s) = longitud del satélite.

Así mismo, se tiene:

$$\cos\beta = \cos(W) \cos(\#0)$$

Donde:

W (gamma) = latitud de la estación terrena.

por lo que:

$$l = [(R + ASNM)^2 (R + H)^2 - 2(R + ASNM)(R + H) \cos\beta]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

l = distancia de la estación terrena al satélite.

entonces:

$$\#0 = 117.03 - 113.5 = 3.533^\circ$$

$$\text{y si, } \cos(\#0) = 0.9985$$

por lo tanto,

$$\cos\beta = \cos(32.5) \cos(5.533)$$

De donde

$$\beta = 32.6750^\circ$$

Y para la longitud :

$$l = [(6373 + 0.016)^2 + (6373 + 35785)^2 - 2(6373 + 0.016) * (6373 + 35785) \cos(36.6755)]^{\frac{1}{2}}$$

por tanto,

$$l \approx \underline{36,955 \text{ Km.}}$$

*Cálculo del (C/No)_t del enlace.

Al sustituir los datos de la ecuación número 1, se tiene lo siguiente:

$$(C/No)_{asc} = (-92.2) - (20 \log 6.405) - 21.45 + 6.4 + 228.6 - 1.5$$

así,

$$(C/No)_{asc} = 103.72 \text{ dB-Hz.}$$

Y para el enlace descendente, de las ecuaciones (4) y (5) :

$$(C/No)_{desc} = (EIRP)_{sat} + (G/T)_{et} + 228.6 - L_s - MA$$

y para L_s :

$$L_s = 20 \log[4fD / L]$$

$$L_s = 92.45 + 20 \log(\text{Dist}) + 20 \log(\text{Frec})$$

por lo que:

$$L_s = 92.45 + 20 \log(36977) + 20 \log(3.74) + 11.45$$

$$L_s = 195.26 \text{ dB}$$

Y para:

$$(C/No)_{desc} = 36.2 - 195.26 + 23.73 + 228.6 - 1.5$$

así:

$$(C/No) = 91.7710 \text{ dB-Hz.}$$

*Ruido por Intermodulación.

Se considera en éste caso como cero, ya que estamos trabajando el TWT de satélite con una sola portadora, por lo que:

$$(C/No)_{im} = 0$$

*Cálculo de la $(C/No)_t$ - Relación Portadora Densidad de Ruido Total.

De la ecuación (9), se tiene:

$$(C/No)_t = 10 \text{ Log} * \frac{1}{1 / a \log(10.371) + 1 / a \log(9.176) + 0}$$

así,

$$(C/No)_t \approx 91.4910 \text{ dB-Hz.}$$

*Cálculo de la (C/N)t - Relación Portadora a Ruido total.

De la ecuación número 10 se tiene:

$$(C/N)_t = (C/No)_t - 10 \log BWIF$$

sustituyendo:

$$(C/N)_t = 91.4910 - 10 \log(31 E6)$$

así,

$$(C/N)_t \approx 16.5770 \text{ dB}$$

*Cálculo de la relación Señal a Ruido de Video (S/N)v.

De la ecuación:

$$(S/N)_v = (C/No)_t + 10 \log 12 [(0.714 \cdot 10.75)^2 / 1.574] \dots (14)$$

Se tienen las siguientes constantes:

b_s = conocido como factor de mejoramiento, resultado de la combinación entre ponderación y énfasis; en valor es igual a 1.574 (como norma CCIR).

f_v = se denomina así a la densidad pico de la frecuencia de video; en valor es equivalente a 10.75 MHz.

Por lo anterior, la ecuación se reduce a:

$$(S/N) = (C/No)_t + 22.58 \dots (15)$$

de donde se obtiene un valor constante de 22.58, que es un estándar empleado por sistemas de algunos países, como Estados Unidos y Canadá. Así:

$$(C/No)_t = (C/N)_t + 10 \log BWIF$$

$$(C/No)_t = 16.57 + 10 \log(31)$$

$$(C/No)_t = 31.48 \text{ dB-Hz.}$$

y para:

$$(S/N)_v = 31.48 + 22.58$$

$$(S/N)_v = 54.16 \text{ dB}$$

*Cálculo de la (S/N)_a de audio.

De la ecuación:

$$(C/N)_{sc} = (C/N) + 10 \log[BIF/2Bsc] + \\ 10 \log[\#Fc/fsc]^{2..(16)}$$

Donde:

(C/N)_{sc} = relación portadora a ruido de la subportadora.

(C/N) = relación portadora a ruido de enlace.

BIF = ancho de banda de ruido de frecuencia intermedia.

Bsc = ancho de banda de ruido del filtro de la subportadora.

#f_c = desviación pico de la portadora debido a la subportadora.

f_{sc} = frecuencia de la subportadora.

Y también se tiene la siguiente ecuación:

$$(S/N)_a = (C/N)_{sc} + \log 3 [\#fsc / f_m]^2 + \\ 10 \log [Bsc/2Ba] + E....(17)$$

Donde:

f_m = frecuencia máxima de audio.

B_a = ancho de banda de ruido de audio.

f_{sc} = desviación pico de la subportadora.

E = ventaja de audio por Pre/Deénfasis, o mejoramiento.

sustituyendo valores, se tiene:

$$(C/N)_{sc} = 16.64 + 14.7712 - 10.6296$$

así,

$$(C/N)_{sc} = \underline{20.7816 \text{ dB}}$$

y para:

$$(S/N)_a = 20.7816 + 1.1810 + 13.0103 + 12$$

$$(S/N)_a = \underline{67.754 \text{ dB}}$$

*Cálculo de la Potencia de Salida del HPA
de la Estación Terrena Transmisora.

En primer término, se calcula el EIRP de la estación terrena en función de la densidad de flujo requerida en el satélite, para posteriormente calcular el HPA de la estación terrena. Sustituyendo:

$$EIRP_{et} = -92.2 + 10 \log 4f (36428.994 \times 10^n)$$

$$EIRP_{et} = \underline{70.02 \text{ dBW}}$$

Por lo que para:

$$HPA = 70.02 - 54.16 + 3 + 0 = 18.52 \text{ dBW}$$

$$HPA(\text{Watts}) = \text{alog} (18.52/10)$$

$$HPA = \underline{71.1234 \text{ Watts}}$$

CASO B: Diseño de enlace para telefonía
multicanal FDM/FM

CIUDAD DE TRANSMISION: México D.F.

CIUDAD DE RECEPCION : Tijuana

POSICION GEOGRAFICA

	TRANSMISOR	RECEPTOR
LATITUD :	19.35° N	32.5° N
LONGITUD:	99.01° N	117.03° W

ASNM : 2,233 Km.

0.016 Km.

DATOS DE ESTACIONES TERRENAS

	DIAMETRO-ANTENA	GANANCIA	FIG. DE MERITO
TRANSM.	11 m.	54.5 dBi	-----
RECEPT.	11 m.	-----	31.7 dB/°K

DATOS DEL SATELITE PARA AMBOS PUNTOS DE ENLACE

EIRP del satélite en saturación.....36.2 dBW
Densidad de flujo para saturar el satélite....-89.2 dBW/m²
Figura de Mérito del satélite.....6.4 dB/°K
Atenuador de posición.....3 dB
BACK-OFF de entrada del satélite.....10 dB
BACK-OFF de salida del satélite.....5.3 dB
Ancho de banda del transponder.....36 Mhz.
Ancho de banda asignado en el transponder.....15 Mhz.

FRECUENCIA DE OPERACION Y MARGEN DE LLUVIA

Frecuencia de operación - portadora ascendente...6.405 GHz.
Frecuencia de operación - portadora descendente..4.180 GHz.
Márgen de lluvia ascendente/descendente.....1.5 dB.

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE BANDA BASE

Tipo de modulación.....FDM/FM
Número de canales transmitidos.....312
Frecuencia máxima de banda base.....15 Khz.
Ancho de banda ocupado por la señal modulada.....15 Khz.
Desviación tono de prueba.....546 Khz.
Desviación multicanal.....1716 Khz.

Ancho de banda del canal telefónico.....3.1 Khz.
Factor de ponderación.....1.5 dB
Factor de preénfasis.....4.0 dB

Memoria de cálculo

Considerando los datos obtenidos del ejemplo anterior, para las distancias de las estaciones terrenas al satélite, se tiene:

L1 = 36428.99 Km de distancia de México al satélite.

L2 = 36955.845 Km de distancia de Tijuana al satélite.

*Cálculo del (C/No)_{asc.} del enlace.

De la ecuación:

$(C/No)_{asc} = SSp - 20 \log F(\text{Ghz}) - 21.45 + (G/T)_s + 228.6 - Ma$

Para la potencia que se emplea en el satélite, se considerará que dado el ancho de banda del transponder, que es de 36 Mhz., y considerando que para el caso se emplean 15 MHz., el cálculo será proporcional a los anchos de banda dados, así:

$$FR = 15 / 36 = 0.4166$$

Empleando la ec.(2):

$$SSp = (-89.2 - 10) + 10 \log (0.4166)$$

$$SSp = 103.0028 \text{ dBw/m}^2$$

Y aplicando en la (3):

$$(C/No) = -103.0 + 6.4 - 20 \log(6.405) - 21.45 + 228.6 - 1.5$$

$$(C/No) \cong \underline{92.9196 \text{ dB-Hz}}$$

*Cálculo del (C/No)desc. del enlace.

Aplicando en las ecuaciones (6), (5) y (7), se tiene:

$$(PIREp)_{sat} = (36.2 - 5.3) + 10 \text{ Log}(0.4166)$$

$$(PIREp)_{sat} = \underline{27.0972 \text{ dBW}}$$

Y para:

$$L_s = 92.45 + 20 \text{ Log}(4.16) + 20 \text{ Log}(36955.845)$$

$$L_s = \underline{196.2275 \text{ dB}}$$

Así,

$$(C/No)_{desc} = 27.09 + 31.7 + 228.6 - 196.22 - 1.5$$

$$(C/No)_{desc} = \underline{89.67 \text{ dB-Hz.}}$$

*Cálculo del (C/No)t del enlace.

Considerando (de tablas) un valor aproximado de 19.7 dB para (C/No)i dado el back-off de salida de 5.3 dB, se tiene que:

$$(C/No)_{im} = (C/N)_i + BWIF$$

$$(C/No)_{im} = 19.7 + 10 \text{ Log}(13.5 \text{ E6})$$

En primer término, debe obtenerse el valor de (C/No)im, y de tablas, dado el back-off de 3.5 dB, para (C/N)i es 19.7 dB. Así:

$$(C/No)_{im} = (C/N)_i + BWIF$$

$$(C/No)_{im} = 19.7 + 10 \text{ Log}(13.5 \text{ E6})$$

$$(C/No)_{im} = \underline{90.90 \text{ dB-Hz}}$$

Ahora, sustituyendo, se tiene:

$$(C/No)_t = 10 \text{ Log}^* \frac{1}{1/\text{alog}(9.291) + 1/\text{alog}(8.967) + 1/\text{alog}(9.09)}$$

$$(C/No)_t = 86.1916 \text{ dB-Hz}$$

*Cálculo del C/N del enlace.

$$(C/N)_t = (C/No)_t - 10 \text{ Log BWIF}$$

$$(C/N)_t = 86.19 - 10 \text{ Log}(13.5 \text{ E6})$$

$$(C/N)_t = 14.8866 \text{ dB}$$

Para la obtención del (S/N), se aplica la siguiente ecuación (18):

$$(S/N) = (C/N)_t + 20 \text{ Log}(A_{ftt}/f_{ch}) + 10 \text{ Log}(B_{IF}/B_{ch}) + P + W$$

Donde:

A_{ftt} = Desviación (rms) de tono de prueba.

f_{ch} = Frecuencia de banda base más alta.

B_{IF} = Ancho de banda de ruido de frecuencia intermedia.

B_{ch} = Ancho del banda del canal telefónico (3.1 MHz.)

P = Factor de mejoramiento por preénfasis.

W = Factor de mejoramiento por ponderación.

Sustituyendo valores:

$$(S/N) = 14.68 + 20 \text{ Log}(546\text{E3}/1300\text{E3}) + 10 \text{ Log}(13.5\text{E6}/3.1\text{E3}) \\ + 4.0 + 2.5$$

$$(S/N) = 50.2343 \text{ dB}$$

*Cálculo de la potencia de ruido.

Sea la ecuación:

$$N = \text{alog} \frac{90 - (S/N)}{10} \dots\dots\dots(19)$$

$$N = \text{alog} [(90 - 50.23)/10]$$

$$N = 9484.18 \text{ pWop}$$

*Cálculo del HPA.

$$EIRPet = SS_p + 10 \text{ Log } 4fD^2$$

$$EIRPet = -103.0 + 10 \text{ Log } 4f (36428.99 \text{ E3})$$

$$\underline{EIRPet = 59.22 \text{ dBW}}$$

Así,

$$HPA = EIRPet - G_{ant} + L_{et} + 0$$

$$HPA = 59.22 - 54.5 + 3 + 0$$

$$\underline{HPA = 7.72 \text{ dBW}}$$

ó bien,

$$HPA(\text{Watt}) = \text{alog } (7.72/10)$$

$$\underline{HPA = 5.91 \text{ Watt}}$$

CASO C: Diseño de enlace para SCPC digital

CIUDAD DE TRANSMISION: México D.F.

CIUDAD DE RECEPCION : Tijuana

POSICION GEOGRAFICA

	TRANSMISOR	RECEPTOR
LATITUD :	19.35° N	32.5° N
LONGITUD:	99.01° N	117.03° W
ASNM :	2,233 Km.	0.016 Km.

DATOS DE ESTACIONES TERRENAS

	DIAMETRO-ANTENA	GANANCIA	FIG. DE MERITO
TRANSM.	5.5 m.	50.5 dBi	-----
RECEPT.	5.5 m.	-----	19.7 dB/°K

DATOS DEL SATELITE PARA AMBOS PUNTOS DE ENLACE

EIRP del satélite en saturación.....36.2 dBW
Densidad de flujo para saturar el satélite....-92.2 dBW/m²
Figura de Mérito del satélite.....6.4 dB/*K
Atenuador de posición.....0 dB
BACK-OFF de entrada del satélite.....11.0 dB
BACK-OFF de salida del satélite.....6.0 dB

DATOS DE LA RED

Numero de canales totales de la red.....800
Factor de actividad.....40 %
Número de canales transmitidos por la ET.....5
Espaciamiento entre canales.....45 Khz.

DATOS DE FRECUENCIAS Y MARGENES DE LLUVIA

Frecuencia de operación - portadora ascendente...6.405 GHz.
Frecuencia de operación - portadora descendente..3.820 GHz.
Porcentaje de confiabilidad ascendente.....99.99 %
Márgen de lluvia ascendente.....1.5 dB.
Porcentaje de confiabilidad descendente.....99.99 %
Márgen de lluvia descendente.....1.5 dB.

DATOS DE LA SEÑAL

Tipo de modulación digital.....PCM ADAPTATIVO DIFERENCIAL
Ancho de banda del canal de audio.....15 Khz.
Velocidad de transmisión.....300-3400 Hz.
Ancho de banda de IF.....3.1 Khz.
Modulación.....PSK 4 FASES
BER (Bit Error Data) para voz.....10 E-4

Memoria de cálculo

Nuevamente, se considerarán las mismas distancias de los ejemplos anteriores:

L1 = 36428.99 Km de distancia de México al satélite.

L2 = 36956.42 Km de distancia de Tijuana al satélite.

*Cálculo de (C/No)asc. del enlace.

Relacionando de manera análoga al ejemplo anterior, se tiene:

$$NCA = (800) (0.40) = 320 \text{ canales}$$

Por lo que para obtener el SSp:

$$FR = 1/320 = 3.125 \text{ E-3}$$

aplicando en la (2):

$$SSp = (-92.2 - 11) + 10 \text{ Log}(3.125 \text{ E-3})$$

$$SSp = -128.25 \text{ dBw/m}^2$$

Así, se tiene:

$$(C/No)_{asc} = -128.25 + 6.4 - 20 \text{ Log}(6.405) - 21.45 + \\ + 228.6 - 1.5$$

$$(C/N)_{asc} = \underline{67.66 \text{ dB-Hz}}$$

*Cálculo de (C/No)desc. del enlace.

Aplicando en las ecuaciones (5), (6) y (7):

$$(PIREp)_{sat} = (36.2 - 6) + 10 \text{ Log}(3.125 \text{ E-3})$$

$$(PIREp)_{sat} = \underline{5.14 \text{ dBw}}$$

Y para:

$$Ls = 92.45 + 20 \text{ Log}(3.820) + 20 \text{ Log}(36428.99)$$

$$Ls = \underline{195.32 \text{ dB}}$$

Así,

$$(C/No)_{desc} = 5.14 + 19.7 + 228.6 - 195.44 - 1.5$$

$$(C/No)_{desc} = \underline{56.5 \text{ dB-Hz}}$$

Para el cálculo de $(C/No)_{im}$, se empleará un valor típico de C/N_{im} de 19.9 dB, considerado para transponders cargados de manera uniforme por portadoras de tipo SCPC digital (4QPSK), por lo cual son iguales en espacio y potencia.

$$(C/No)_{im} = (C/N)_{im} + 10 \text{ Log BWIF}$$

$$(C/No)_{im} = 19.9 + 10 \text{ Log}(16.6 \text{ E3})$$

$$(C/No)_{im} = \underline{62.102 \text{ dB-Hz}}$$

Por lo anterior, y de manera similar al ejemplo anterior:

$$(C/No)_t = 10 \text{Log}^* \frac{1}{1/\text{alog}(6.766) + 1/\text{alog}(5.650) + 1/\text{alog}(6.21)}$$

$$(C/No)_t = \underline{55.2 \text{ dB-hz}}$$

Como en este caso se debe considerar el BER, es necesario obtener el $(C/No)_r$ (relación portadora a densidad de ruido) requerido, con la finalidad de obtener un valor de 10 E-4 considerado para voz. Así:

$$(C/No)_r = E_b/No + 10 \text{ Log BR} + MI$$

Donde:

E_b/No = Energía/Bit por Hertz.

BR = Velocidad de Bits de información.

MI = 1.5 dB = Margen de implementación. (valor típico)

Considerando para este caso un valor de E_b/No de 8.4 dB, se

tiene que:

$$(C/No)_r = 8.4 + 10 \text{ Log}(33.3 \text{ E3}) + 1.5$$

$$(C/No)_r = 55.12 \text{ dB-Hz}$$

En este punto se puede obtener la siguiente comparación para verificar que el enlace sea correcto, ya que cumple con la siguiente consideración:

$$(C/No)_t > (C/No)_r$$

*Cálculo del HPA.

$$\text{EIRPet} = -128.25 + 10 \text{ Log } 4f (36428.99 \text{ E3})^2$$

$$\text{EIRPet} = 33.97 \text{ dBw}$$

Así,

$$\text{HPA} = 33.97 - 50.5 + 3 + 6$$

$$\text{HPA} = -7.53 \text{ dBw}$$

ó bien,

$$\text{HPA(Watt)} = 0.176 \text{ Watt}$$

Dado que el resultado anterior es por cada canal SCPC, entonces debe considerarse para el número de canales, por lo tanto:

$$(\text{HPA})_{\text{tot}} = 0.176 \text{ watt/canal} \times 5 \text{ canales}$$

$$(\text{HPA})_{\text{tot}} = 0.88 \text{ Watt}$$

CONCLUSIONES

Conclusiones

De lo expuesto, cabe señalar que en definitiva, las necesidades y los medios económicos de los cuales disponga el usuario, serán el punto fundamental para determinar el método adecuado para llevar a cabo el intercambio de información. De acuerdo al acceso que pueda disponer, en la mayoría de las ocasiones el SCPC será uno de los ideales por sus características en casos en que la comunicación sea punto a punto, y cuando resulte alguna red (en estrella), es adecuado el empleo de TDM/TDMA.

Así mismo, para el ancho de banda y velocidades de transmisión, existe la tendencia a emplear 64 Kbps debido a la comercialización de equipos de transmisión en la actualidad, aunque en nuestro país por causas de limitaciones técnicas empleadas para los primeros modems a usarse en los sistemas de satélites Morelos, el empleo de 56 Kbps se hizo frecuente para la implementación de redes de comunicación.

Conforme el desarrollo y ocupación de la banda de frecuencia, el empleo de banda-C se ha saturado en cuanto a número de usuarios, aumentando por consiguiente, el tráfico en los canales. Por lo anterior, el empleo de bandas en otras frecuencias, como en el caso de Ku, ha hecho posible el desarrollo de nuevos métodos de intercambio de información, combinando las diversas técnicas de acceso múltiple en MCPC y mejorando la calidad de la señal empleando transmisiones digitales en FM.

A lo largo del presente trabajo se ha hecho hincapié principalmente en el factor G/T, así como la relación S/N, para la obtención de una mejor calidad de señal, por lo que el tipo y diámetro de antena a elegir, también dependerá de las necesidades que se tenga.

Actualmente en México, la industria en general tiene la necesidad de emplear métodos para el intercambio de información de un punto del país a otro, dado que la expansión en las empresas es un punto muy importante para su desarrollo, y alcanzar un nivel en el cual que pueda ser competitiva con otros países, por lo que requiere del empleo de técnicas de acceso múltiple más eficientes en cuanto a capacidad en el número de canales disponibles y empleando la técnicas de multiplexaje que sea más versátil.

Por lo que respecta al empleo de video compuesto, como en el caso de T.V., a pesar de ser el medio, que por su alcance puede ser el de mayor difusión de información, los costos por infraestructura y equipo, lo hacen un medio en cierta manera "exclusivo" y por tanto solamente algunas empresas hacen uso de este medio. Aunque quizá en la actualidad nos es muy familiar, o tal vez hasta "insignificante" el hecho de ver alguna escena de otra parte del mundo sin quizá imaginar el esfuerzo que implica el realizar una transmisión desde un punto antípoda a nosotros, y más aún, si el suceso está ocurriendo en el momento mismo.

Es importante indicar que debido a la orografía de nuestro país, no es muy fácil establecer un nivel patrón de

señal mínimo requerido, lo cual se reflejará en los cálculos de enlace que se realicen.

Aunque es tema de análisis profundo, la tendencia actual desde hace algunos años, es la creación de redes privadas, las cuales son resultado de la magnitud empresarial así como del avance tecnológico generado por las necesidades de manejar mayor volumen de información a mayor rapidez.

APENDICE A.-

GLOSARIO

GLOSARIO.

Abertura.- se considera como la superficie o área de una antena.

Acimut (azimuth).- son los grados de rotación hacia la derecha a partir del norte geográfico.

Aislador (isolator).- es un dispositivo que permite el paso de las señales en un sentido, pero las atenúa o inhibe en sentido contrario.

Alimentador (feedhorn).- es un dispositivo que capta las señales de microondas concentradas en el punto focal.

Alineación.- consiste en la sintonización fina de una antena o de una serie de circuitos electrónicos, con la finalidad de obtener el mayor grado de sensibilidad y posterior captación de la señal.

Amplificador.- es un dispositivo que aumenta la potencia de la señal.

Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA-Low Noise Amplifier).- este dispositivo es empleado para la recepción y amplificación de la señal débil del satélite reflejada por la antena canalizada por medio de un alimentador. Su característica principal es la Temperatura de ruido, que es expresada en grados Kelvin.

Ancho de banda (Bandwidth).- es la gama de frecuencia que permite pasar a través de un circuito.

Angulo de elevación.- es el ángulo vertical medido desde el horizonte hasta el satélite objetivo.

Antena receptora solamente de señales de T.V. (TVRO-Television Reception Only).- consiste en una estación o antena receptora que únicamente puede captar señales de T.V.

Atenuador.- es un dispositivo que reduce la potencia de la señal.

Banda-C .- es la banda de frecuencias dentro del rango de 3.7 a 4.2 GHz. con la cual trabajan (los transponders en) los satélites.

Banda base (Base band).- es la señal de audio y video considerada pura, sin onda portadora. Las señales de satélites llevan información en banda base de audio de frecuencia casi cero, hasta 3.4 KHz. Para el caso de la banda base de video, va desde cero hasta 4.2 MHz.

Banda-Ku .- es la banda dentro del rango de frecuencias entre 11.7 y 12.2 GHz.

Cable coaxial.- es el tipo de cable empleado para la transmisión de señales eléctricas de alta frecuencia.

Canal.- es el segmento de un ancho de banda que se emplea para realizar un enlace en comunicaciones.

Canal único por portadora (SCPC-Cingle Channel Per Carrier).- es un sistema de transmisión en el cual se emplea una portadora separada para cada canal.

CATV (Community Antenna Television).- son las siglas en inglés referentes al sistema de transmisión de T.V. por cable.

Cifra de ruido.- es la relación entre la potencia de ruido que se genera en la entrada de un amplificador, y la potencia de ruido que se generaría en un resistor ideal. La calidad del amplificador depende de cuán baja sea ésta.

Cinturón de CLarke.- es la zona orbital geocéntrica localizada a una altura de 35,816 Km (22,247 Millas) sobre el ecuador, en la cual, los satélites giran a la velocidad de rotación de la Tierra. Es considerada la órbita Geosincrónica.

Codificación (Scrambling).- éste método se emplea para modificar la identidad de las señales con la finalidad de impedir que sean recibidas por personas NO autorizadas.

Control automático de frecuencia (AFC-Automatic Frequency Control).- es un circuito que se enclava en una frecuencia determinada, sin desplazarse de ella.

Control automático de ganancia (AGC-Automatic Gain Control).- es un circuito diseñado para mantener una ganancia constante.

Convertidor de bajo nivel de ruido (LNC-Low Noise Converter).- consiste en el juego de un LNA y un convertidor de bajada.

Convertidor descendente de bajo nivel de ruido (LNB-Low Noise Block downconverter).- es un LNA que en un solo paso, convierte todo el ancho de banda de 500 MHz. de las señales de satélite, reduciéndolas a una banda de frecuencia IF.

Convertidor ascendente.- este dispositivo aumenta la frecuencia de una señal transmitida.

Convertidor de bajada.- circuito relacionado con un receptor de satélite, que reduce las señales de alta frecuencia, a una gama intermedia más baja. Existen tres tipos: individual, doble, en bloque.

Decibel (dB).- término para designar la relación de niveles de potencia, así como también para la ganancia o pérdida de las señales. La relación de dB's a 1 Watt, se designa dBW; la relación de dB's a 1 mWatt, se designa dBm.

Demodulador.- es un dispositivo que se emplea para extraer la señal proveniente de la onda portadora transmitida.

Destellos (sparkles).- son puntos blancos y/o negros en la imagen, resultado de una baja relación señal/ruido.

Diafonía (Crosstalk).- es la interferencia entre canales adyacentes.

Doble alimentador.- alimentador que permite la recepción de dos señales polarizadas, H o V, en forma simultánea.

Eficiencia de la antena.- es el porcentaje de señales provenientes del satélite que son canalizados de manera efectiva hacia el alimentador y al LNA.

EIRP (potencia efectiva isotrópica radiada/Effective Isotropic Radiated Power).- es la medida de la intensidad de la señal que un satélite transmite a la Tierra, teniendo su mayor punto en el centro del haz.

Encadenamiento de subida (Uplink).- es el conjunto de circuitos y antena de una estación terrena que transmite informacional satélite.

Estación terrena, es una estación completa de transmisión u recepción vía satélite, consistente en una antena, dispositivos electrónicos y todos los equipos afines necesarios para recibir y/o transmitir señales vía satélite.

Factor de ruido.- es la relación de salida S/N a entrada S/N.

Figura de mérito (G/T).- es el factor de calidad que compara la ganancia del plato al ruido del sistema. La temperatura es en grados Kelvin, y la ganancia en dB's.

Frecuencia Intermedia (IF-Intermediate Frequency).- es la frecuencia de gama media que se genera después de la conversión descendente en un receptor de satélite.

Ganancia.- es la cantidad de amplificación de la potencia de salida con respecto a la de entrada. Se expresa en dB's.

Guía de onda.- es la línea de transmisión formada por un tubo conductor hueco a través del cual se propaga la onda electromagnética.

Interferencia terrestre.- es la generada por la Tierra.

Inversión de video.- es la codificación en la cual la señal de video del encadenamiento de bajada viene invertida.

Grados Kelvin ($^{\circ}$ K).- son temperaturas por sobre el cero absoluto. Temperatura en la cual el movimiento molecular se detiene. La escala Kelvin está graduada en unidades de la misma magnitud que los $^{\circ}$ C. El cero absoluto equivale a -273° C, ó -459° F.

Latitud.- medida desde el punto de la superficie de la Tierra al sur del ecuador.

Longitud.- es la distancia al este o al oeste del primer meridiano (cero grados).

Microondas.- es la gama de frecuencias dentro del rango de 500 MHz. hasta 30 GHz.

Modulación.- es un procedimiento mediante el cual se agrega un mensaje a una onda portadora. Se efectúa mediante variación (modulación) de la amplitud (A.M.), o por variación de la frecuencia (F.M.).

Montaje polar.- es un soporte de una antena, que con el movimiento de un solo eje, efectúa el rastreo de todos los satélites dentro del arco geosincrónico.

Oscilador sintonizable por tensión (VTO-Voltage Tuned Oscillator).- es un circuito electrónico que se emplea en los receptores de satélites para generar una frecuencia destinada a la selección de canales.

Pérdida por trayectoria.- pérdidas por espacio libre.

Plato.- es el reflector de las señales.

Polarización.- es una característica de las ondas electromagnéticas. Se emplean 4 sentidos: horizontal, vertical, derecha o izquierda.

Punto focal.- es el punto en el cual se cruzan toda la señal proveniente del satélites.

Ranura (Slot).- es la posición longitudinal de un satélite.

Radiofrecuencia (Radiofrequency).- es la banda de frecuencias en el rango de 10 Khz. a 100 GHz. del espectro electromagnético.

Relación de ondas estacionarias de tensión (VSWR-Voltage Standing Wave Ratio).- es una medida del porcentaje de la potencia que es reflejada con respecto a la potencia total que llega a un dispositivo.

Receptor de satélite.- es el equipo por medio del cual son recibidas en una estación terrena las señales provenientes del satélite.

Relación f/D.- es aquella entre la longitud focal de una antena, y su diámetro.

Relación Ganancia/Temperatura de ruido.- es la figura de mérito de una antena y un LNA.

Relación Portadora/Ruido.- es aquella entre la potencia de la portadora recibida y la potencia del ruido dentro de un ancho de banda determinado. Indica principalmente la manera en la que se desempeña una ET. Se calcula en base a los niveles de potencia del satélite, las ganancias de la antena y las temperaturas de ruido de la antena y del LNA.

Relación Portadora/Ruido (G/kT).- es la relación C/N expresada en decibeles por hertz de ancho de banda de la señal.

Relación Señal/Ruido (S/N).- razón entre la potencia de una señal y la potencia de ruido dentro de un ancho de banda determinado. Se expresa en decibeles.

Resistencia de carga de viento.- es la cantidad de presión de viento soportada por una antena.

Reuso de frecuencia.- es un método que permite que dos canales diferentes sean transmitidos simultáneamente en el mismo transponder, polarizando un canal en forma vertical, y el otro en horizontal.

Ruido (Noise).- señal no deseada que interfiere la recepción de la señal de información. Se expresa en $^{\circ}K$, o en dB's.

Ruido térmico.- son señales eléctricas aleatorias creadas por la agitación molecular.

Ruido de tierra.- son las señales que generan disturbio, emanadas por la Tierra.

Separador (Splitter).- es un dispositivo que divide la señal en dos o más idénticas, pero de menor potencia.

Sesgo.- este término se emplea para describir los ajustes necesarios para sintonizar finamente la polaridad del alimentador al apuntar hacia un satélite diferente.

Subportadora de audio.- es la onda de la portador que contiene la información de audio entre 5 y 8.5 MHz. en una transmisión vía satélite.

Subportadora de color.- es la subportadora de 3.58 MHz. de

una señal de video compuesta.

Temperatura de ruido.- es la medida de la magnitud de ruido térmico presente en un sistema o dispositivo. Mientras menor sea, mejor es la calidad del sistema o dispositivo.

Transponder.- o también, Transmisor-Respondedor. Es un repetidor, receptor y transmisor de microondas, que se emplea en un satélite para amplificar y cambiar la frecuencia de un canal de comunicación del enlace ascendente.

Umbral.- es la entrada mínima de señal con relación al ruido para que un video receptor pueda presentar una imagen aceptable.

Ventana.- es el rectángulo imaginario en línea directa al reflector (plato), que define los límites del movimiento del mismo para la mejor recepción vía satélite.

APENDICE B.-

**PARAMETROS DE
ELECCION DE
EQUIPO**

Parámetros para elección de equipo.

A continuación se muestra una relación de parámetros con la finalidad de que se pueda elegir el equipo adecuado:

DIAMETRO DE ANTENA.	mts.
FRECUENCIA DE OPERACION.	GHZ.
GANANCIA DE LA ANTENA EN TRANSMISION.	dB.
GANANCIA DE LA ANTENA DE RECEPCION.	dB.
TEMPERATURA DEL SISTEMA TOTAL.	dB °K
FIGURA DE MERITO DE LA E.T. (G/T)	dB/°K
DENSIDAD DE FLUJO EN SATURACION (SDF).	dBw/W2
AJUSTE DE GANANCIA.	dB
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE (G/T).	dB/°K
BACK OFF DE ENTRADA.	dB

ENLACE ASCENDENTE.

PERDIDAS POR DISPERSION	dBW2
PERDIDAS POR ABSORCION ATMOSFERICA.	dB
BACK OFF DE ENTRADA EN EL TRANSPONDEDOR.	dB
EIRP/PORTADORA DESDE LA ESTACION TERRENA.	dB
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE.	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO.	dB
PERDIDAS POR POLARIZADOR.	dB
CONSTANTE DE BOLTZMAN.	dB J/°K
MARGEN POR PRECIPITACION.	dB
RELACION G/T DEL TRANSPONDEDOR.	dB/°K
RELACION C/No ASCENDENTE.	dB
RELAC. C/No ASCENDENTE BAJO CONDICIONES DE PRECIPITACION.	dB-Hz

RELACION C/N ASCENDENTE.	dB
RELACION C/N POR INTERMODULACION EN HPA.	dB
RELACION C/X POR POLARIZACION CRUZADA.	dB
RELACION C/X POR SATELITES ADYACENTES.	dB
RELACION C/X INTERFERENCIA DE TP/ADY.	dB
RELACION C/N ASCENDENTE DEL SISTEMA.	dB

POTENCIA NOMINAL REQUERIDA EN EL
AMPLIFICADOR DE ALTA POTENCIA.

EIRP/PORTADORA DE LA E.T.	dB
PERDIDAS EN GUIA DE ONDA.	dB
BACK OFF DE SALIDA.	dB
GANANCIA DE LA ANTENA EN TX.	dB
PERDIDAS EN EFICIENCIA POR EDAD.	dB
POTENCIA NOMINAL REQUERIDA / PORTADORA.	dBW
MARGEN POR PRECIPITACION.	dB
POTENCIA REQUERIDA BAJO CONDICIONES DE PRECIPITACION.	dBw-W

ENLACE DESCENDENTE.

POTENCIA RADIADA EN SATURACION POR TP.	dB
BACK OFF DE SALIDA.	dB
EIRP/PORTADORA DESDE EL SATELITE.	dB
PERDIDAS POR ESPACIO LIBRE.	dB
PERDIDAS POR APUNTAMIENTO.	dB
PERDIDAS POR POLARIZADOR.	dB
MARGEN POR PRECIPITACION.	dB
CONSTANTE DE BOLTZMAN.	dBj/°K

FIGURA DE MERITO DE LA E.T. (G/T)	dB/°K
RELACION C/No DESCENDENTE.	dB-Hz
RELACION C/N DESCENDENTE.	dB
RELACION C/N POR INTERMODULACION EN TP.	dB
RELACION C/X POR POLARIZACION CRUZADA.	dB
RELACION C/X POR INTERFERENCIA TP's ADY.	dB
RELACION C/N DESCENDENTE DEL SISTEMA.	dB

Como una generalización del sistema se tiene:

FACTOR DE CALIDAD DEL ENLACE GLOBAL.

RELACION C/N TOTAL DEL SISTEMA.	dB
RELACION S/N PARA SEÑALES ANALOGICAS EN FM / FDMA.	dB
RELACION C/N TOTAL CONTRA C/N REQUERIDA PARA SEÑALES DIGITALES PSK / FDMA.	dB

APENDICE C.-

**ESPECIFICACIONES
FUNCIONALES Y
OPERACIONALES DEL
SEGMENTO ESPACIAL
CON ACCESO AL
SISTEMA DE SATELITES
MORELOS**

Especificaciones Funcionales y Operacionales del Segmento Espacial con acceso al Sistema de Satélites Morelos

Generalidades

La cobertura de señal del sistema de satélites Morelos (SSM), abarca el territorio Nacional, expandiendo su cobertura hacia algunas regiones de Norte y Centroamérica.

El subsistema de comunicaciones consta de la sección de antenas y 22 transponders operables, en bandas C, con un rango de 5.925 a 9.425 GHz. para el enlace ascendente, y de 3.7 a 4.2 GHz. para el descendente; en banda Ku con un rango de 14.0 a 14.5 GHz. de enlace ascendente y 11.7 a 12.2 GHz. en el enlace descendente.

Para los canales de banda angosta, existen en el sistema 14 amplificadores de potencia de la señal del tipo de Tubo de Ondas Progresivas (TWTA's), teniendo 2 de ellos redundantes (canales pares e impares); para los canales de banda ancha existen 8 TWTA's con 2 de redundancia.

Receptores

Para banda-C, las señales son recibidas por medio de un reflector parabólico, el cual "rebota" las señales en dirección concéntrica hacia el foco del reflector; en éste punto se encuentran los alimentadores, lugar donde son separadas las señales de polarización horizontal y vertical. Así mismo, se lleva acabo la conversión de frecuencia de 6 a 4 GHz.

Para el caso de banda-Ku, las señales son recibidas directamente en un arreglo planar de antenas de ranura, para

posteriormente enrutarse hacia un receptor. Para éste caso, se cuenta con dos receptores, uno de ellos de redundancia. En el receptor se lleva a cabo la conversión de frecuencia de 14 a 12 GHz.

Los receptores redundantes pueden emplearse a través de conmutadores, los cuales se ubican a la entrada y salida de los receptores.

Características y Especificaciones del canal

Ancho de banda útil de transponders: para banda angosta de 36 MHz., para banda amplia de 72 MHz., y para banda-Ku 108 MHz.

Las frecuencias de traslación para banda-C es de 4 a 6 GHz., por una red de substracción de 2225 MHz, empleando la técnica del reuso de frecuencia para poder dar un mayor empleo a ésta banda. Para el caso de banda-Ku, la conversión de frecuencia es de 14 a 12 GHz. por una red de substracción de 2300 MHz.

La respuesta en frecuencia (del transponder) a la entrada es de 5925 a 6423 MHz. para banda-C, y de 14.0 a 14.5 en Ku.

Así mismo, la potencia para banda-C a la salida de RF no variará más de 3 dB arriba de 2/3 del ancho de banda útil, y 1.5 dB de pico a pico arriba del resto del ancho de banda útil de cada canal.

Para la respuesta en amplitud en banda-Ku, la EIRP dentro de cada canal de transmisión, no variará más de 1.5 dB pico a pico arriba de +/- 36 MHz. de la frecuencia

central, ni mayor a 2.5 dB pico a pico de +/- 36MHz. a +/- 54 MHz. de la frecuencia central de canal.

El retardo de grupo total para la bandas es el mostrado en los siguientes intervalos:

BANDA-C	CANAL RELATIVO A LA FREC. CENTRAL fc (MHz.)		RETARDO DE GRUPO (nSEC.)	
	ANGOSTOS	AMPLIOS	MAXIMO	MINIMO
			-3	1
	+/- 4	+/- 8	-3	3
	+/- 8	+/-16	-3	6
	+/-12	+/-24	-3	12
	+/-16	+/-32	4	31
	+/-18	+/-36	15	57

BANDA-Ku	fc (MHz.)	(nSEC.)
	36	0
	42	17
	48	31
	54	55

Por otra parte, la respuesta en fase del transponder en banda-C, debe ser consistente para lograr las especificaciones de la diafonía.

El cambio de fase total al emplear los TWTA's, definido como el máximo cambio de fase cuando una sola portadora No-modulada en la frecuencia central del canal está variando

del nivel especificado de acuerdo a la tabla siguiente a 30 dB abajo del nivel requerido para la saturación.

Así, de acuerdo a la siguiente tabla, se tiene que:

<u>ENTRADA NIVEL MEDIDO</u>	<u>TOTAL DE FASE CAMBIO TWTA</u>
0	50
3	42
6	31
10	20
14	13
17	7
30	0

El cambio de fase en banda-Ku para cualquier canal, no deberá de exceder de los valores indicados en la siguiente tabla, en donde el cambio total de fase se define como el máximo cambio de fase cuando una portadora No-modulada varía arriba del rango de la densidad de flujo, como se muestra a continuación:

<u>DENSIDAD FLUJO RELATIVO QUE PRODUCE LA SATURACION DE UNA SOLA PORTADORA (dB)</u>	<u>MAXIMO CAMBIO DE FASE (°)</u>
+6	70
+3	57
0	44
-3	32
-6	24

-9	17
-12	10
-30	0

El coeficiente de conversión AM/PM, se define como característica de la pendiente de cambio de fase total, y será menor a 4° por dB para los TWTA's de 7 y 10.5 W.

Características Funcionales y Operacionales del Segmento Terrestre

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), tiene instaladas estaciones terrenas en las principales ciudades de cada uno de los treinta y un estados, así como en la Ciudad de México, en donde se realiza el control y la distribución del tráfico vía satélite desde el Centro Nacional de Monitoreo y Supervisión de Redes (CNMSR), ubicado en Iztapalapa. Dicho centro opera durante las 24 horas del día los 365 días del año. Emplea principalmente los servicios de video, telefonía troncal bidireccional, telefonía rural bidireccional, teleaudición, distribución de datos, transmisión iterativa de datos a baja velocidad.

Es importante señalar que toda esta gama de servicios es realizada tanto en banda-C como en banda-Ku.

Servicios Ofrecidos a través de la Red DGT

Los Servicios ofrecidos por la red de la Dirección General de Telecomunicaciones, son los mencionados a continuación:

Video

Modalidades de Tiempo para el servicio

Es importante indicar que para los casos de prestación de servicio por tiempo parcial, está sujeto a la disponibilidad de la infraestructura tanto del segmento espacial así como del terrestre.

a) Enlace Ascendente Permanente

Permite al usuario el derecho de que la DGT curse una señal de video más audio asociado, para transmitirse al satélite desde una estación terrena asignada, en forma permanente. El ancho de banda asignado es de 7.5 Khz. ó 15.0 Khz.

b) Enlace Ascendente por Tiempo Real

En éste, el usuario tiene el mismo derecho que para el caso anterior, pero será por períodos de tiempo regular, ocasional, o cortos. El ancho de banda asignado es de 7.5 Khz. ó 15.0 Khz.

c) Enlace Descendente Permanente

EL usuario tiene el derecho de que la DGT curse una señal de video más audio asociado, desde el satélite, y sea entregada después de su recepción por una estación terrena asignada por la prestadora del servicio de forma permanente.

d) Enlace Descendente por Tiempo Parcial

El usuario tiene los mismos derechos que para el caso anterior, pero la señal será entregada por tiempo regular,

ocasional, o periodos cortos.

Configuración de las Estaciones Transmisoras y/o Receptoras

Las configuraciones funcionales tienen niveles mínimos de redundancia dependiendo de la jerarquía de cada estación terrena, de acuerdo a la siguiente forma:

a) un amplificador de alta potencia (HPA) de redundancia mínima por cadena ascendente, compartido por hasta tres cadenas ascendentes activas.

b) Un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) de redundancia mínima por cadena descendente, compartida por hasta tres cadenas descendentes activas.

c) Las demás unidades generalmente no tienen redundancia.

Estándares de Servicio

Las características de Banda Base (BB) mostradas en la siguiente tabla unicamente podrán modificarse parcialmente a solicitud y de manera excepcional de acuerdo a solicitud del usuario:

<u>PARAMETROS</u>	<u>SERVICIO DE VIDEO</u>
SISTEMA	NTSC 6 M
DESVIACION MAXIMA PICO A PICO EN FRECUENCIA	10.75, 6.7 MHz.
ANCHO DE BANDA OCUPADO EN EL TRANSPONDER	30.5, 17.5 MHz.
ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL EN BANDA BASE	4.2 MHz.

DISPERSION DE ENERGIA	FORMA DE ONDA: TRIANGULAR SINCRONIZADA A 30 Hz. (desviación: 1 MHz. p-p)
AUDIO ASOCIADO	SUBPORTADORA A 6.2 MHz. REPUESTA EN FREC. +/- 10% PRE-ENFASIS: 75 usec.
TIPO DE TRANSPONDER	AMPLIO
MODALIDAD	TRANSPONDER COMPLETO
ANCHO DE BANDA ASIGNADO	36 MHz.
ANCHO DE BANDA OCUPADO	30.5 MHz.
POTENCIA ASIGNADA	50 %
DESVIACION MAXIMA PICO	10.75 MHz.
EIRP DESDE LA ET EN LA CIUDAD DE MEXICO	65.0 dBW
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE	3.15 dB/°K
RELACION (C/No) ASCEND.	98.2 dB Hz.
RELACION (C/No) POR INTERMODULACION	94.9 dB Hz.
EIRP DESDE EL SATELITE HACIA LA ET EN TIJUANA	31.5 dBW
FIGURA DE MERITO DE LA ET RECEPTORA EN TIJUANA	31.7 dB/°K
RELACION (C/No) DESCEND.	97.1 dB Hz.
RELACION SEÑAL A RUIDO PONDERADA NOMINAL	53.9 dB

Las condiciones de operación en los tranponders amplios son: BACK-OFF ENT/SAL de 8/4 dB respectivamente y con Ganancia STEP GAIN de 3 dB.

Calidad de Transmisión

Los parámetros de calidad pueden variar en condiciones

de precipitación o fenómenos meteorológicos, degradando la señal hasta en 2 dB. Es importante considerar que existen otras causas por las cuales la señal podría degradarse, como la funcionabilidad en las ETns transmisoras y receptoras.

Las características para los servicios de video son las siguientes:

TIPO DE TRANSPONDER	ANGOSTO
MODALIDAD	TRANSPONDER COMPLETO
ANCHO DE BANDA ASIGNADO	36 MHz.
POTENCIA ASIGNADA	100 %
DESVIACION MAXIMA PICO	10.75 MHz.
EIRP DESDE LA ET TRANSM. EN LA CIUDAD DE MEXICO	73.0 dBW
RELACION (C/No) ASCEND.	108.8 dB/HZ.
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE	6.4 dB/°K
EIRP DESDE EL SATELITE HACIA LA ET EN TIJUANA	36.8 dBW
FIGURA DE MERITO DE LA ET RECEPTORA EN TIJUANA	31.7 dB/°K
RELACION (C/No) DESCEND.	101.3 dB Hz.
RELACION SEÑAL A RUIDO PONDERADA NOMINAL.	60.8 dB

Teleaudición

Este servicio se cursa por banda-C.

Estándares de Servicio

Los servicios de teleaudición emplean la modulación en frecuencia para señales con ancho de banda de 7.5 Khz. y 15.0 Khz. en banda base (definido por la norma CCIR 502-2 y

503-3). Los parámetros funcionales empleados se muestran en la siguiente tabla:

<u>PARAMETROS</u>	<u>SERVICIO DE TELEAUDICION</u>
TIPO DE MODULACION	MODULACION EN FRECUENCIA
BW DE LA SEÑAL EN BANDA BASE	7.5 Khz., 15.0 Khz.
DESVIACION PICO-PICO EN FRECUENCIA	150.0 Khz., 195.0 Khz.
BW DEL RUIDO	180.0 Khz., 210.0 Khz.
COMPANSOR	OPCIONAL

Calidad de transmision

Se basa de acuerdo a lo siguiente:

TIPO DE SEÑAL	ANGOSTA
BW DE LA SEÑAL	7.5 Khz.
DESVIACION MAXIMA PICO A PICO EN FRECUENCIA	150.0 Khz.
BW DEL RUIDO	180.0 Khz.
IMPEDANCIA ENT/SAL	600 OHMS
COMPANSOR	OPCIONAL
DISTORSION TOTAL EN ARMONICAS	0.5 % (1 Khz.)
EIRP DESDE LA ET TRANSM. EN LA CIUDAD DE MEXICO	52.7 dB
FIGURA DE MERITO DEL SATELITE	6.4 dB/°K
RELACION (C/No) ASCEND.	88.3 dB-Hz.
RELACION (C/No) POR INTERMODULACION	75.5 dB-Hz.
EIRP DESDE EL SATELITE HACIA LA ET EN TIJUANA	15.5 dB

FIGURA DE MERITO DE LA ET RECEPTORA EN TIJUANA	20.0 dB/'K
RELACION (C/No) DESCEND.	68.8 dB-Hz.
RELACION SEÑAL A RUIDO PONDERADA NOMINAL	69.0 dB

Servicios Iterativos

Actualmente la DGT cuenta con una infraestructura en banda-Ku para la prestación de este servicio en transmisión de datos a través de las estaciones terrenas de México, Monterrey, Guadalajara, Chihuahua, Cd. Victoria, Oaxaca, Tuxtla Gutierrez, La Paz y Mérida.

Por lo anterior, la capacidad de las ETns es limitada teniendo un cierto número de canales a disposición del usuario. Como características principales, se tiene una configuración en estrella con nodo central en la Ciudad de México, enlaces punto-a-punto y no tienen posibilidad de conmutación dinámica en la central.

Servicios ofrecidos

La transmisión de datos se realiza a baja velocidad por medio de canal digital (33.3 Kbs), el cual tiene una capacidad entre 600 a 4800 Bits/Seg. de información a través de una ET asignada por la DGT con modalidad iterativa o equivalente en canal Full-Duplex permanente.

Características de las ET's Transreceptoras

La disponibilidad de canales es sujeto a la demanda de los mismos. Las características funcionales para las principales estaciones terrenas con localidad en México

D.F., Monterrey, Guadalajara, Chihuahua, La Paz, Cd.
Victoria, Oaxaca, Tuxtla Gutierrez, y Mérida son :

DIAMETRO DE LA ANTENA: 7.6 mts.

FIG. DE MERITO: 35.9 dB/°K

BIBLIOGRAFIA

1. Long, Mark.
WORLD SATELLITE ALMANAC-1985
The complete guide to satellite transmission
& Technology.
Publishing Co. Vol.1, No.1
U.S.A.,1985.
2. Long, Mark.
WORLD SATELLITE ALMANAC-1989
The complete guide to satellite transmission
& Technology.
Howard W. Sams & Company.
U.S.A.,1989.
3. Goldberg, Joel.
SATELLITE TELEVISION RECEPTION
A personal user's guide.
Prentice Hall.
U.S.A.,1989.
4. Traister, J. Robert.
EARTH STATIONS FOR WORLDWIDE T.V. RECEPTION-2nd EDITION
TAB Books Inc.
U.S.A., 1989.
5. Black, Uyles.
COMPUTER NETWORKS
Protocols, Standards and Interfaces Via Satellite.
Center for Advanced Professional Education.
Prentice Hall International/U.K.
U.K., 1989.
6. ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES TECNICAS PARA REDES
DIGITALES VIA EL SISTEMA DE SATELITES MORELOS
Dirección General de Telecomunicaciones.
México, 1989.
7. REVISTA TELEDATO
Revista de la Dirección General de Telecomunicaciones
y de Normatividad y Control de Comunicaciones.
No. 41
México, 1987.
8. Ibarra P., Mario.
CURSO ANALISIS DE SEÑALES Y MODULACION
Universidad La Salle.
México, 1989, 1990.
9. Ibarra P., Mario.
CURSO TEMAS SELECTOS DE ELECTRONICA
Universidad La Salle.
México, 1989, 1990.

Long, Mark.

WORLD SATELLITE ALMANAC-1985

The complete guide to satellite transmission & Technology.

Publishing Co. Vol.1, No.1

U.S.A., 1985.

Long, Mark.

WORLD SATELLITE ALMANAC-1989

The complete guide to satellite transmission & Technology.

Howard W. Sams & Company.

U.S.A., 1989.

Goldberg, Joel.

SATELLITE TELEVISION RECEPTION

A personal user's guide.

Prentice Hall.

U.S.A., 1989.

Traister, J. Robert.

EARTH STATIONS FOR WORLDWIDE T.V. RECEPTION-2nd EDITION

TAB Books Inc.

U.S.A., 1989.

Black, Uyless.

COMPUTER NETWORKS

Protocols, Standards and Interfaces Via Satellite.

Center for Advanced Professional Education.

Prentice Hall International/U.K.

U.K., 1989.

ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES TECNICAS PARA REDES

DIGITALES VIA EL SISTEMA DE SATELITES MORELOS

Dirección General de Telecomunicaciones.

México, 1989.

REVISTA TELEDATO

No.41, revista de la Dirección General de Telecomunicaciones

y de Normatividad y Control de Comunicaciones.

México, 1987.

Ibarra P., Mario.

CURSO ANALISIS DE SEÑALES Y MODULACION

Universidad La Salle.

México, 1989, 1990.

Ibarra P., Mario.

CURSO TEMAS SELECTOS DE ELECTRONICA

Universidad La Salle.

México, 1989, 1990.