

10Z  
Zejeu



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**RED PUBLICA DE TRANSMISION  
DE DATOS VSAT.**

**T E S I S**

**Que para obtener el Título de  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(Area Comunicaciones y Electrónica)**

**P r e s e n t a n :**

**JUSTO JOEL ISLAS TELLEZ  
VICTOR MANUEL MAYO VILLOTA  
MANLIO PABLO RAMIREZ LEMUS  
FRANCISCO ZAMORA SALAZAR**



**A S E S O R :**

**ING. ALEJANDRO RAMIREZ LOZADA**

**MEXICO, D. F.**

**1995**

**FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Esta tesis la dedico a mis padres, Lucía Téllez de Islas y Claudio Islas Morales, a quienes llevaré siempre en mi corazón, guardándoles admiración y respeto; a su guía y consejos debo mi formación como persona y como profesionalista.**

**A mi hermana Alva Rosa Islas Téllez y a mi hermano Miguel Angel Islas Téllez.**

**A todos los compañeros y personas que me ayudaron con una palabra de aliento durante mi estancia en la universidad.**

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

**J. Joel Islas Téllez**

**Dedico esta tesis a quienes, con amor y desinterés, han estado pendientes de mi desarrollo escolar, pero sobre todo de mi desarrollo y bienestar como persona;**

**Carmen Villota Durán  
Rodolfo Mayo López**

**A mi hermano Rodolfo Mayo Villota**

**A mi tía Alicia González Durán y su esposo José Martino Ziggy**

**Con mucho cariño a mis primas Sara Eugenia y Emilia Martino**

**Dedico también**

**A las personas que quiero, con las que he vivido buenos y malos tiempos a lo largo de mi existencia, y en especial a esas personas que por sus cualidades humanas están y estarán por siempre en mi, aunque el ejercicio de la vida misma, haya vuelto su presencia lejana para mi.**

**Victor M. Mayo Villota**

**A mis padres (Pablo y Benita)**

**Por su apoyo continuo, paciencia, y guía durante mi vida estudiantil.**

**A mis hermanas (Ariadna Y Longni)**

**Por sus consejos, aliento y ayuda.**

**A mis tias (Carmen Y Josefa)**

**Por el gran apoyo que me dieron durante muchos años de mi vida.**

**A mis tias (Paula, Ciria y Antonia)**

**Porque a pesar de la lejanía siempre estuvieron conmigo**

**A mis primos (Edgar Y Luis)**

**Por los momentos en que intercambiamos consejos y momentos en nuestra vida.**

**A todas esas personas que de alguna manera me brindaron su apoyo y consejo, muchas gracias.**

**Manlio Pablo Ramirez Lemus**

**Dedico la presente tesis como un merecido reconocimiento:**

**A mis padres, el Sr. Gereón Zamora de la Paz y la Sra. Rosa María Salazar de Zamora que con cariño, sacrificio, esfuerzo y de una manera desinteresada me han apoyado en cada momento de mi vida.**

**A mi hijo, Francisco Gereón Zamora Pérez y a mi esposa Patricia Pérez de Zamora, quienes fueron un motivo más para la realización de la misma.**

**A mis hermanos Rosa Isela, Gerardo y Maribel Zamora Salazar, así como Felipe Ponce Dámazo y a todos mis demás seres queridos y amigos, que con su apoyo y palabras de aliento me han forjado el deseo de superación.**

**Francisco Zamora Salazar**

CONTENIDO

**INTRODUCCION.....i**

**CAPITULO I ENLACE DE ULTIMA MILLA..... 1**

- 1.1 Modem telefónico..... 1**
  - 1.1.1 Sistema de transmisión de datos..... 2**
  - 1.1.2 Tipos de transmisión..... 3**
  - 1.1.3 Modos de operación..... 4**
  - 1.1.4 Configuración de las líneas..... 5**
  - 1.1.5 Tipos de líneas de transmisión telefónica..... 6**
  - 1.1.6 Modos de transmisión..... 7**
  - 1.1.7 Interfaz..... 9**
- 1.2 Radio enlaces..... 11**
  - 1.2.1 Tipos de enlace..... 11**
  - 1.2.2 Repetidores..... 13**
- 1.3 Microondas..... 15**
  - 1.3.1 Modem..... 16**
  - 1.3.2 Unidad de radio frecuencia..... 17**
  - 1.3.3 Ruido..... 17**
- 1.4 Fibras Ópticas..... 19**
  - 1.4.1 Estructura..... 19**
  - 1.4.2 Clasificación de las fibras ópticas..... 19**
  - 1.4.3 Parámetros de la fibra..... 23**

**CAPITULO II ESTACION MAESTRA..... 25**

- 2.1 Subsistema de control de red y conmutación de paquetes..... 27**
- 2.2 Subsistema de frecuencia intermedia (FI)..... 29**
- 2.3 Subsistema de radio frecuencia (RF)..... 32**
  - 2.3.1 Antena..... 32**
  - 2.3.2 Convertidores, amplificadores de potencia y de bajo ruido..... 33**

---

---

2.4 Análisis de trama .....	37
2.4.1 Sincronización de la red .....	42
2.4.2 Conversión de protocolo .....	45
2.4.3 Carga de software .....	47
2.4.4 Parámetros y umbrales de tráfico de la red .....	49
<b>CAPITULO III ENLACE SATELITAL .....</b>	<b>51</b>
3.1 Descripción general de un sistema de comunicación vía satélite .....	51
3.2 Configuración de los satélites de comunicación .....	53
3.2.1 Satélite de giro simple .....	53
3.2.2 Satélite de doble giro .....	54
3.2.3 Satélite triaxial .....	54
3.3 Subsistemas del satélite .....	57
3.3.1 Subsistema de telemetría, comando y rango .....	57
3.3.2 Subsistema de potencia .....	58
3.3.3 Subsistema de orientación .....	59
3.3.4 Subsistema de propulsión .....	60
3.3.5 Subsistema térmico .....	60
3.3.6 Subsistema de comunicaciones .....	60
3.4 Satélite empleado en la red VSAT .....	62
3.5 Técnicas de acceso al satélite .....	65
3.5.1 Acceso múltiple por división de frecuencia .....	66
3.5.2 Acceso múltiple por división de tiempo .....	71
3.5.3 Acceso múltiple por división de código .....	73
<b>CAPITULO IV ESTACION REMOTA .....</b>	<b>76</b>
4.1 Subsistema de antena .....	77
4.2 Subsistema de radio frecuencia (RF) .....	81
4.3 Unidad de procesamiento digital .....	82
4.3.1 Funciones principales del DPU .....	82

---

<b>CAPITULO V DESARROLLO DE SOFTWARE PARA</b>	
<b>MONITOREO DE ACTIVIDAD DE USUARIOS</b> .....	<b>86</b>
<b>5.1 Introduccion</b> .....	<b>86</b>
<b>5.2 Software del sistema (NCS Software)</b> .....	<b>88</b>
<b>5.3 Mensajes de alarma del sistema</b> .....	<b>89</b>
<b>5.4 Desarrollo de un sistema de reporte</b> <b>de fallas para una red VSAT</b> .....	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>96</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>99</b>
<b>Anexo 1 Tipos de modulación</b> .....	<b>100</b>
<b>Anexo 2 Bandas de frecuencia</b> .....	<b>101</b>
<b>Anexo 3 Antenas</b> .....	<b>104</b>
<b>Anexo 4 Estandarización del modem</b> .....	<b>113</b>

---

## INTRODUCCION

Sin duda, las telecomunicaciones han llegado a convertirse en uno de los principales factores en la modernización de las actividades económicas al proveer de ventajas a las empresas que hacen uso intensivo de ellas.

La investigación creciente de las telecomunicaciones con la computación y la industria electrónica ha venido a conformar una actividad en continuo crecimiento denominada tecnología de la información.

Las tecnologías de la información de las telecomunicaciones se han convertido en el factor determinante de la competitividad industrial, constituyéndose en el sector de las actividades cuyo crecimiento a escala mundial es el más rápido.

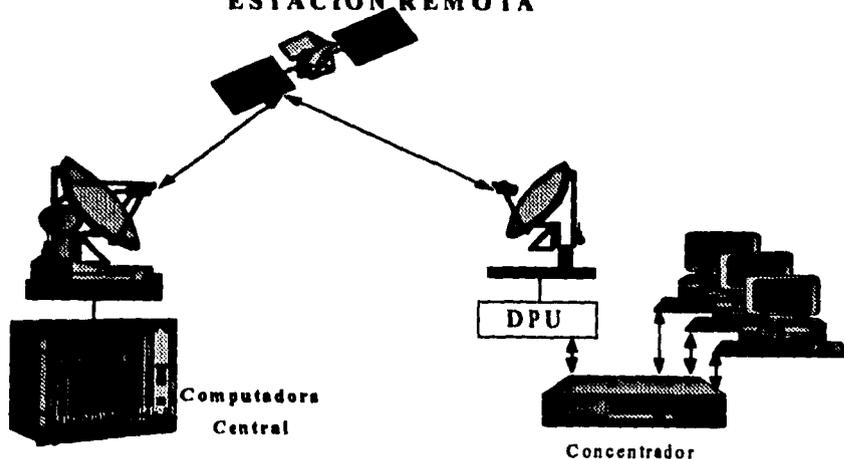
El mercado mexicano de las telecomunicaciones vía satélite está muy desarrollado sobre todo si lo comparamos con el que existe en la mayoría de los países latinoamericanos. Las empresas más importantes del país cuentan con redes privadas de comunicaciones que les permiten resolver sus necesidades de forma óptima.

La tecnología de las terminales de pequeña apertura (very small aperture terminal -VSAT) trae consigo todas las características y beneficios de las comunicaciones satelitales a un bajo costo y con elementos fácilmente instalables. El bajo costo se debe a la utilización de una tecnología digital sofisticada y a avanzados protocolos de comunicaciones.

El párrafo anterior engloba varias de las razones que motivaron la realización de esta tesis. La tecnología de punta utilizada por las terminales de pequeña apertura, su rentabilidad y confiabilidad las hacen un medio de transmisión de información bastante atractivo. Con este trabajo de tesis nos propusimos presentar la estructura de una red VSAT, sus componentes, la funcionalidad de cada uno de ellos y su interconexión dentro del sistema; para conseguir esto planteamos como primer objetivo **realizar un análisis a nivel de software y hardware de la red satelital**. Planteamos también un segundo objetivo, cuya finalidad es la de **elaborar un software auxiliar en la administración de la red**.

Este software auxiliará en las labores de administración de reportes de actividad de usuarios (fallas de estaciones remotas, alarmas informativas, mensajes del sistema, etc). Consideramos necesario crear este software debido a la cantidad de información que se genera (como mensajes de alarma en una computadora) en la estación maestra de una red VSAT, un archivo generado en un solo día puede tener hasta cinco mil o seis mil líneas de información, debido a lo cual su análisis consume mucho tiempo (varios días), además de que resulta extremadamente tedioso.

#### ENLACE TÍPICO VSAT UTILIZANDO UNA ESTACION REMOTA



**Agradecemos, en todo lo que vale, a nuestros profesores, por sus enseñanzas durante nuestra formación universitaria. Y a todas las personas que nos proporcionaron los medios (equipo, instalaciones, bibliografía, etc.) necesarios para la elaboración de este trabajo.**

**Agradecemos también al Ing. Alejandro Ramírez Lozada, asesor de nuestra tesis por su colaboración importante.**

**Los integrantes de este equipo de tesis.**

## CAPITULO I

## ENLACE DE ULTIMA MILLA

Durante los últimos años las redes de transmisión de datos han producido un gran impacto social de enormes consecuencias. Estas presentan enormes ventajas para los usuarios, como es el intercambio de información con sitios remotos.

La red pública de transmisión de datos VSAT se presenta como una alternativa a esta necesidad, la cual además de permitir el intercambio de información presenta una alta velocidad para la transmisión, capacidad de ancho de banda, flexibilidad para configurar la red, sofisticados manejadores de red, bajo costo y un control de inicio y fin de sesiones. En este capítulo se presentan los cuatro medios de transmisión utilizados para realizar el enlace entre el usuario y la red VSAT como son modem telefónico, radio enlace, microondas y fibra óptica. Figura 1.1

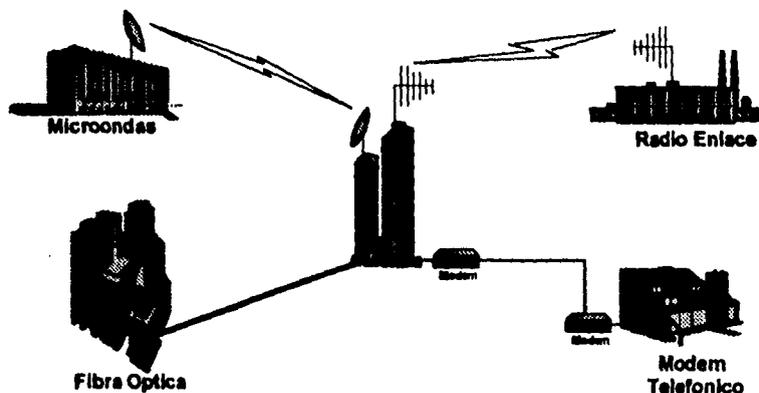


Figura N° 1.1

## 1.1 MODEM TELEFONICO

Actualmente existen dos campos de la tecnología que van a cambiar nuestra forma de vida: la evolución del sistema telefónico y el uso cada vez mayor de las computadoras personales. Mediante estas tecnologías, cualquier persona o compañía que pueda combinarlas con el uso del modem podrá intercambiar datos e información, así como acceder bases de datos remotas.

El sistema telefónico analógico actual no puede soportar los cambios de voltaje continuos requeridos para la transmisión digital de datos. Los teléfonos están contruidos para transportar la información contenida en la voz humana. Por ello los datos digitales deben ser modulados para poder ser transmitidos por un canal telefónico y recuperarlos en el otro extremo por medio de un receptor, mediante la demodulación de esta señal. Los modems se encargarán de convertir señales digitales 1's ( 5 volts CC nominales) y 0's ( 0 volts CC nominales ) en señales dentro del rango de la frecuencia de voz. A esta conversión se le denomina modulación, el cambio de estas señales a niveles digitales en el otro extremo de la línea de telecomunicaciones se le conoce como demodulación. El dispositivo capaz de realizar las conversiones de modular y demodular se le denomina MODEM.

### 1.1.1 Sistema de Transmisión de Datos

El sistema de transmisión de datos es aquel sistema capaz de transmitir información (texto, datos numéricos, magnitudes, imagenes, etc.) en la cual las estaciones terminales (originador y destinatario) están constituidas por equipo de cómputo (servidores, puentes, ruteadores, tableros de control, impresoras, etc.).

El objetivo del sistema de transmisión de datos es interconectar distintos DTE's (Equipo terminal de datos) para que compartan sus recursos e intercambien datos.

Como se muestra en la figura 1.2 el sistema de transmisión de datos esta constituido por una serie de elementos que a continuación se describen.

DTE.- Sus siglas significan (Data Terminal Equipment) Equipo Terminal de Datos, y alude en forma genérica a la máquina que utiliza el usuario final, esta puede ser un gran computador o una máquina muy pequeña como una terminal o una microcomputadora.

DCE.- Sus siglas significan (Data Comunication Equipment) equipo de comunicación de datos; su objetivo es conectar los equipos DTE's a la línea o canal de comunicaciones mediante la transformación de las señales portadoras de información que van a ser transmitidas por el DTE, en otras que van a contener la misma información, más algunas necesarias para los DCE. Un ejemplo de ellos es el modem.

Interfaz.- La interfaz especifica la interconexión entre dos equipos o sistemas con funciones distintas. Esta especificación se refiere al tipo y función de los circuitos de interconexión, así como al tipo y forma de las señales intercambiadas por estos circuitos.

---

Medio.- También se le conoce como enlace físico, y su objetivo es unir los DCE's, si la distancia entre ellos es grande, puede requerirse que el enlace entre estos se establezca mediante una red de telecomunicaciones, lo cual puede ser la red telefónica o una red de datos como VSAT.

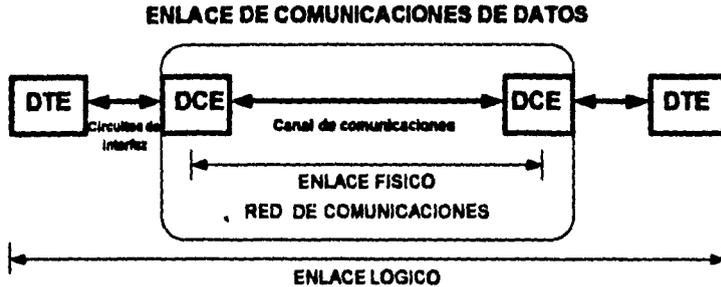


Figura Nº 1.2

### 1.1.2 Tipos de Transmisión

La forma en que se pueden intercambiar los datos entre los diferentes dispositivos puede llevarse a cabo mediante una transmisión en Serie o en Paralelo.

Transmisión de datos en paralelo.- En este tipo de transmisión los bits de una palabra o carácter se transmiten simultáneamente, se puede transmitir un código de 8 bits el cual representa un elemento de información. Internamente, las computadoras transfieren datos en paralelo utilizando el bus de datos, esto lleva a una mayor complejidad del medio y una mayor velocidad. Los datos son enviados de acuerdo con esta señal y el dispositivo receptor utiliza este reloj para sincronizar la información enviada en paralelo. La figura 1.3 muestra un ejemplo de este tipo de transmisión.

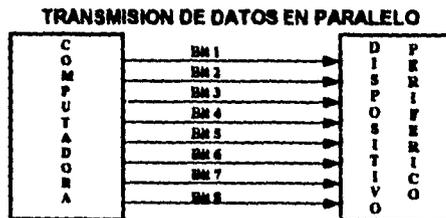


Figura Nº 1.3

Transmisión de datos en serie.- En este tipo de transmisión los datos son transmitidos bit por bit, los bits de datos pasan por el canal de uno en uno, en un orden determinado. Para transferir datos con un interfaz paralelo se necesitan como mínimo 11 conductores sin incluir las señales de control, mientras que en un interfaz serie se necesitan tres sin incluir las señales de control. La figura 1.4 muestra este tipo de transmisión.

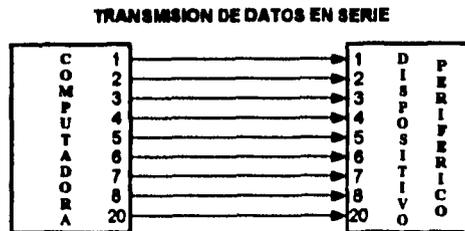


Figura N° 1.4

### 1.1.3 Modos de Operación

Los modos de operación permiten intercambiar datos a través del canal entre los DCE y los DTE. Estos modos de operación se explican a continuación.

a) Modo Simplex.- La información se transmite en un sólo sentido, sin poder transmitirse en sentido opuesto, los papeles del transmisor y el receptor son fijos, este tipo de transmisión es utilizada en radiodifusión y televisión comercial.

b) Modo Half-Duplex.- También llamada semiduplex, la transmisión tiene lugar en ambos sentidos pero no simultáneamente, con lo cual los papeles del transmisor y receptor se invierten cuantas veces sea necesario hasta completar el intercambio de información. Esta forma tiene el inconveniente de una gran demora por inversión de línea. En este modo de operación se pueden utilizar 2 o 4 hilos, este modo de transmisión es utilizado en sistemas del tipo pregunta/respuesta como en el caso de las terminales.

c) Modo Full-Duplex.- También llamada Duplex integral, en este modo de transmisión, la información puede ir por las líneas en ambos sentidos simultáneamente. Estos tipos de sistemas son utilizados en las aplicaciones que exigen un empleo constante de canal y un tiempo de respuesta rápido. La figura 1.5 nos muestra los diferentes modos de operación.



Figura N° 1.5

### 1.1.4 Configuración de las Líneas

La configuración física en que pueden conectarse dos modems para transmitir datos puede ser de dos formas.

a) Línea a 2 hilos.- Se dice que una línea de transmisión esta constituida a 2 hilos cuando en su recorrido utiliza un sólo circuito constituido por un par de alambres para transmitir y recibir información. Este tipo de enlace se encuentra disponible dentro de la red telefónica y los modos de transmisión utilizados son el simplex y el half-duplex.

b) Línea de 4 hilos.- Se dice que una línea de transmisión esta constituida a 4 hilos cuando en su recorrido utiliza dos circuitos constituyendo estos dos pares de alambres (4 hilos). En este tipo de circuitos puede enviarse información en ambos sentidos simultáneamente. Son utilizados para el modo de transmisión Full-duplex. La figura 1.6 muestra la configuración expuesta.

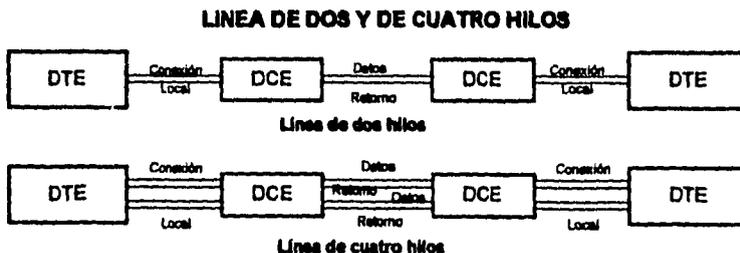


Figura N° 1.6

### 1.1.5 Tipos de Líneas de Transmisión Telefónica

Las líneas de transmisión telefónica que existen son dos: la red automática conmutada y la línea privada o con conmutación exclusiva.

a) Red Conmutada.- La red de transmisión conmutada consiste en un conjunto de medios de transmisión que permiten la comunicación temporal entre dos estaciones que deseen comunicarse entre sí. Existen actualmente dos tipos de redes conmutadas las cuales son: la línea conmutada que trabaja en tiempo real; en la estación o central de conmutación establece la conexión entre las dos estaciones pasando el mensaje directamente. La red de conmutación de almacenamiento y retransmisión, donde la central transmite, almacena, y retransmite los mensajes que se envían por la red, una de las redes conmutadas más importante es la telefónica.

b) Línea Privada.- La línea privada se utiliza cuando la velocidad de transmisión, la utilización de la línea, el modo de transmisión y otras características así lo requieren: Las líneas privadas suelen ser de gran utilidad para aquellos usuarios que no puedan permitirse el retardo que supone establecer una conexión, o que no pueda tolerar que la llamada se bloquee si todas las líneas se encuentran ocupadas, además el usuario que ocupe la línea varias horas de enlace puede ahorrar bastante dinero utilizando una línea de dedicación exclusiva. Una vez determinada la ruta que une las dos estaciones de datos se deberán seleccionar los medios de transmisión individualizados que una vez enlazados en forma rígida y permanente constituyen línea requerida. La línea privada tiene dos tipos de configuraciones posibles: Punto a punto y Red de uso privado.

Conexión Punto a Punto.- Este tipo de conexión se realiza cuando el usuario contrata un circuito que deberá enlazar dos puntos fijos. Figura 1.7. Sus principales ventajas son las siguientes:

- Disponibilidad inmediata, con lo cual no se necesita un procedimiento para conseguir la entrada a la red.
- Están libres de bloqueos, es decir, los ruidos e interferencias producidos por los circuitos de conmutación se reducen.
- Soporta un mayor volumen de tráfico.

Las principales desventajas de este tipo de conexión son las siguientes:

- El costo de este tipo de líneas es elevado si el tráfico no es elevado.
  - Si el usuario desea comunicarse con otros computadores de otra red deberá invertir en los medios de transmisión.
-

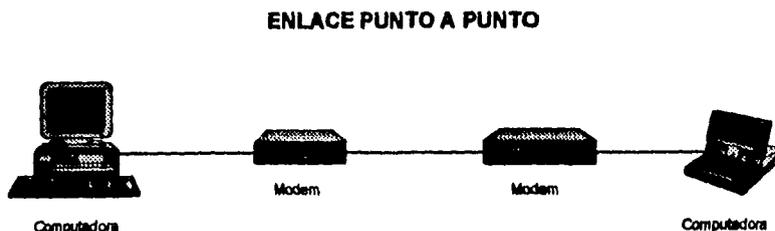


Figura N° 1.7

**Red de uso privado.-** Si el usuario de una conexión punto a punto no desea utilizar una sola línea para una sola terminal, sino desea compartirla con otras terminales, deberá utilizar en ese momento una red de uso privado. Se entiende como red de uso privado aquella red que esta constituida por circuitos de conmutación y concentración facilitados o autorizados por Telmex.

En este tipo de redes el usuario es el que crea su propia red de comunicaciones, siendo el propio usuario el responsable de la complejidad de la misma, utilizando para ello múltiples derivaciones del circuito principal que pueden ser utilizadas simultáneamente por todas las terminales como es el caso del multiplexaje.

### 1.1.6 Modos de Transmisión

Muchos computadores y terminales se comunican entre sí, por consiguiente en este tipo de dispositivos la sincronización adquiere una gran importancia, para conseguirla se utilizan dos convenios de organización de datos: modo síncrono y asíncrono.

**a) Modo de transmisión Asíncrono.-** En este modo de transmisión, cada byte de datos incluye señales de arranque y de parada, o lo que es lo mismo, señales de sincronización al principio o al final, por lo cual a este modo de transmisión también se le conoce como transmisión de arranque y paro. El dispositivo transmisor puede enviar un byte en cualquier momento y el receptor lo acepta, cada byte o carácter se sincroniza mediante sus propios bits de arranque y paro, estos permiten que el equipo receptor se sincronice con el transmisor. Los bits de arranque y parada no son otra cosa que señales específicas y únicas que el dispositivo receptor es capaz de reconocer.

La transmisión asíncrona se basa en la existencia de una base de tiempos en el receptor igual a la del transmisor. La sincronización del bit se realizará iniciando el reloj del receptor en el instante en que comienza el bit de arranque. En este tipo de transmisión se emplea bastante, ya que las interfaces de los DTE y los DCE son sencillos y económicos. Figura 1.8

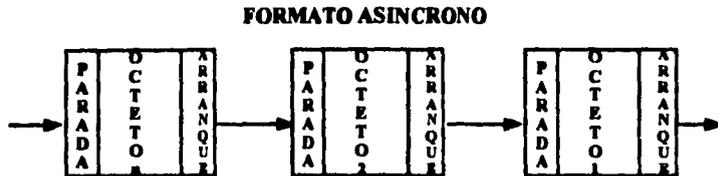


Figura N° 1.8

b) Modo de transmisión síncrono.- El modo de transmisión síncrona es el que emplea canales separados de reloj, en este modo de transmisión se suprimen las señales intermitentes de arranque y parada que acompañan a cada carácter. Las señales preliminares son llamadas ahora byte de sincronización o banderas, estos bytes son utilizados para notificar al receptor que un mensaje esta llegando, estos caracteres proporcionan un patrón, el cual permite al receptor asegurar los caracteres de datos. El reloj de la estación receptora se utiliza para determinar la frecuencia de muestreo de la señal, el reloj va a permitir la sincronización de los dispositivos, cuando se enlacen tanto el transmisor como el receptor. Figura 1.9

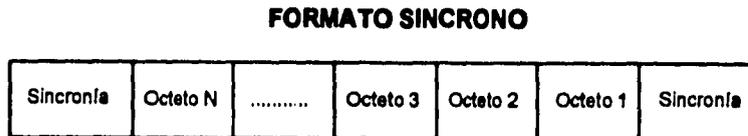


Figura N° 1.9

### 1.1.7 Interfaz

Un interfaz de comunicaciones es un elemento que permite la conexión física entre DTE y un DCE, estos suelen conectarse mediante una interfaz estándar RS-232. Para interconectar dos dispositivos físicamente se pueden utilizar varios hilos, estos son los llamados circuitos de interfaz. Los circuitos de interfaz tienen como funciones básicas permitir comandar el intercambio de señales entre el DCE y la red, con el objeto de establecer, mantener y liberar las conexiones físicas entre el DTE y la red.

Las comunicaciones de datos utilizan un procedimiento ordenado de datos para asegurarse que estos se transmiten sólo cuando la parte receptora está preparada para ello. La computadora tiene que asegurarse de que el modem transmisor, la línea telefónica y el receptor estén listos antes de iniciar la transmisión. Para asegurarse de ello incluye algunas señales de control. Cada señal de control indica una condición Si/No en el interfaz.

Aunque los conectores DB-25 tienen 25 pines, actualmente solo se utilizan nueve de ellas. Estas nueve señales están relacionadas en la siguiente tabla.

MNEMONICO	NOMBRE	ORIGEN	NUMERO DE PATILLA	V.24 CCITT
TXD	Transmitted data	PC	2	103
RXD	Received Data	Modem	3	104
RTS	Request to Send	PC	4	105
CTS	Clear to Send	Modem	5	106
DSR	Data Set Ready	Modem	6	107
SG	Signal Ground	N/D	7	102
CD	Carrier Detect	Modem	8	109
DTR	Data Terminal Ready	PC	20	108
RI	Ring Indicator	Modem	22	125

La mayoría de los cables utilizados para conectar un puerto de 25 pines de una PC a un modem tienen una configuración uno a uno, es decir, el contacto 2 de un extremo se conecta con el contacto 2 del otro, el 3 con el 3 y así sucesivamente.

A continuación se explican algunas de las funciones de estas señales:

**DTR.-** La computadora utiliza DTR para indicarle al modem que está activada, el software está cargado, y está lista para comunicarse.

**DSR.-** El modem local le indica a la computadora que está activo y conectado a una línea telefónica en modo normal y no en modo de prueba.

**CD.-** Indica que el modem remoto está en línea y preparado para intercambiar datos. Esta señal va del modem local hacia la computadora. también se le conoce como DCD.

**RI.-** El modem indica la presencia de una llamada en línea.

**RTS.-** La computadora le pregunta al modem si está listo para transmitir datos.

**CTS.-** El modem le indica a la computadora que puede empezar a transmitir datos.

**TXD.-** Datos enviados desde la computadora hacia el modem para su transmisión.

**RXD.-** Datos recibidos por el modem desde el modem remoto y enviados a la computadora.

## 1.2 RADIO ENLACES

Los transmisores y receptores de radio frecuencia proveen de una alta flexibilidad para la comunicación de datos con procesos. Los sistemas de radio enlace son sistemas de bajo costo, confiables y tiene la ventaja adicional de permitir una rápida respuesta.

Los sistemas de radio enlace son usados en sistemas de seguridad, campos petroleros, instalaciones de bomberos y llamadas de emergencia por nombrar algunos de los ilimitados usos de estas unidades. Los datos pueden ser recibidos desde una localidad remota en la cual no se permite el uso de los medios guiados. Otro uso común es el de la transmisión de datos de una terminal de computadora a otra. En resumen, los sistemas de radio enlace proveen de un sistema flexible, efectivo y de bajo costo para la transmisión de información.

### 1.2.1 Tipos de Enlace

Los sistemas de comunicación de radio enlace son normalmente punto a punto ó multipunto. Los radio modems cuando son utilizados para aplicaciones punto a punto, normalmente operan en modo Full-duplex (transmisión y recepción de datos simultánea). En la figura 1.10 se muestra un bloque simplificado de un sistema punto a punto

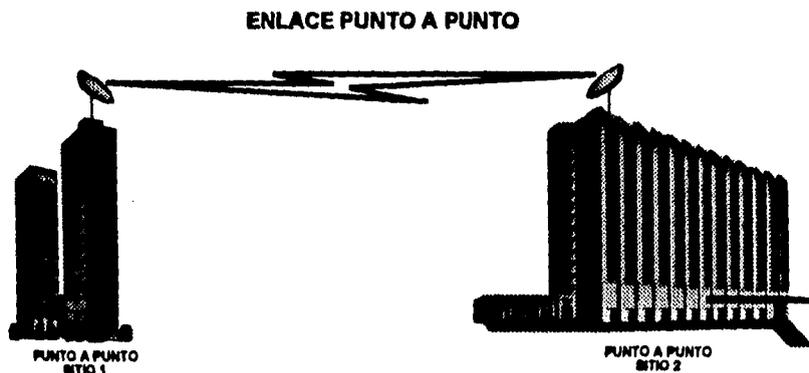


Figura N° 1.10

En aplicaciones punto a multipunto, se tiene un modem central de comunicaciones con sus diversos modems remotos. Los radio modems reemplazan las líneas privadas, así como a sus correspondientes modems telefónicos. En la figura 1.11 se muestra un bloque simplificado de un sistema multipunto. El modem central transmite a todos los modems remotos simultáneamente y el modem remoto responde a la transmisión del modem central. El poleo es controlado por la computadora Host o por el FEP (Procesador Frontal) en el modem central.

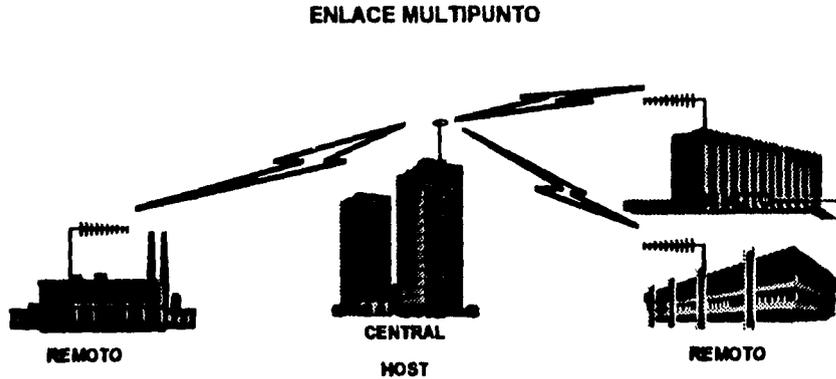


Figura N° 1.11

Los radio modems reciben y transmiten datos desde una interfaz RS-232 hacia otra interfaz RS-232 localizada en el otro modem. Los radio modems aceptan transmisiones síncronas de datos a 1200, 2400, 9600 y 19200 bps, y transmisiones asíncronas a 1200, 2400 y 4800 bps. No existen restricciones sobre el largo de la palabra o la paridad. Los radio modems no se encargan de verificar el contenido de los datos, los bits con errores o la información de control.

Los radio modems en sistemas multipunto trabajan en la banda de frecuencia de 952/928 y 959/928 MHz y en los sistemas punto a punto en las bandas de frecuencias 956/953 y 941/932 MHz.

En un sistema punto a multipunto, el modem central es considerado el modem maestro. Los usuarios de la computadora Host del FEP en el modem central controlan la red. El poleo de una RTU (Remote Terminal Unit) con su correspondiente modem determina si se tiene algún mensaje que enviar, o se podría seleccionar una RTU para recibir un comando o un mensaje. La figura 1.12 muestra la secuencia típica de poleo entre un Host y una RTU

El poleo es iniciado por el Host o por el FEP enviando por el puerto la señal de RTS y esta señal es transmitida hacia el modem central. Los radio modems envían la señal de CTS lo cual permite al Host enviar un mensaje de poleo a todas las estaciones remotas. Si el sistema es 'Half-Duplex', el 'Host' disminuye la señal de RTS cuando se termina el poleo, lo cual permite al modem central recibir una respuesta desde una estación remota. Si el sistema es "Full-Duplex", el modem central transmite continuamente.



Figura N° 1.12

### 1.2.2 Repetidores

Dos radio modems son utilizados como repetidores cuando no es posible tener una línea de vista adecuada o cuando la distancia entre dos estaciones es demasiado extensa para la confiabilidad del sistema.

a) Operación Full-Duplex para sistemas Punto a Punto.- Dos radio modems se encuentran configurados en el modo de operación Full-Duplex como se muestra en la figura 1.13. Los dos modems cuentan con una antena direccional; la transmisión de ambos modems puede ser afinada si se conecta la línea RTS de un modem a la línea CD del otro modem. El reloj recibe (RXCLK) y produce la línea de datos (RXD) de cualquier modem en el repetidor que este conectado al reloj externo (EXTCLK) y el recibe la línea de datos (TXD) respectivamente del otro modem. Transfiere datos que se pueden estar produciendo en ambas direcciones de transmisión simultáneamente.

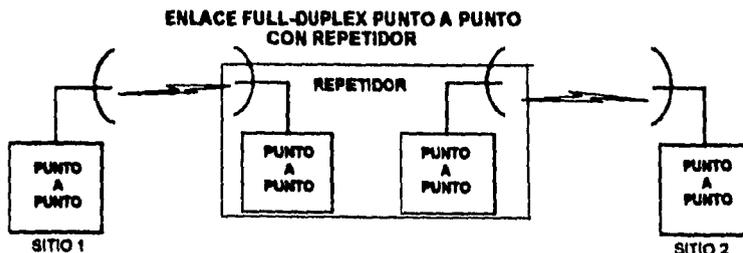


Figura N° 1.13

b) Operación Half-Duplex para un sistema multipunto.- Para operar un radio modem en un sistema multipunto como repetidor, el modem central es configurado como repetidor y el modem Host como modem remoto. Con esta configuración, el sistema como repetidor multipunto opera siempre como Half-Duplex.

Cuando la computadora Host patea a un sitio remoto, el modem lógico central es el que se encarga de llevar esto a cabo. El mensaje es enviado al modem central (repetidor) el cual se encarga de transmitir el mensaje a todos los modems remotos. El modem remoto se encarga de enviar un mensaje de reconocimiento a el Host vía el modem central (repetidor).

c) Operación Full-Duplex para sistemas multipunto.- En este tipo de sistemas es necesario utilizar dos modems en el sitio en donde se desea realizar la repetición, como se muestra en la figura 1.14.

El enlace del Host al repetidor es un enlace punto a punto y cada modem cuenta con una antena direccional. El otro modem con que cuenta el repetidor es el modem central, el cual consta de una antena omnidireccional. Todos los modems remotos utilizan antenas direccionales para la transmisión y recepción de datos.

Cuando un mensaje desde el Host es recibido por el modem del repetidor, este mensaje es transferido al modem central para su retransmisión a los sitios remotos. El modem adecuado se encargará de responder al Host.

Los datos pueden ser transferidos simultáneamente en ambas direcciones entre un sitio remoto y Host vía el modem central y el enlace punto a punto.

El transmisor del modem central puede tener una clave todo el tiempo o puede tener una clave cuando el Host desea enviar datos y conectar la línea RTS del modem central a la línea CD del enlace punto a punto en el repetidor.

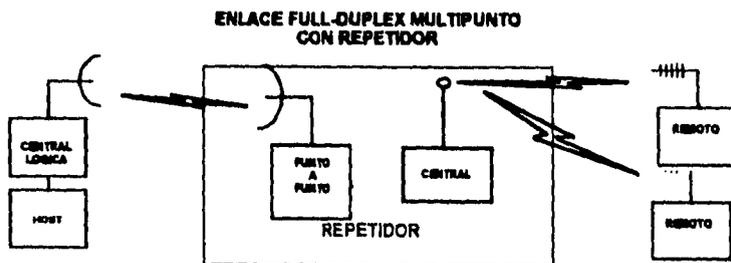


Figura N° 1.14

### 1.3 MICROONDAS

Un sistema de microondas es aquel que utiliza el espacio como medio físico de transmisión. La información es transmitida a través de ondas de radio de corta longitud. Pueden direccionarse múltiples canales a múltiples estaciones dentro de un enlace dado, o pueden establecerse enlaces punto a punto.

Entre las especificaciones más importantes de un sistema de microondas se encuentra la velocidad de transmisión expresada en términos de bits por segundo, dentro de los sistemas de capacidad más baja están los que transmiten a 1 millón de bits por segundo, mientras algunos de los sistemas más rápidos transmiten en el orden de 300 millones de bits por segundo.

El sistema con que se cuenta en la red VSAT tiene una velocidad de transmisión de 2,048 Mb/s, la frecuencia de operación es de 18.58 a 19.16 GHz, la potencia de salida (en el punto de acceso de la unidad de RF) es de +13 dBm (20 mW). La estabilidad de frecuencia es de más menos 0.003%.

El enlace de transmisión de la red VSAT, vía microondas consiste en dos terminales, una de las cuales será la del usuario y la del otro extremo será la que se encuentra en la estación maestra de VSAT. Cada terminal consiste en una unidad de RF, un modem digital y una antena parabólica de alto rendimiento. La unidad de RF se instala directamente en la parte posterior de la antena, la antena se encuentra montada en un mástil, encima de una torre. La unidad de radio frecuencia se conecta a la unidad de modem, ubicada en la sala de radio por medio de un cable Heliacx. Este cable se encarga de conducir todas las señales eléctricas entre el modem y la unidad de RF, incluyendo la energía y las señales de alarma, de esta manera no se necesita ningún cable adicional. El modem y la unidad de RF se pueden instalar con una separación de hasta 300 metros (1000 ft), cada equipo terminal esta provisto de una entrada de -48 V de cc para el modem. Dicho enlace se muestra en la figura 1.15.

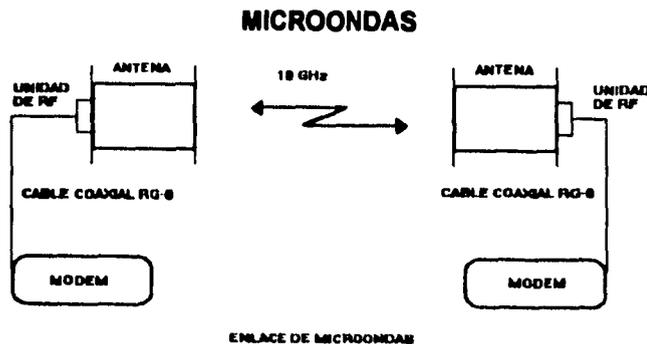


Figura N° 1.15

### 1.3.1 Modem

El modem esta diseñado para su funcionamiento bajo techo , esta unidad convierte las señales digitales de entrada de usuario a señales analógicas, codifica y modula la señal para que pueda ser transmitida. El circuito de recepción del modem amplifica y demodula la señal, recupera la portadora y la señal de reloj, decodifica los datos y envía las señales digitales al equipo terminal usando una velocidad de transmisión digital estándar.

**Vía de transmisión-** La vía de la señal de transmisión comienza con la(s) entrada(s) bipolar(es). La señal se convierte de bipolar a analógica, esta conversión es necesaria para que la señal pueda ser procesada por los circuitos electrónicos del modem después de la conversión. Un detector busca los niveles correctos de la señal de entrada.

Todas las entradas de canal son combinadas por el multiplexor para formar una señal con velocidad combinada y correcta de bits, en seguida, la señal es codificada y procesada en preparación para la modulación. La señal se codifica por dos razones: Para poder dispersar la energía de la señal dentro de un ancho de banda definido. Para proveer al usuario de una selección de varios códigos secretos para la seguridad de la transmisión y el rehuso de frecuencia en redes de saltos múltiples. Los interruptores de opciones del sistema, localizados en el panel posterior del modem pueden seleccionar uno de los tres códigos secretos disponibles.

La señal ya codificada se modula para combinar la señal digital de mensajes con la señal portadora dentro del ancho de banda específico para la transmisión. Un oscilador establece la frecuencia intermedia (FI) de transmisión para enviar la señal modulada por medio del cable Heliac desde el modem hasta la unidad de radio frecuencia (RF), la señal modulada pasa al diplexor de FI a través de un Filtro y una vez ahí, sube por el cable Heliac hasta la unidad de RF. El diplexor de FI utiliza dos filtros de paso banda para separar la FI de transmisión de la recepción y dirigir cada señal de FI hasta los circuitos apropiados.

**Vía de recepción.-** La vía de la señal de recepción es esencialmente en sentido opuesto a la vía de transmisión de la señal de transmisión baja por el cable Heliac desde la unidad de RF y entra a través del diplexor de FI, a los circuitos electrónicos que procesan la señal de recepción. El filtro de paso banda de 70 MHz del diplexor envía la señal de recepción a los circuitos electrónicos del lado de recepción. La señal pasa a través de una serie de amplificadores en los circuitos de control automático de ganancia, el cual mantiene el nivel constante de entrada al demodulador, la señal se demodula para extraer el mensaje digital que lleva la señal portadora modulada. Las señales de datos y de reloj son recuperadas de la señal demodulada.

### **1.3.2 Unidad de Radio Frecuencia (RF)**

La unidad de RF contiene la generación de microondas, amplificación de señales, conversión de frecuencia y circuitos duplex para la antena. Esta unidad esta diseñada para instalarse a la intemperie y esta montada directamente sobre la parte posterior de la antena. Un cable heliax semirígido de corta longitud conecta la unidad de RF al alimentador de la antena por medio de un adaptador de guía de onda. La unidad de RF esta conectada al modem por medio de un cable coaxial.

**Vía de transmisión.-** El procesador de FI sirve como enlace de comunicaciones entre el modem y la unidad de RF, además detecta fallas de los componentes dentro de la unidad de RF y envía una alarma a la unidad modem. La señal del modem es procesada, amplificada por el circuito de control automático de nivel y aplicada al convertidor ascendente. El convertidor ascendente mezcla la señal de transmisión ya procesada con la señal de 18 GHz procedente del oscilador de fase enclavada para convertirla en la frecuencia deseada de 18 GHz para transmisión. La señal pasa a través de un filtro en el convertidor ascendente para remover cualquier componente indeseado y en seguida se amplifica en las configuraciones de potencia de salida estándar. La señal pasa directamente a la antena a través del filtro de paso banda de transmisión y del circulador en la configuración de salida de alta potencia del sistema, el amplificador opcional de potencia amplifica 10 dB la señal proveniente del convertidor ascendente, la señal pasa a la antena a través del filtro de paso banda de transmisión y del circulador

**Vía de recepción.-** La señal de 18 GHz procedente de la antena se dirige a los circuitos correspondientes por medio del circulador y del filtro de paso banda de recepción. La señal es amplificada por el amplificador de bajo nivel de ruido y luego pasa al convertidor descendente.

El convertidor descendente cambia la frecuencia de la señal recibida a la frecuencia intermedia (FI) en dos etapas. La primera FI es mezclada con la señal de 18 GHz y después a la FI de 70 MHz mezclándola con la salida del oscilador de referencia, estas dos conversiones se efectúan dentro del módulo del convertidor descendente. La señal de recepción de 70 MHz se procesa entonces en el procesador de FI y pasa al modem a través del cable Heliax.

### **1.3.3 Ruido**

Un problema de mayor importancia para los ingenieros en comunicaciones es la interferencia constante del ruido que siempre será inevitable. El ruido se define como un fenómeno físico variable que no contiene en apariencia información y que puede

---

superponerse o combinarse con una señal útil. El ruido se refleja directamente en la calidad de la señal.

El ruido total en un sistema de microondas se puede dividir en dos partes:

e) Ruido básico.- Se genera en el equipo independientemente de la modulación y se subdivide en:

- Ruido de propagación.- Se genera por fuentes ajenas al sistema, como es el ruido cósmico, ruido por variaciones atmosféricas o por interferencias de microondas o transmisores.

- Ruido térmico.- Se genera principalmente en la entrada del receptor y depende del ancho de banda, la temperatura y el factor del receptor. Para compensar las posibles desvanecimientos de la señal, se dispone siempre en el receptor de un circuito de control automático de ganancia, el cual mantendrá la señal a un nivel constante dentro de cierto rango. El ruido térmico tiene una distribución uniforme sobre todo el espectro de frecuencias y se denomina ruido blanco debido a que se compare con la luz blanca la cual incluye todas las frecuencias del espectro visible.

b) Ruido de intermodulación.- Aparece cuando el sistema transmite señales de información y se subdivide en:

- Ruido del modulador y demodulador.- Se genera por las distorsiones de la señal debido a las no linealidades en los circuitos.

- Ruido de la frecuencia intermedia.- Se debe a retardos de fase en el amplificador de FI y en circuitos de frecuencia intermedia.

- Ruido de las líneas de transmisión.- Es producido por reflexiones y distorsiones de la señal de alta frecuencia en las guías de onda y en los radiadores de las antenas.

## 1.4 FIBRAS OPTICAS

Ante la creciente demanda y la necesidad de hacer más eficiente la comunicación, las compañías telefónicas fueron las pioneras en experimentar utilizando cables de fibra óptica para la transmisión de señales. Los resultados obtenidos en un principio no fueron alentadores; pese a ello, la esperanza de lograr una comunicación casi perfecta no fue abandonada.

A este desarrollo siguió una serie de experimentos, hasta que, en 1967, las pérdidas en fibras fueron reportadas en 1000 dB/Km. En 1970, Kapson, Keck y Mauren anunciaron un importante progreso con fibras de menos de 20 dB/Km de atenuación. En la actualidad existen fibras ópticas con pérdidas de 0.15 dB/Km, a una longitud de onda de 1500 nm y de menos en experimentación. El desarrollo de fibras ópticas ultradelgadas y de bajas pérdidas, capaces de transmitir ondas de luz a grandes distancias, constituyen uno de los avances más importantes de los últimos tiempos en este campo.

Además de los adelantos en la fabricación de las fibras ópticas, los fabricantes de equipos de telecomunicaciones ofrecen transmisores y receptores que introducen en su constitución una generación totalmente nueva de dispositivos ópticos compactos, capaces de guiar con gran precisión la luz de un LASER; por lo que la obtención de microcircuitos ópticos es ya una realidad.

### 1.4.1 Estructura

El mecanismo de transmisión de la luz a lo largo de una fibra óptica se basa en la reflexión interna total, que ocurre cuando un haz de luz emerge de un medio denso a uno menos denso. Su principio de operación se explica físicamente a partir de la teoría electromagnética y la óptica geométrica, que describe el comportamiento de la luz dentro de la fibra.

**Estructura Física.**- Una fibra óptica, es un filamento dieléctrico generalmente de forma cilíndrica, empleado como guía de onda para la conducción de energía luminosa en forma de ondas electromagnéticas a longitudes de onda específicas.

En su estructura más simple la fibra óptica está compuesta de tres capas concéntricas figura 1.16:

- 1) Núcleo.- Es la región central donde viaja la luz a través de la fibra.
- 2) Revestimiento.- Es la capa que rodea al núcleo y actúa como zona reflectora enviando la luz al centro de la fibra, atrapandola dentro del núcleo
- 3) Envoltura.- Es una capa adicional de protección.

### 1.4.2 Clasificación de las Fibras Opticas

Las fibras ópticas son de tipo monomodo y multimodo, dependiendo de la forma de propagación que presenten. Los rayos de luz son conducidos a través del núcleo debido

---

a la diferencia en índices de refracción del núcleo y revestimiento. El índice de refracción puede disminuir del revestimiento al núcleo por pasos; o hacerlo gradualmente.

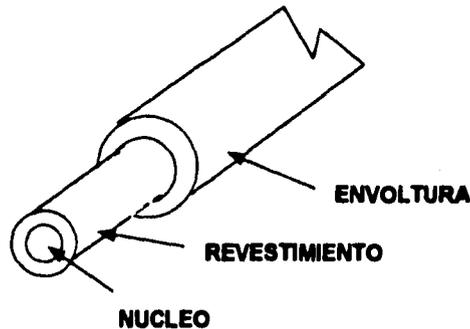


figura N° 1.16

**Fibras Monomodo.-** En estas fibras el índice de refracción del núcleo es constante, tiene un sólo modo de propagación, pues permite que la luz viaje a través de una sola trayectoria a lo largo del núcleo, evitando la dispersión modal. Las dimensiones del núcleo son mucho menores que el revestimiento (por ejemplo: 10/125  $\mu$ m) figura 1.17.

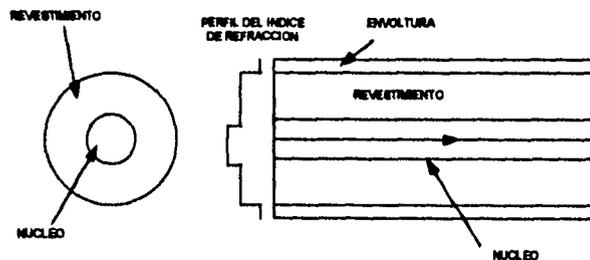


figura N° 1.17

**Fibras Multimodo.-** Pueden ser fibras de índice escalonado y fibras de índice gradual.

**Fibras de índice escalonado.-** El núcleo de estas fibras está constituido de un índice de refracción constante, rodeado por un revestimiento. El índice del revestimiento siempre es menor que el del núcleo con el que hace frontera, figura 1.18.

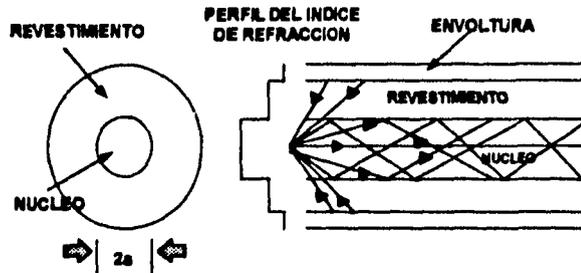


figura N° 1.18

En la fibra de índice escalonado se presentan dos tipos de rayos, los meridionales (Meridional Rays) y los rayos oblicuos (Skew Rays). Los primeros entran a través del eje de la fibra, se reflejan internamente y se propagan en un plano, figura 1.19. Los segundos no entran a través del eje, ni son paralelos a él, sino que se reflejan internamente siguiendo una trayectoria helicoidal, figura 1.20.

### RAYOS MERIDIONALES

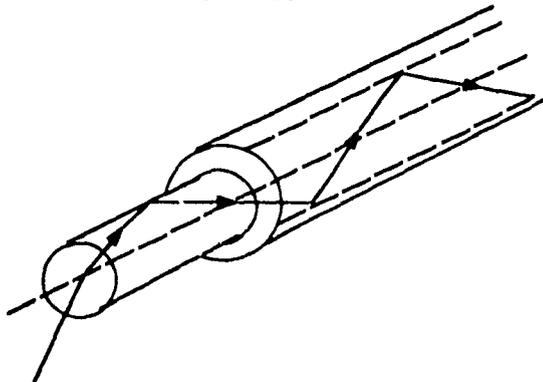


figura N° 1.19

## RAYO OBLICUO

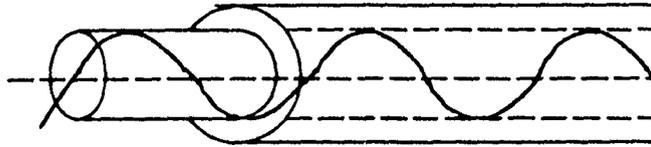


figura N° 1.20

Fibras de índice gradual.- En esta fibra, el índice de refracción del núcleo va decreciendo gradualmente en función del radio, hasta llegar al revestimiento. Debido a que el índice de refracción del núcleo decrece, los rayos de luz se van flexionando gradualmente regresando al centro del núcleo como se observa en la figura 1.21, donde 'a' es el radio del núcleo. Esto explica la razón por la que en este tipo de fibra la atenuación es menor, comparada con la fibra escalonada, donde el cambio de índice de refracción es mucho más brusco.

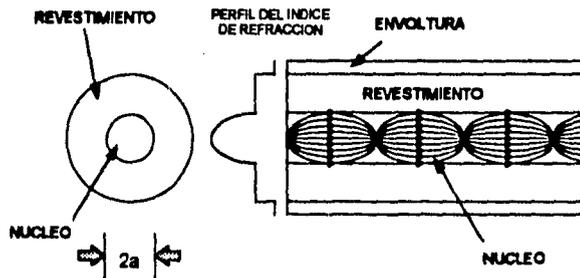


figura N° 1.21

En las fibras de índice escalonado hay un pequeño retardo entre los rayos que inciden en la fibra paralelos al eje y aquellos que lo hacen con un cierto ángulo, debido a la diferencia de distancia recorrida. Para solucionar este problema se diseñaron fibras con un núcleo cuyo índice de refracción vaya decreciendo gradualmente desde el eje hasta la frontera con el revestimiento, provocando que las sucesivas refracciones hacia el eje del núcleo hagan que ambos rayos coincidan en tiempo. Es cierto que la trayectoria que recorren los rayos que inciden con diferentes ángulos es más larga, pero debido a que su velocidad es mayor en las regiones donde el índice de refracción es

menor, compensa al recorrido haciendo que lleguen casi al mismo tiempo que los rayos axiales, figura 1.22.

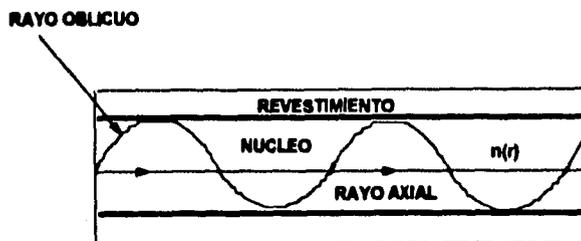


figura N° 1.22

### 1.4.3 Parámetros de la Fibra

**Apertura numérica (A.N.)** .- Es el parámetro que indica el ángulo de aceptación de la luz en la fibra, o simplemente la facilidad con que la fibra permite que la luz pase a través de ella, figura 1.23. Su valor varía de acuerdo al tipo de excitación y al modo de transmisión (analógico o digital).

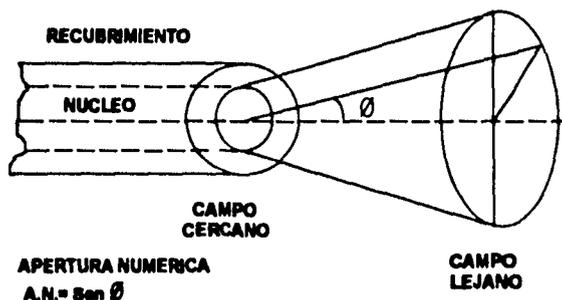


figura N° 1.23

La apertura numérica es un parámetro muy importante a considerar cuando se determinan pérdidas en la fibra, ya que es uno de los factores que contribuyen a incrementarlas.

Imaginemos una botella con un embudo. El tamaño del cono del embudo determinará la facilidad con la que se puede verter líquido en la botella, la apertura numérica se puede explicar de una manera muy similar; el tamaño del diámetro de la

fibra determina la facilidad con la que la luz puede introducirse dentro de ella.

Aperturas numéricas muy grandes se correlacionan con una alta eficiencia para su acoplamiento, permitiendo sólo pérdidas bajas en los empalmes y las conexiones.

**Atenuación.-** En la evolución de las fibras ópticas, la atenuación siempre ha representado un serio reto a vencer para obtener una alta transmisión de señal. La atenuación es un parámetro que nos indica las pérdidas de potencia luminosa a lo largo de la fibra y se mide en dB/Km a una determinada longitud de onda. Un dB (decibel) es 10 veces el logaritmo de la relación de los niveles de potencia de entrada a salida.

En un cable de alambre metálico normal, la causa principal de la atenuación es la resistencia eléctrica; en el caso de una fibra óptica, los equivalentes a la resistencia eléctrica son la absorción (conversión de luz en calor) y la dispersión. La absorción se debe a impurezas químicas y la dispersión a propiedades del material.

**Factores que contribuyen a la absorción son:**

- Absorción infrarroja, IR
- Absorción OH (hidróxido, humedad)
- Iones metálicos
- Daños por tracción
- Absorción ultravioleta, UV

**Factores que contribuyen a la dispersión son:**

- Dispersión de Rayleigh
- Fallas de homogeneidad, imperfecciones
- Irregularidades en el diámetro del núcleo, curvaturas abruptas.

**Ancho de banda de las fibras ópticas.-** Para determinar el parámetro del ancho de banda de las fibras ópticas, debemos tomar en cuenta principalmente: el aumento de los pulsos modal, intermodal y del material; la forma del perfil del índice de refracción, que en la fabricación es difícil de controlar; las microdesviaciones que sufre la fibra con el uso e instalación y por último la distribución espectral de la fuente de luz que se utilice.

La figura de dispersión modal, intermodal y del material son únicas en cada fibra fabricada y se pueden determinar controlando la forma de inyección de la luz a la fibra, la forma espectral y la amplitud de la fuente usada. Con objeto de obtener una medida comercial del ancho de banda utilizable, el fabricante elimina en lo posible los efectos de la fuente para que el comprador evalúe los efectos en función de la fuente que utilice.

## CAPITULO II

# ESTACION MAESTRA

Al hablar de 'estación maestra' nos referimos al equipo y dispositivos que efectúan la supervisión y el control central de un sistema de comunicaciones por satélite, en el que se integran otras estaciones terrenas remotas (o más pequeñas).

La estación maestra, que tratamos en particular, recibe y transmite información a través de canales satelitales. Las frecuencias que éstos canales utilizan, caen dentro del rango de frecuencias de banda Ku (11.7 a 12.2 GHz a la transmisión; 14.0 a 14.5 GHz a la recepción). La figura 2.1 muestra los subsistemas que forman la estación maestra VSAT.

(1) Subsistema de control de red y conmutación de paquetes; ejecuta la conversión del protocolo, la conmutación de paquetes y proporciona un punto central para controlar el tráfico y dispositivos de la red.

(2) Subsistema de FI (frecuencia intermedia); utiliza moduladores, demoduladores, y sus controladores asociados para convertir señales digitales a señales moduladas de FI, y viceversa.

(3) Subsistema de RF (radio frecuencia); convierte señales de FI a señales RF y de RF a FI.

---

### DIAGRAMA A BLOQUES DE LA ESTACION MAESTRA

Para la transmisión, un convertidor de subida convierte las señales de FI a señales de RF (Banda Ku) y el amplificador de alta potencia eleva la señal para encontrar la capacidad requerida para la transmisión al satélite. A la recepción, un amplificador de bajo ruido y un convertidor de bajada, se encargan de convertir la señal de RF entregada por la antena a una señal de frecuencia intermedia.

El MOD/TMCC genera la señal transmitida a todas las estaciones remotas dentro de una subred, combinando mensajes NCS y datos del usuario del conmutador de paquetes y transformando estas señales digitales a señales de FI. El DEMOD/RMCC procesa el flujo recibido de todas las estaciones dentro de una comunidad separando datos del usuario de mensajes NCS y digitalizando estas señales para el conmutador de paquetes.

El conmutador de paquetes realiza varias funciones: empaqueta y desempaqueta datos para las estaciones remotas, utiliza el host pad para realizar la conversión de protocolo y corre el software del NCS (sistema de control de la red) para monitorear y controlar la red.

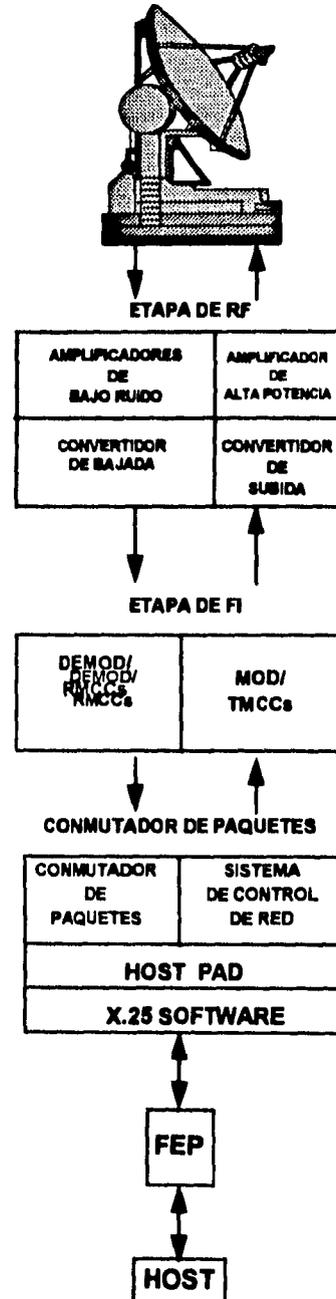


Figura N° 2.1

## 2.1 SUBSISTEMA DE CONTROL DE RED Y CONMUTACION DE PAQUETES

Las redes de computadoras son la razón primaria para la existencia del concepto de paquetes, así a modo de definición, un paquete de información es una secuencia finita de bits, dividida en una parte de control y una parte de datos, existe un encabezado en la parte de control que contiene suficiente información (direccionamiento) para que el paquete sea enrutado a su destino final.

El encabezado puede también contener parametros muy específicos del paquete. Un conmutador de paquetes en un nodo o estación es el conjunto de recursos de hardware y software que implementan todos los procedimientos dentro de la red, tales como enrutamiento, manejo de recursos y control de errores, proporciona además, los servicios de la red a través de un host.

La conmutación de paquetes utiliza circuitos existentes para transportar paquetes que contienen información necesaria para dirigir el paquete a su destino. En comunicación de paquetes, las series de paquetes pueden ser consideradas como si se movieran independientemente en la red. En consecuencia, se forman colas de paquetes esperando procesamiento y transmisión.

En el análisis de redes de conmutación de paquetes dos medidas o dos indicadores del desempeño de la misma son el retardo y algo que en ingles se conoce como 'throughput' y que es la relación de paquetes recibidos exitosamente, es decir sin error, con el total que fueron enviados; el retardo de un paquete es simplemente el tiempo entre el inicio y el término correcto de transmisión y entrega al usuario.

La función primaria de una red de conmutación de paquetes es aceptar paquetes de una estación fuente y entregarlos a una estación destino. Para lograr esto, se debe trazar una trayectoria o ruta a través de la red. Para funcionar apropiadamente una red de conmutación de paquetes cuenta, típicamente, con varios nodos interconectados.

El corazón del sistema, es un procesador de comunicaciones programable, que funciona como un conmutador de paquetes para todos los enlaces de comunicación vía satélite. Su diseño esta basado en el equipo de conmutación de paquetes X.25 terrestre. Este minicomputador típicamente tiene de una a cinco tarjetas CPU, de 4 a 16 Megabytes de memoria, un disco duro de 65 a 150 Megabytes y una unidad de disco flexible de 720 Kb (de 3.5 in).

La arquitectura del procesador soporta hasta 255 puertos host (en la estación maestra), y hasta 4 puertos para equipo del usuario en cada estación remota.

El conmutador de paquetes de este sistema maneja también (a diferencia de un equipo de conmutación de paquetes convencional), el software para control y monitoreo de la red, así también como el software especial para los PADs (ensambladores y desensambladores de paquetes) utilizados para la conversión del protocolo del usuario.

Estos PADs empaquetan datos para transferirlos a las estaciones remotas y los desempaquetan para transferirlos al host del usuario, utilizando un PAD diferente para cada protocolo del usuario manejado.

El tráfico del usuario entra al conmutador de paquetes a través del enlace del host, viaja a través de los host pads y el software de la red X.25, pasa a los manejadores de 'buses' serie, y llega al subsistema de frecuencia intermedia (FI).

El conmutador de paquetes incluye una consola para el sistema, una (o más) terminales de operador (terminales editoras), una (o más) impresoras para mensajes de alarma.

Para prevenir la pérdida total de los enlaces de comunicaciones, en un evento de falla del conmutador de paquetes, existen dos conmutadores de paquetes dentro de una configuración redundante, esto es, un conmutador de paquetes se encuentra en servicio, mientras el otro esta en espera para entrar automáticamente en caso de que el primero falle.

Ambos conmutadores de paquetes comparten una interfaz que es común a la red satélital y a los procesadores anfitriones (host processors). El chasis de expansión puede alojar hasta 16 tarjetas de canales (variando la cantidad de puertos de acuerdo al tipo de tarjeta usada).

El host o procesador frontal del usuario, y el equipo de FI (frecuencia intermedia) de la estación maestra estan conectados a puertos del chasis de expansión.

El sistema incluye el hardware y software necesario para realizar la conmutación de los dos conmutadores de paquetes redundantes.

La conmutación (entre un conmutador de paquetes y otro) se realiza al detectarse un proceso de falla, o mediante el uso de la consola del sistema lo cual implica una conmutación forzada de prueba o por mantenimiento. Dentro de uno u otro caso, la responsabilidad del procesamiento de los datos, para todos los canales de comunicación localizados dentro del chasis de expansión, es transferida del conmutador de paquetes configurado como "primario" al conmutador configurado como "secundario".

Cada procesador continuamente se monitorea así mismo y al otro, y siempre que se presenta una falla crítica, el conmutador secundario asume el control de todos los canales de comunicación, reinicializandolos y reanudando el proceso de comunicaciones.

**2.2 SUBSISTEMA DE FRECUENCIA INTERMEDIA (FI).**

El subsistema de frecuencia intermedia (FI), de la estación maestra consiste, a la transmisión, de Moduladores/Controladores de comunicaciones maestro (MOD/TMCC) y a la recepción de Demoduladores/Controladores de comunicaciones maestro (DEMOD/RMCC). Los MOD/TMCC generan señales de frecuencia intermedia (FI) para la transmisión de datos, mientras que los DEMOD/RMCC generan señales digitales para la recepción del flujo de datos (fig. 2.2).

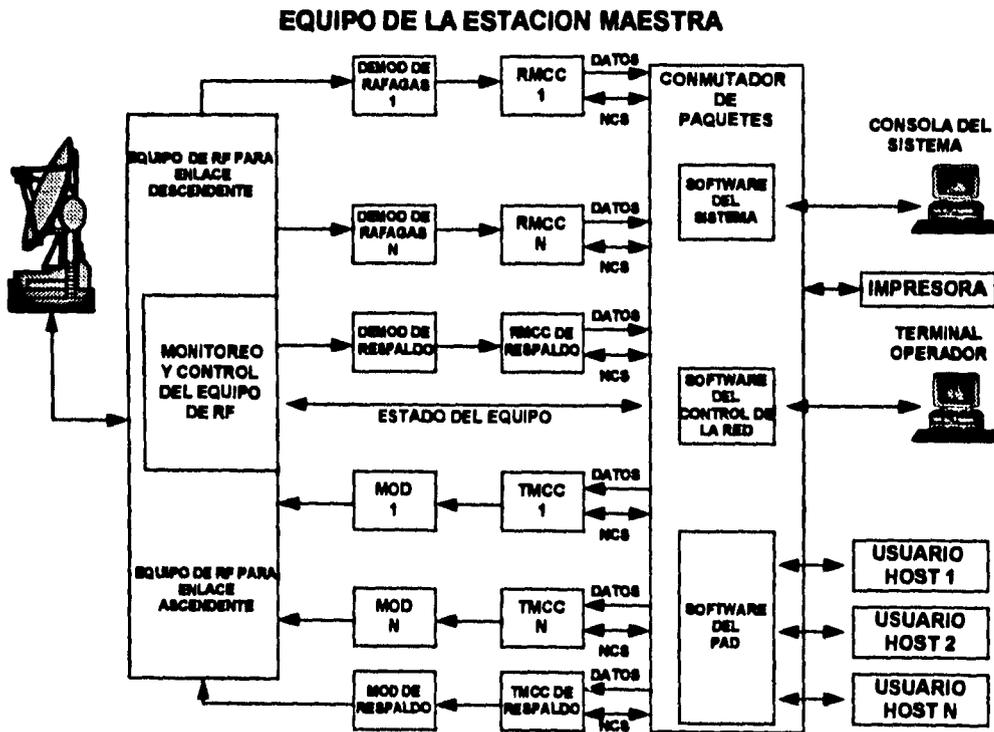


Figura Nº 2.2

Un sólo MOD/TMCC es requerido para cada enlace de salida, y un sólo DEMOD/RMCC para cada enlace de retorno. Ambos dispositivos combinan equipo de procesamiento de señal con un microprocesador de 32 bits para multiplexar y para operaciones complejas de protocolo. A continuación se muestra el diagrama a bloques del TMCC.

DIAGRAMA A BLOQUES DEL TMCC

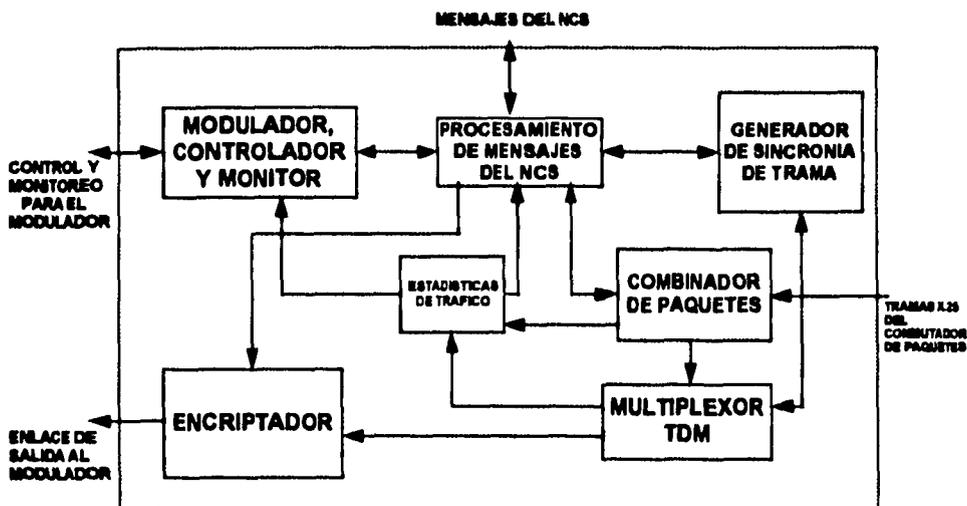


Figura Nº 2.3

Además de controlar su modulador asociado, el TMCC acepta tramas X.25 del conmutador de paquetes y las combina con mensajes de supervisión del sistema de control de la red (NCS) para enviarlos a todas las estaciones de una subred (estaciones que comparten un mismo outlink). Así también, dentro de este mismo flujo de datos del enlace de salida, el TMCC transmite marcas de inicio de tramas, para indicar a las estaciones remotas cuando empezar la siguiente trama para el enlace de retorno, la periodicidad de estas marcas SOF (start-of-frame), es determinada por el sistema de control de la red bajo la dirección del operador. (Los mensajes SOF son palabras sincronicas del multiplexor TDM dentro del TMCC).



## 2.3 SUBSISTEMA DE RADIO FRECUENCIA (RF)

El subsistema de radio frecuencia (RF) de la estación maestra, consta de:

- a) Una antena parabólica.
- b) Amplificadores de bajo ruido (LNAs).
- c) Convertidores ascendentes (upconverters), para convertir de FI a banda KU .
- d) Convertidores descendentes (downconverters), para convertir de banda KU a FI.
- e) Amplificadores de potencia (HPAs) para amplificar la señal de banda KU, y darle así la potencia necesaria para su transmisión al satélite.

### 2.3.1 Antena

La antena de la estación maestra es un disco cuyo diámetro puede variar de 4 a 8 [m] de diámetro, y se encuentra montada sobre una base fija. Su función principal es concentrar la energía en determinada dirección asegurando la adaptación entre los equipos radioeléctricos y el medio de propagación de las ondas en el espacio libre procurando que la transmisión sea lo más eficaz posible.

Las antenas son los elementos más importantes en un sistema de estación remota al estar ubicadas justamente en los puntos de entrada y/o salida de la señal del sistema, y como ya se mencionó anteriormente, de éstas depende la eficiencia que se tenga en la transmisión y/o recepción de la información.

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas (como si fuera una lente) en un punto común llamado foco (modo de recepción); así mismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación (modo de transmisión). Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en él se coloca el alimentador que por lo general es una antena de cometa (o bocina); este tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos.

Debido a que siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir algo, y la mínima en todas aquellas otras direcciones que no sean de interés, los lóbulos laterales o secundarios de radiación de la antena deben ser lo más pequeños que sea posible, para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias.

Estrictamente, la ganancia de una antena tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbra asociarla a la dirección de máxima radiación, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación; su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con el que es

iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo. Cuanto mayor es el diámetro de una antena parabólica, mayor es su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es más angosto, y los lóbulos secundarios se reducen; así mismo, si su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación, dado que "electricamente" hablando, la antena es más grande en términos de longitudes de onda.

### **2.3.2 Convertidores, Amplificadores de Potencia y de Bajo Ruido.**

Además de la antena, en la estación maestra, el equipo externo de RF (radio frecuencia) incluye amplificadores de bajo ruido (LNAs), para amplificar la señal recibida, convertidores descendentes (downconverters) para cambiar la frecuencia de RF a frecuencia intermedia (FI), cuenta además con convertidores ascendentes (upconverters) para convertir las señales de frecuencia intermedia (FI) a banda KU; amplificadores de potencia (HPA), para amplificar esta señal en banda KU y encontrar el nivel requerido para la transmisión al satélite.

En la transmisión, el convertidor ascendente transfiere a la señal de frecuencia intermedia a una posición dentro del espectro radioeléctrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho más altas que cuando salieron del modulador, la señal puede estar centrada aproximadamente a 14 GHz. La señal tiene ahora la frecuencia apropiada para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aún muy bajo, por lo que es preciso amplificarla antes de entregarla a la antena; para esto se utiliza un amplificador de alta potencia (HPA), del cual existen fundamentalmente dos tipos: el tubo de ondas progresivas TWT (Traveling-wave tube) y el klistrón.

Un tubo de ondas progresivas es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande, que abarca todas las frecuencias utilizables del satélite (500 MHz o más en algunos casos), por lo que puede amplificar señales dirigidas hacia distintos transpondedores del mismo satélite. Sus características de operación son satisfactoriamente uniformes o constantes a cualquier frecuencia, pero cuando se amplifican simultáneamente muchas señales distintas, su potencia de salida no se puede aumentar al máximo; de hacerlo, el ruido de intermodulación sería muy grande. Para reducir el ruido, es necesario operar al amplificador en un nivel de potencia de salida bajo, con la consiguiente pérdida de potencia en relación con la potencia máxima nominal de salida (back-off). A pesar de este inconveniente, el uso de los tubos de ondas progresivas es más común que el de los klistrons, pues una de sus ventajas es que se puede efectuar cualquier modificación en la frecuencia central de amplificación, dentro del ancho de banda de operación del satélite (500 MHz o más), sin tener que sintonizarlo, además de que no hay que emplear un combinador especial de señales a la salida, como sí puede ocurrir también con los klistrons.

Un klistrón es un amplificador de banda estrecha, suficiente para manejar uno o dos canales de televisión, varios cientos de canales telefónicos o algunos canales de datos de muy alta velocidad de transmisión. Cuando una estación terrena tiene varios klistrons y desea transmitir toda la información procedente de ellos a través de una

misma antena, se necesita usar un combinador de señales, que introduce pérdidas de potencia similares en magnitud a las producidas por back-off en los tubos de ondas progresivas. Además de estas pérdidas, el combinador se convierte en un punto de interacción entre las salidas de los distintos klistrons que puede conducir a interferencias entre ellos; así mismo, cuando se requiere cambiar de transpondedor en el satélite, es preciso volver a sintonizar al klistrón correspondiente. De cualquier forma, varios usuarios aún eligen klistrons para sus instalaciones, por que su eficiencia de aprovechamiento de energía eléctrica (40%), es mayor que la de los TWT, son muy confiables y robustos, duran mucho tiempo en servicio, y además son más económicos que un tubo de ondas progresivas. Particularmente, son empleados para transmitir canales de televisión y en estaciones terrenas de poca potencia que transmiten unos cuantos cientos de canales de telefonía o datos, pero en este último caso la potencia necesaria determina finalmente el tipo de amplificador que se use, ya que no hay klistrons con potencias de menos de unos 400 watts y pueden resultar excesivos para ciertas aplicaciones.

A la recepción, se tiene que la antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen la calidad de su operación (al menos, en la primera etapa de recepción).

En su trayectoria de regreso hacia la tierra, la señal viaja un promedio de 36 000 km y, por lo tanto, su nivel de potencia al llegar a las antenas de las estaciones receptoras es muy bajo.

La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite en la polarización y banda de frecuencias con las que ella funciona, o sea, información de muy diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 MHz; sin embargo, lo común es que en cada estación en particular solamente sea de interés recibir una pequeña porción de toda esa información, concentrada quizá en un ancho de banda de tan sólo 5 MHz o aun menos. Es decir, que la estación, después de capturar y amplificar toda esa información, debe separar sólo aquella parte que le corresponda procesar.

La antena tiene una capacidad de amplificación, o ganancia. Para fines de recepción, éste es su parámetro más importante y se designa como  $G$ . Por su parte, el amplificador de bajo ruido tiene una "temperatura de ruido" como su principal parámetro indicativo, y mientras ésta sea más baja el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de la recepción aumenta. Sin embargo, no solamente se introduce ruido en la señal a través del amplificador de bajo ruido, sino también por la antena, y su magnitud se calcula en función de una "temperatura de ruido de la antena". La suma de la temperatura de ruido de la antena y la propia del amplificador de bajo ruido determinan casi completamente la temperatura total  $T$  de ruido del sistema de recepción, siempre y cuando las pérdidas producidas por los conectores sean bajas.

El valor del cociente  $G/T$  es una cantidad que se utiliza comúnmente para definir las cualidades de recepción de una estación terrena, y según el satélite con el que se comuniqua debe tener un valor mínimo para funcionar aceptablemente. Esta relación  $G/T$  se conoce como factor de calidad o "figura de mérito", y como la ganancia de la antena está dada en decibeles y la temperatura de ruido en grados Kelvin, sus unidades son dB/K.

Si la temperatura física se logra reducir, entonces la "temperatura de ruido" también baja; por lo tanto, es deseable enfriar al amplificador lo más que se pueda, muchas veces hasta temperaturas cercanas al cero absoluto, además de colocarlo lo más cerca posible del diplexor de la antena para reducir las pérdidas.

Por otra parte, como se ha visto, el primer dispositivo electrónico importante que encuentran las señales recibidas por la antena es un amplificador de bajo ruido, ya que con poca potencia de recepción, este aparato debe generar internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a él para ser amplificadas. Si estas nuevas señales, ajenas a la información original, son muy grandes o intensas, entonces al sumarse con la segunda etapa pueden alterar su contenido. La primera etapa de amplificación es muy importante, porque cualquier señal recibida por la antena es muy débil, después de haber recorrido 36 000 km, procedente del satélite, siendo su nivel de potencia de llegada muy bajo. Por esta razón, es muy importante que el ruido generado por este primer dispositivo de amplificación común sea lo más bajo posible, y de ninguna manera comparable en magnitud a ninguna de las débiles señales que esten entrando.

El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda muy grande, de 500 MHz, pues debe ser capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena, antes de que se proceda a separarlas entre sí, por medio de filtros, para realizar las siguientes etapas del proceso que se lleva a cabo en el subsistema de comunicaciones. En las siguientes etapas de amplificación se les seguirá introduciendo un poco más de ruido, pero su efecto ya no será tan problemático como hubiese podido serlo en la primera etapa de amplificación, por que ahora estaran vigorizadas con un nivel de potencia tal que las hace menos vulnerables.

La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con ancho de 500 MHz, situada aún en la misma región del espectro radioeléctrico; el convertidor descendente tiene como función transferir toda esa información de 500 MHz a una región más baja del espectro, centrándola en una frecuencia intermedia (FI) de recepción, es decir, haciendo una operación inversa al convertidor ascendente de la estación maestra.

Algunos fabricantes producen el amplificador de bajo ruido o LNA integrado al convertidor descendente en un solo bloque; ambos van contenidos dentro de la misma caja blindada y el producto se conoce como "convertidor de bajo ruido" o LNC (low noise amplifier), o como "convertidor reductor de bloque de bajo ruido" o LNB (low noise block downconverter).

Los LNC y los LNB son utilizados principalmente para la recepción de televisión. De estos dos, el LNC tiene la desventaja de que sólo puede alimentar a un receptor a la vez (pero es sencillo y económico), mientras que el LNB puede alimentar simultáneamente a varios receptores con señales distintas.

La señal de frecuencia intermedia que sale del convertidor descendente aún está modulada, y el paso siguiente para recuperarla en su forma original (banda base) es precisamente demodularla. En realidad, la señal nunca se recupera exactamente como era en su forma original, ya que diversos factores (como el ruido térmico y el de intermodulación), se encargan de distorsionarla. El grado de distorsión que se produce depende del tipo de modulación que se haya elegido (FM, PSK o alguna otra), del nivel

de la potencia transmitida, de la ganancia de las antenas, y de otros parámetros del diseño del enlace. De cualquier manera, si el enlace ha sido bien diseñado, el oído o el ojo humano no perciben tal distorsión en una señal de audio y se toman como aceptable o quizá hasta excelente.

Al igual que el sistema de conmutación de paquetes y el de frecuencia intermedia, el sistema de radio frecuencia es completamente redundante, es decir, para prevenir la pérdida total de los enlaces de comunicaciones, se cuentan con dos equipos en cada etapa del sistema, así, mientras uno de ellos se encuentra en servicio, el otro esta en espera, para conmutarse automáticamente en caso de que el primero falle.

## 2.4 ANALISIS DE TRAMA

Antes de profundizar en el tema, cabe remarcar una diferencia fundamental entre un enlace de salida (Canal maestra-remota) y un enlace de retorno (Canal remota-maestra): El enlace de salida es accesado sólo por una estación, la estación maestra; mientras que el acceso al enlace de retorno debe ser compartido por muchas estaciones remotas.

Formación De La Trama De Un Enlace De Salida (Desde La Estación Maestra).

Los datos del usuario se multiplexan en un enlace de salida y se transmiten a todas las estaciones remotas de una subred. El flujo de datos en un enlace de salida esta compuesto de paquetes direccionados a una estación remota en particular o a una dirección de grupo. La figura siguiente muestra la trama de un enlace de salida, como puede verse, es un bloque de datos formateados según lo establecido por el protocolo X.25 (para transferencia de datos a través de un enlace satelital) y destinado a todas las estaciones remotas de una subred.

### FORMATO DE TRAMA DEL ENLACE DE SALIDA

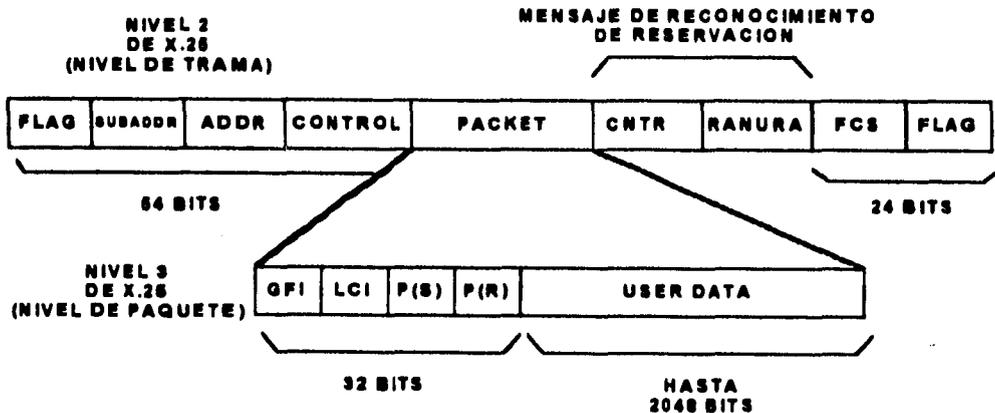


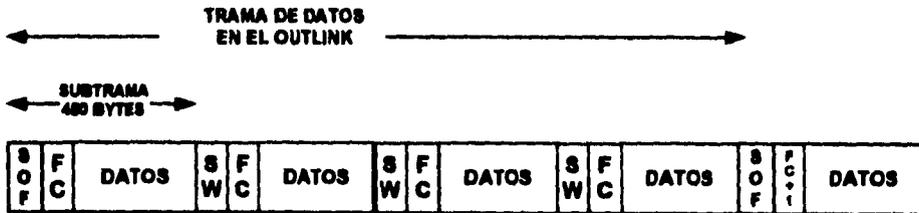
Figura Nº 2.5

El campo de subdirección ("subaddr") es el mecanismo de direccionamiento "público", por lo demás, el formato es muy parecido al señalado por la CCITT para X.25.

Estas tramas LAPBE modificadas, formateadas inicialmente en el conmutador de paquetes, son reformateadas, por el controlador de comunicaciones maestro (TMCC), quedando como tramas MUX para multiplexar en el flujo de datos del enlace de salida. En este punto el enlace de salida se convierte en un flujo de datos transmitidos continuamente y compuesto de secuencias de datos independientes y multiplexadas.

Como se muestra en la figura de abajo, las tramas MUX del enlace de salida contienen, palabras de sincronía, contadores de trama y datos, y pueden ser definidas como la distancia entre palabras de sincronía, la cual tiene siempre 3840 bits. Los contadores de trama se incrementan unitariamente, a intervalos regulares, para servir como marca de inicio de trama, avisándole a la estación remota cuando empezar la siguiente trama del enlace de retorno.

**FORMATO DE TRAMA DEL ENLACE DE SALIDA**



FC = CONTADOR DE TRAMA  
 SOF = INICIO DE TRAMA  
 SW = PALABRA DE SINCRONIA

Figura N° 2.6

Debido a que los enlaces de salida no son canales de acceso múltiple, la portadora de este enlace puede transmitir continuamente, y el enlace puede alcanzar hasta un 90% de utilización. El 'throughput' de un enlace de salida se mide en Kilobits por segundo o paquetes por segundo.

## Formación De La Trama De Un Enlace De Retorno.

Los datos desde la estación remota deben ser transmitidos utilizando un enlace de retorno compartido por otras estaciones de la misma comunidad. Como un canal de acceso múltiple, el enlace de retorno esta sujeto a características de degradación si el tráfico del usuario excede ciertos niveles. Para optimizar la utilización de un enlace de retorno el sistema utiliza un esquema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), que combina un protocolo de contención con un protocolo de asignación por demanda; el esquema básico de TDMA se ilustra en la siguiente figura.

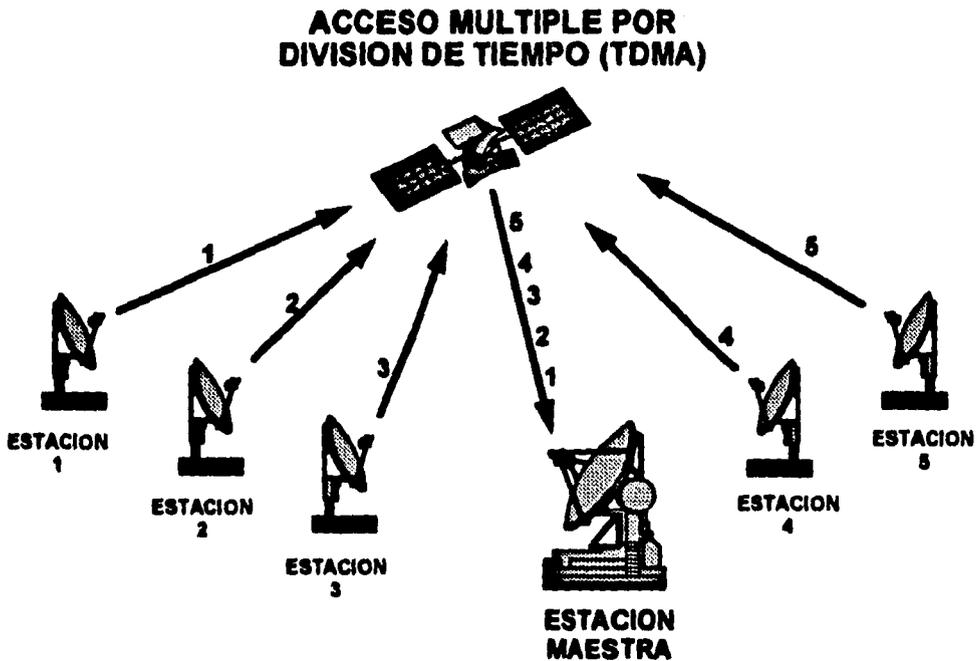


Figura N° 2.7

El acceso de la estación remota al enlace se divide en intervalos de transmisión uniformes, o ranuras de tiempo, durante las cuales solamente una estación remota puede transmitir satisfactoriamente. La longitud de la ranura para una subred dada se establece cuando se configura la red, usualmente se aproxima al promedio del tamaño de paquetes de usuario. En el protocolo de contención, estas ranuras estan igualmente

disponibles para todas las estaciones remotas en un enlace de retorno y se accesan de manera aleatoria.

Una estación puede transmitir un paquete de datos solamente al principio de la primera ranura disponible y debe concluir su transmisión antes de la siguiente ranura para permitirle, a otras estaciones transmitir.

Cuando dos estaciones intentan acceder a la misma ranura (transmitir simultáneamente), ocurre una colisión, el resultado es que ninguna transmisión es recibida correctamente por la estación maestra, y ambas estaciones remotas son sometidas a un retardo aleatorio antes de intentar una retransmisión. Conforme se incrementa el tráfico, se incrementan también las colisiones, con lo que primero se forman largas colas de mensajes, se hace más grande el retardo de transacción y se degrada el servicio en el enlace. (Alternativamente, un enlace de retorno puede ser configurado como un enlace de TDMA puro, en el cual las colisiones se evitan al asignar ranuras permanentes a cada estación remota.)

La siguiente figura, muestra la relación entre el 'throughput' agregado y el retardo promedio de paquetes en un canal de contención puro. A menos del 37 % de utilización (cuando menos de 37 de 100 ranuras están siendo usadas), un incremento en el tráfico produce un incremento estable en el retardo, pero cuando se aumenta la carga y la utilización del enlace va más allá del 37 %, la transferencia de información disminuye considerablemente y el retardo de la información se aproxima al infinito.

**RELACION ENTRE RETARDO DE PAQUETES Y THROUGHPUT**

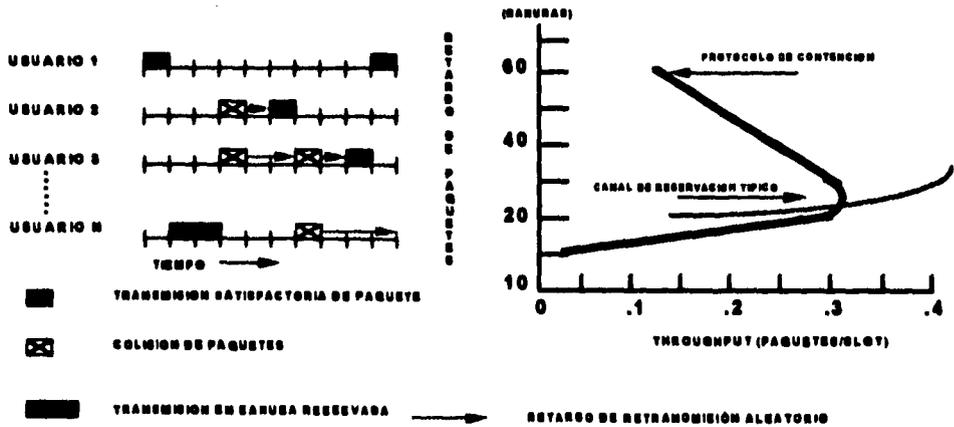


Figura N° 2.8

Para estabilizar el enlace durante un inesperado incremento en el tráfico, el sistema tiene la habilidad para pasar de un protocolo de contención a un protocolo de asignación por demanda. El sistema reserva ranuras temporalmente en donde sea necesario, para descongestionar el enlace. Durante periodos normales (cuando no

existen incrementos drásticos en el tráfico), cuando el uso del returnlink es bajo la mayoría de las ranuras serán ranuras de contención. Conforme el returnlink se va congestionando, se van reservando automáticamente las ranuras (basándose en la demanda) para aquellas estaciones que necesitan una transferencia de información más alta. Cuando ocurre un incremento inesperado en el tráfico, la mayor parte de la red estará operando en modo de reservación o modo de TDMA puro.

La habilidad para conmutarse de un modo de operación de ranuras no asignadas a un modo de ranuras reservadas (a prueba de colisiones), basándose estrictamente en una asignación por demanda y por sitio, ofrece un retardo mínimo en el returnlink durante una operación de tráfico normal, evitando además la saturación del canal cuando ocurren incrementos inesperados en el tráfico.

Además de las ranuras reservadas temporalmente, asignadas dinámicamente por el software del NCS, las estaciones remotas pueden ser alojadas en ranuras reservadas permanentemente, durante la configuración de la red. En la siguiente figura, se compara el protocolo TDMA con el protocolo de contención puro y con el esquema de reservación adaptativo.

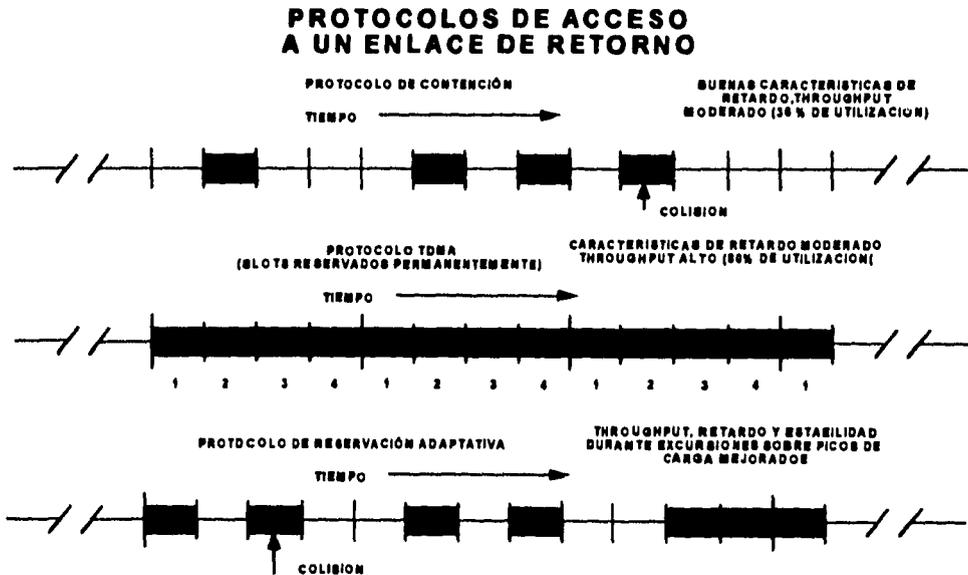


Figura Nº 2.9

Entre la reservación de ranuras temporales y ranuras permanentes, se puede implementar un tercer protocolo de acceso, el cual asigna reservaciones semi-permanentes. En este protocolo se reserva un bloque completo de ranuras al sitio que lo requiera, el tiempo deseado, mientras se continúe utilizando a una velocidad predeterminada.

**2.4.1 Sincronización de la red.**

La figura 2.10 muestra como se configuran las ranuras de un enlace de retorno; como puede verse, cada ranura contiene una ráfaga (larga) de uno o más paquetes X.25 de datos de usuario y una ráfaga (corta) con una única trama de supervisión X.25. La ráfaga corta se conoce como reconocimiento (Acknowledgment). (El preámbulo permite incertidumbre de tiempo entre ráfaga y ráfaga).

**ESTRUCTURA DEL FORMATO DE TRANSMISION EN UN ENLACE DE RETORNO**

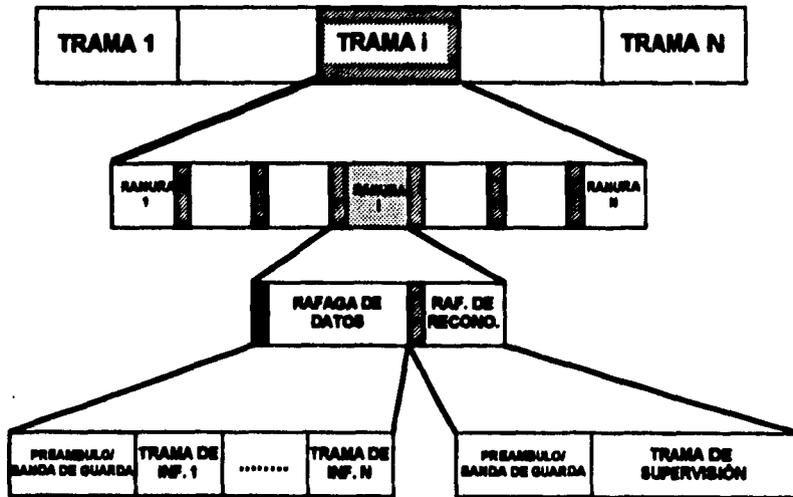


Figura Nº 2.10

Cuando se configura una subred, el usuario especifica el tamaño de ranura en el enlace de retorno (en bits por ranuras), el tamaño de trama (en ranuras por trama), y la velocidad de datos del enlace de retorno. El sistema de control de red usa esta información para calcular la frecuencia con la cual se introducirán los mensajes SOF en

la trama del enlace de salida para conseguir el tamaño deseado del enlace de retorno. Es este el índice expresado como la relación palabra de sincronía/frecuencia SOF que implementa y sincroniza las ranuras en una subred. La figura 2.15 ilustra la relación entre los mensajes SOF de los enlaces de salida y la longitud de la trama de un enlace de retorno.

El tamaño de la trama de un enlace de retorno es un grupo arbitrario de ranuras y depende usualmente del número de estaciones remotas que comparten un enlace de retorno.

El formato de la ráfaga de datos y de la ráfaga de reconocimiento, se muestran en las figuras 2.11 y 2.12. El reconocimiento de los mensajes de un enlace de salida puede insertarse dentro del campo de control de las tramas de información de un enlace de retorno.

### FORMATO DE LA RAFAGA DE DATOS

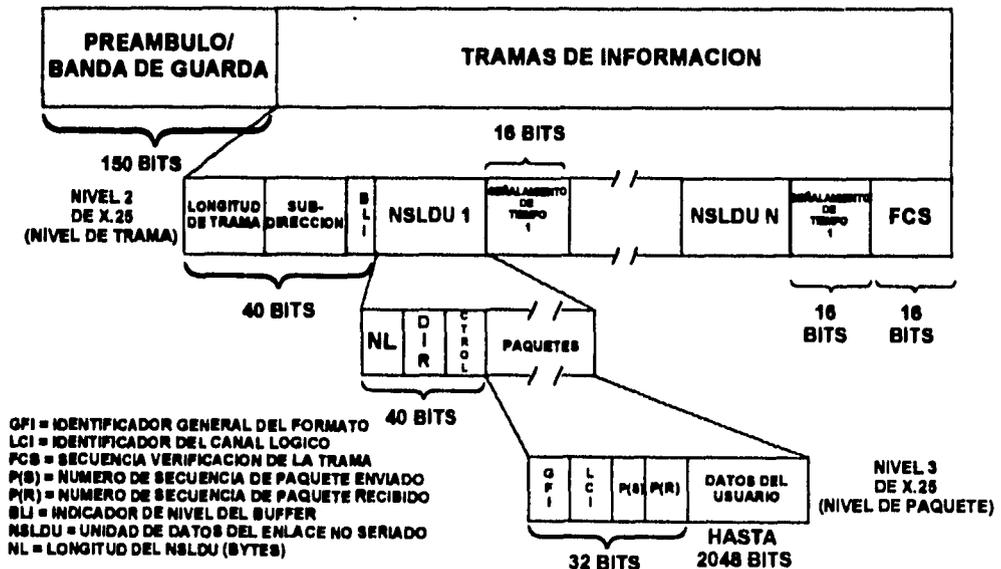


Figura N° 2.11

## FORMATO DE LA RAFAGA DE RECONOCIMIENTO

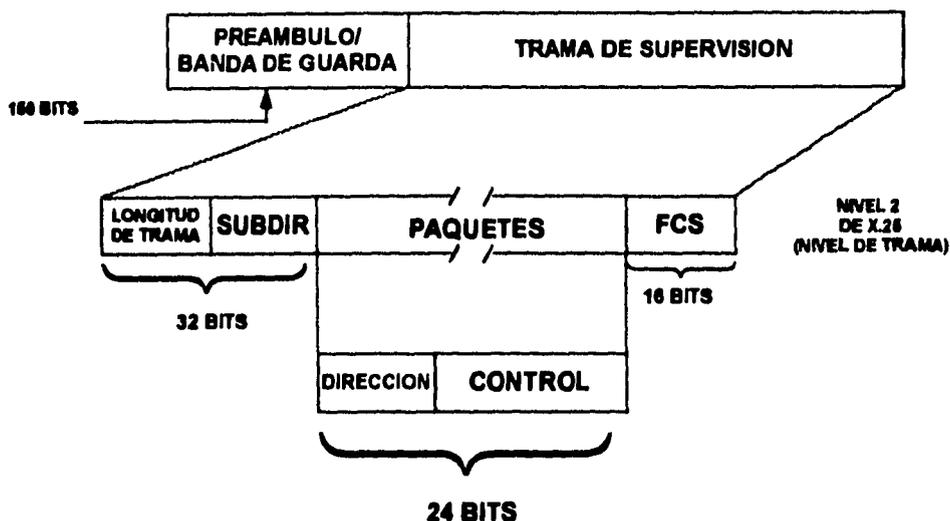


Figura N° 2.12

Cuando en alguna estación remota no existe un paquete listo para transmitirse, está estación no tendrá otra alternativa que crear un mensaje de supervisión para efectuar el reconocimiento; estos mensajes se enrutarán en la posición de la ráfaga de reconocimiento de la siguiente ranura disponible del enlace de retorno. Obviamente, es imperativo que la sincronización en la estación maestra y la sincronización en las estaciones remotas se basen en el mismo reloj; este reloj se deriva de un oscilador de alta estabilidad en la estación maestra, donde es utilizado para transmitir datos sobre el enlace de salida.

En las estaciones remotas, el reloj es recuperado y utilizado para regular la sincronización de ranuras y las frecuencias de transmisión de la estación remota. Un escaso error es introducido al satélite cuando las frecuencias del enlace ascendente son bajadas en frecuencia. Usando un demodulador continuo para reproducir la misma señal recibida en las estaciones remotas, la estación maestra es capaz de detectar este error y de corregirlo para cuando se esta demodulando por ráfagas un enlace de retorno. Ver la figura 2.13.

**DERIVACION DEL RELOJ DEL SISTEMA**

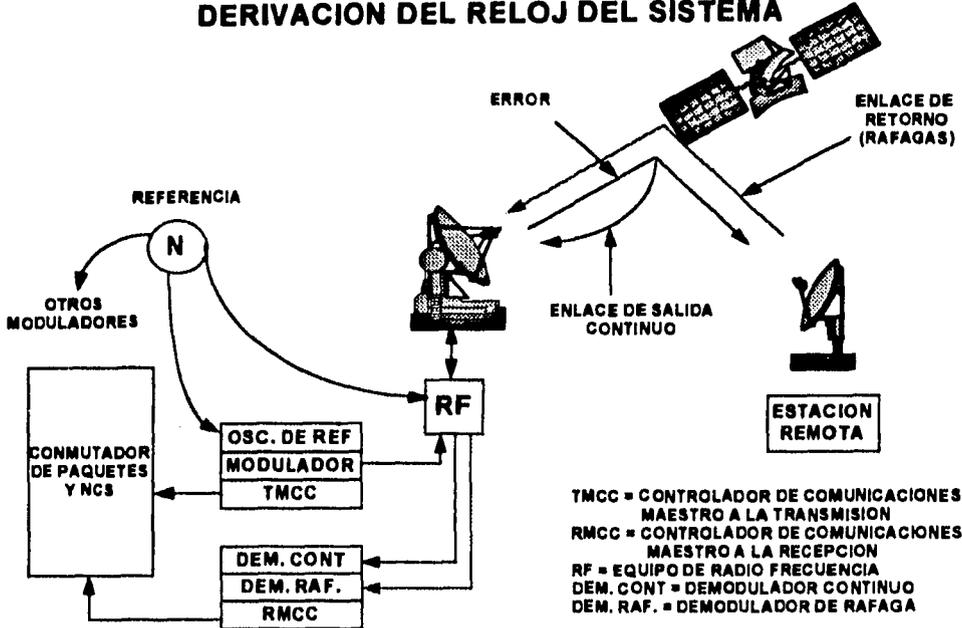


Figura Nº 2.13

**2.4.2 Conversión de protocolo.**

El equipo terminal de datos del usuario, se conecta al sistema a través de un PAD (Packet Assembler Disassembler; ensamblador y desensamblador de paquetes) localizado en la estación maestra y en las estaciones remotas. (En este contexto, el término PAD se puede referir a un dispositivo externo de hardware o a un archivo de software que corre en el procesador de la estación remota y en el conmutador de paquetes de la estación maestra.

En la estación maestra, un PAD con su archivo de software sirve como interfaz entre el procesador frontal del usuario y la red satelital para empaquetar el tráfico del cliente dentro de un formato común en X.25. En las estaciones remotas el PAD utiliza el software enviado desde la estación maestra para servir como interface entre el protocolo terminal del usuario y el protocolo de comunicación X.25.

El sistema cuenta con PADs capaces de manejar protocolos SDLC, X.25 y protocolo asíncrono. De estos tres protocolos, dos pueden ser manejados simultáneamente en la misma estación remota.

Tal como se muestra en la figura 2.14, el tráfico de salida del HOST (en protocolo nativo del usuario) es empaquetado, con un formato de X.25 en el PAD del conmutador de paquetes. Los bits de subdirecciones adicionados en el conmutador de paquetes hacen del enlace satelital de salida, una línea multipunto destinada a muchas estaciones remotas de la red. Después que cada sitio remoto selecciona los paquetes destinados a él, los PADs asociados con el controlador de comunicaciones del sitio, regresan los paquetes X.25 al formato de datos del usuario, para su procesamiento en el equipo terminal de datos o en los controladores de terminales. Estos PADs empaquetan, también, el flujo de datos de salida (salida de la estación remota).

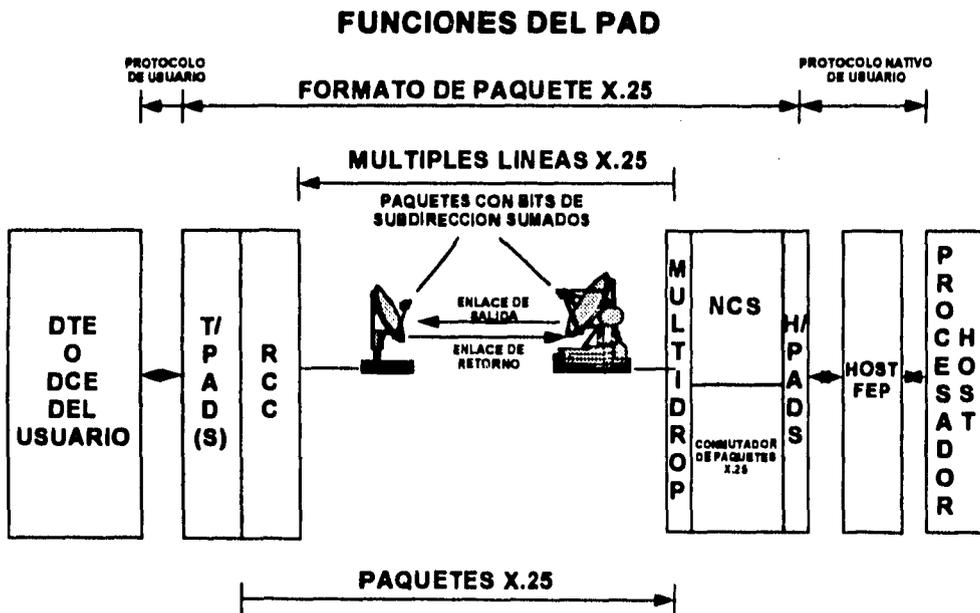


Figura N° 2.14

#### Emulación De Poleo.

En las redes de comunicación vía satélite, la relación entre tiempo de propagación y tiempo del mensaje es necesariamente mucho más alta que en la mayoría de las redes terrestres. Como resultado el uso de protocolos de poleo puede ser altamente ineficiente: cada reconocimiento o respuesta al poleo, ocuparía mucho tiempo en el canal del satélite, durante cada evento de poleo.

Para comunicarse con interfaces nativas que utilizan protocolos poleados, el sistema usa un procedimiento de emulación de poleo para lograr el circuito de comunicación deseado.

Para protocolos poleados como el SDLC, el software del PAD de la estación maestra emula el equipo terminal del sitio remoto respondiendo a los comandos de poleo. La interface correspondiente en la estación remota emula el HOST generando mensajes de poleo. Como resultado, el mensaje de poleo no es enviado sobre el canal del satélite.

Conforme el HOST/FEP (procesador frontal del HOST) envía los mensajes de poleo, la estación maestra regresa respuestas de poleo que simulan la estación remota. Cada emulador en la estación remota ejecuta la tarea del HOST/FEP para generar poleos.

Solamente los datos del usuario y los mensajes de control de red críticos son realmente enviados sobre el enlace del satélite.

### **2.4.3 Carga de Software.**

El control local de las estaciones remotas esta centrado en un controlador de comunicaciones remoto (RCC) el cual basa su funcionamiento en un microprocesador. El RCC procesa flujos de datos de entrada y salida, los enruta a las funciones apropiadas, implementa sincronía local y monitorea el Hardware del sitio (Hardware remoto). La interface entre este módulo de control y el DTE (Equipo Terminal de Datos) es el PAD remoto el cual convierte el protocolo del usuario a protocolo del sistema y viceversa.

La habilidad para cargar el RCC y el PAD desde la estación maestra es una característica esencial del sistema, debido a que las estaciones remotas se encuentran distribuidas en diversas partes y no cuentan con personal que se encargue de la configuración del enlace, desde el sitio remoto.

Durante este proceso cada estación remota debe recibir datos de configuración, así como códigos vía software.

**Carga RCC CODE.** Es común a todos los sitios y le proporciona al RCC el software ejecutable para controlar los moduladores y demoduladores y por otra parte para manejar la interface entre los PADs y la red satelital. El RCC code enruta los datos de entrada al PAD apropiado, accesa los datos de salida al equipo satelital, y monitorea y controla las funciones de modulación y de demodulación.

Esta carga al RCC incluye también una serie común de servicios de comunicación X.25 que son utilizados por los PADs. Estos servicios, que incluyen formateo de paquetes, permiten al PAD iniciar una llamada, tomarla y además permiten la transferencia de datos en estado estable a través de un circuito virtual conmutado, entre el RCC y el conmutador de paquetes de la Estación Maestra. Como resultado, el flujo de datos entre el procesador del sitio remoto y el conmutador de paquetes se

fracciona en pequeños paquetes numerados de X.25, los cuales pueden ser retransmitidos en caso de detección de pérdida o de detección de paquete alterado.

**Carga PAD CODE.** Es común a todos los sitios que utilizan el mismo protocolo y proporciona los procedimientos, de formateo para ese protocolo. Cada carga al PAD incluye una programación para una interface que le permite utilizar los servicios de establecimiento de llamada y formateo de paquetes de la tarea común de X.25. Debido a esto los PADs no sólo convierten datos de usuarios del protocolo local a X.25, sino que además utilizan una interfaz especial programada para presentar estos datos de una manera que permita a la tarea de X.25 formatear sus paquetes y servir llamadas de X.25 a través de la red satelital.

La relación entre PADs, servicios de X.25 y software RCC CODE, se muestra en la siguiente figura.

**RELACION ENTRE PADS,  
TAREAS X.25 Y RCC**

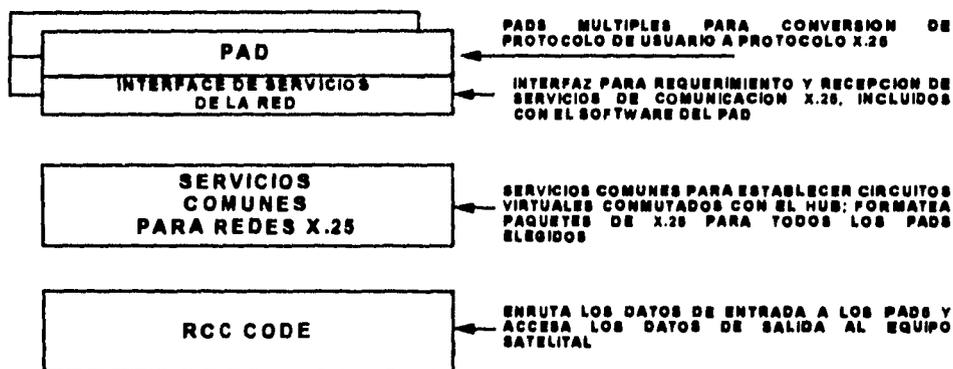


Figura Nº 2.15

**Datos De Configuración Del RCC.** Son únicos para cada sitio, le proporcionan al RCC local una serie especial de variables operacionales, por ejemplo, parámetros de sincronía, umbrales de tráfico y asignación de ranuras reservadas.

**Datos De Configuración Del PAD.** Es único para cada sitio y define la interfaz entre los puertos de datos del sitio remoto y el equipo del usuario. Las cargas requeridas por el operador pueden ser cargas parciales. Un sitio puede ser completamente cargado, incluyendo datos de configuración y de código para el RCC y los PADs, o únicamente pueden ser cargados los datos de configuración para cada módulo, o código más datos de configuración.

---

Después de que se instaló y probó el equipo en el sitio remoto. El RCC local, puede escuchar a la estación maestra pero no puede hablarle. Después de que el sitio ha sido configurado en la estación maestra (se ha configurado un host link, un outlink, un returnlink, y los puertos), el operador puede enviar una carga completa al sitio.

El software del DLLC (Downline Load Controller), cargará el sitio automáticamente en el siguiente orden:

1) El código de RCC con sus servicios de comunicación de X.25, este código empezara a ejecutarse esperando un mensaje de configuración.

2) Datos de configuración de RCC (con los datos de configuración para los servicios de comunicación X.25). En este momento el RCC será completamente funcional, capaz de hablar con la estación maestra y escucharla.

3) Código de PAD, como se estableció por los protocolos asignados a este sitio. Este código incluirá la programación de interfaz que permite al PAD requerir y recibir formateo de paquetes en X.25 y servicios de establecimientos de llamada.

4) Datos de configuración del PAD, como se estableció en las definiciones del usuario para los puertos de cada sitio remoto. Si el sitio es configurado para un segundo protocolo, se repiten los pasos 3 y 4 para ese segundo PAD.

El sitio remoto pide una carga parcial después de que ha permanecido "desconectado" un tiempo considerablemente largo para perder las posibles actualizaciones de configuración.

#### **2.4.4 Parámetros y umbrales de tráfico de la red.**

'Throughput', utilización y retardo son parámetros de tráfico básicos para los enlaces de retorno y enlaces de salida (returnlinks y outlinks) del sistema. Dos umbrales de tráfico básicos para ambos tipos de portadoras son el umbral de grado de servicio (G.O.S.) y el umbral de falla de enlace.

En el sistema el throughput es una medida del uso efectivo de los recursos de comunicación disponibles, en un enlace de salida o un enlace de retorno, expresado en kilobits por segundo (Kb/s), paquetes por segundo (Pkt/s) o paquetes por ranura (Pkt/sl). El 'throughput' del enlace de retorno depende, en un protocolo ranurado, de la rapidez de la ranura, definida como ranuras por segundo (Sl/s). Velocidad en bauds (menos preciso, velocidad de información), es la máxima velocidad a la cual una portadora puede transmitirse, expresada en kilobits por segundo (Kb/s). La velocidad en bauds típica para este sistema, para los enlaces de salida y los enlaces de retorno es de 56 Kb/s.

---

**Utilización del enlace.** Es una medida del uso del canal expresado como un porcentaje del enlace disponible utilizado para transferencia exitosa de información. Este porcentaje puede ser de ranuras disponibles (enlaces de retomo) o de velocidad de información (enlaces de salida). En un enlace de retomo la utilización son paquetes recibidos, divididos entre las ranuras disponibles para ese periodo; en un enlace de salida, es en Kb/s de información recibida dividida entre la velocidad de información para ese canal.

Como la utilización y el 'throughput' se incrementan en un enlace, este se puede congestionar y producir un retardo de paquetes.

El retardo de paquetes se puede referir a paquetes en el entorno de entrada o en el entorno de salida o retardos bidireccionales.

**Retardo De Paquetes En El Entorno De Entrada.** Se refiere al tiempo requerido para un paquete que será transmitido libre de errores desde el PAD de una estación remota al demodulador de ráfagas de la estación maestra. Incluye retardo de propagación, que es el tiempo requerido para que una señal de radio complete la subida y bajada al satélite.

El retardo de paquetes en el entorno de entrada variara necesariamente con la cantidad de tráfico ofrecido y con la relación de ranuras de contención a ranuras reservadas en el enlace de retomo.

**Retardo De Paquetes En El Entorno De Salida.** Es el tiempo requerido para un paquete libre de errores sea transmitido desde el PAD del HOST, al PAD del sitio remoto e incluye retardo del conmutador de paquetes (que es la cantidad de retardo generado sobre un paquete mientras esta dentro del conmutador de paquetes), más un tiempo fijo para retardo de señalización y retardo de propagación al satélite.

**Retardo Bidireccional.** Es el lapso de tiempo entre la recepción de un requerimiento de un bloque de datos completo en el PAD del sitio remoto y la transmisión del primer bit del bloque de datos de respuesta desde el mismo PAD remoto al DTE o al controlador de terminales.

**CAPITULO III****ENLACE SATELITAL**

El desarrollo de los satélites ha tenido un avance importante en el campo de las comunicaciones a nivel mundial, dadas las grandes ventajas que ofrece, tales como la capacidad de transmitir en forma simultánea una amplia gama de servicios (televisión, telefonía, datos, fax, video, conferencias, etc.) con alto grado de calidad y confiabilidad, dentro de las áreas de cobertura para las que fueron diseñados, así como sus magníficas facilidades de interconectividad entre las estaciones terrenas a enlazar.

**3.1 DESCRIPCION GENERAL DE UN SISTEMA DE COMUNICACION VIA SATELITE.**

La mayor parte de los satélites comerciales actualmente existentes han sido colocados en una órbita circular a una altura aproximada de 35, 800 Km por encima de la superficie de la Tierra. A esa altitud, el satélite efectúa una revolución completa de su órbita en 24 Hrs., y como la velocidad de revolución es idéntica a la de la tierra, se dice que el satélite es síncrono. Cuando el trayecto de la órbita coincide con el plano del ecuador terrestre, se dice que la órbita es ecuatorial. Un satélite síncrono de órbita ecuatorial, se denomina geostacionario, por que para un observador situado en la tierra, el satélite parece inmóvil. Desde tal posición por encima del ecuador, la estación repetidora puede ver aproximadamente el 42% de la superficie terrestre.

Un enlace satelital está constituido básicamente por tres partes, que son:

- Un enlace ascendente que comprende una estación terrena transmisora y un segmento tierra-espacio
- Un satélite, y
- Un enlace descendente que se compone de un segmento espacio-tierra y una estación terrena receptora.

La figura 3.1 Muestra la configuración típica de un enlace vía satélite.

**Enlace ascendente.**

- **Modulador.**- Recibe la señal en banda base (TV, voz, datos, etc.), y la cambia a una onda modulada que estará operando a una frecuencia intermedia (FI) de 70 Mhz.

- **Convertidor de frecuencia ascendente.**- Su función principal es hacer un cambio de frecuencia, transponiendo la señal de frecuencia intermedia en una onda de frecuencia radioeléctrica (6 ó 14 Ghz.).

- **Amplificador de potencia.**- Amplifica la señal que proviene del convertidor, de acuerdo con la potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE) requerida. Entre sus

parámetros principales podemos mencionar ganancia y nivel de salida, se conocen 3 tipos de amplificadores que son:

- Tubo de Ondas Progresivas (TWT).- Es de fácil empleo y maneja un amplio ancho de banda.
- Klystron.- tiene mejor ganancia y eficiencia que un TWT pero maneja un ancho de banda pequeño.
- Amplificador de estado sólido (SSPA).- Cuenta con mucha más ganancia y eficiencia que los otros dos, pero manejan muy poca potencia.

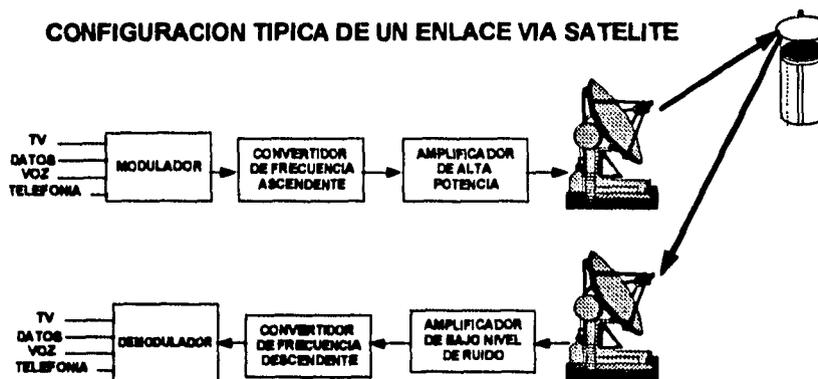


Figura N° 3.1

- Antena.- Es de los elementos más importantes en el enlace satelital, su función principal es concentrar la energía en determinada dirección asegurando la adaptación entre los equipos radioeléctricos y el medio de propagación de las ondas en el espacio libre. Es un transductor el cual convierte la frecuencia radioeléctrica que recibe del amplificador a ondas electromagnéticas, y la recepción hace la operación inversa.

- Trayecto tierra-espacio.- Es la distancia que recorre la señal desde la estación terrena hasta el satélite e involucra, pérdidas por espacio libre, absorción atmosférica y atenuación por lluvia.

**Satélite.**

Se define como una estación repetidora situada en el espacio, que comprende un receptor que capta la señal de la estación principal, un transpondedor en el cual se lleva a cabo la amplificación y la conversión de frecuencia y un emisor que la retransmite para reforzar su intensidad en zonas locales. En el punto 1.3 se hablará con más detalle de las interferencias internas y externas que afectan al satélite.

**Enlace descendente.**

- Trayecto espacio-tierra.- Es la distancia que recorre la señal desde el satélite hasta la estación terrena e involucra pérdidas por espacio libre, absorción atmosférica y atenuación por lluvia.

- Amplificador de bajo ruido (LNA).- Su función principal es amplificar las señales de RF de bajo nivel que proviene del satélite, eliminando ruido. Entre sus principales características se encuentran buena ganancia, estabilidad y temperatura de ruido.

- Convertidor de frecuencia descendente.- Recibe la señal de radio frecuencia (RF, de 4 ó 12 GHz) amplificada por el LNA y la traslada a frecuencia intermedia ( FI, de 70 ó 140 Mhz).

- Demodulador.- La señal modulada de FI es alimentada al demodulador donde la información es extraída y entregada al equipo de banda base.

**3.2 CONFIGURACION DE LOS SATELITES DE COMUNICACIONES.**

Los satélites de comunicaciones pueden y toman una gran variedad de formas y configuraciones, actualmente en uso: giro simple, doble giro y el triaxial.

**3.2.1 Satélite de giro simple.**

La simplicidad es una de sus virtudes; es muy estable y su diseño es seguro. El satélite puede girar indefinidamente sobre su propio eje sin necesidad de control externo. El giro es estable a pesar de las fuerzas de gravitación. Estos satélites y sus componentes están diseñados para soportar la fuerza de gravitación rotacional.

Todas las funciones de los canales encargados de proporcionar corrientes al satélite necesaria para las funciones básicas de mismo (sección del bus), están contenidas en la parte giratoria. La potencia eléctrica primaria se obtiene de las celdas solares que están montadas en la parte móvil. Cuenta, además, con un banco de baterías, como fuente de potencia eléctrica secundaria.

Mientras la estabilidad del satélite la garantiza la razón de giro, la antena que se encuentra en la parte de no giro del mismo mantiene el haz propiamente apuntado en virtud de un sistema de control activo que se encuentra integrado en el bus. El sistema

---

de propulsión provee de pulsos de empuje para mantener al satélite dentro de su órbita y orientación.

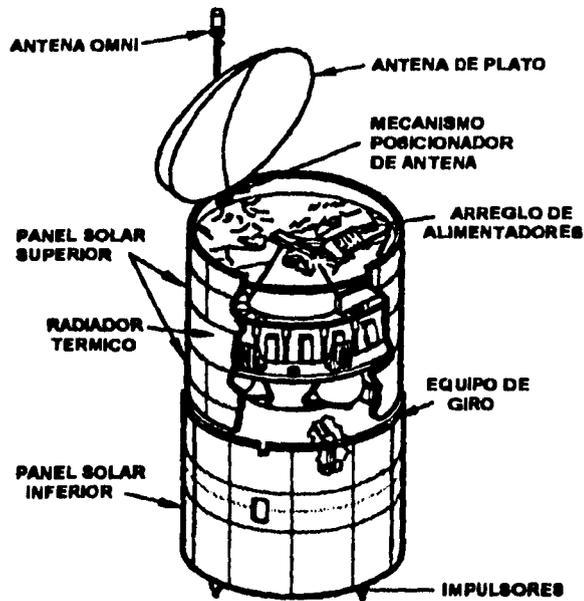
### **3.2.2 Satélite de doble giro.**

Son similares a los de giro simple y representan la mejor innovación en tecnología del espacio. En cuanto a la estabilidad dinámica, el de doble giro es más complejo que el de giro simple; primero porque la sección fija no reduce la rotación del giroscopio del satélite; y segundo la interacción dinámica entre la sección que gira y la parte no giratoria puede causar un arrastre gradual en el alineamiento propio, este proceso es llamado nutación, donde si se observa desde la parte superior se ve como si girara lentamente; la parte de arriba desarrolla una segunda rotación a una razón menor que la razón de giro, lo que ocasiona que gradualmente se incline hasta caer de lado, de esta forma, un satélite de doble giro fuera de control perderá su alineación vertical y finalmente caerá en 'flat spin', esto es, estará girando alrededor de un eje perpendicular al eje de giro. Dicho de otra forma, la configuración de doble giro no es incondicionalmente estable como la de giro simple.

La clave de la estabilidad en uno de doble giro es introducir un grado adecuado de amortiguamiento de nutación en la sección no giratoria. Mientras que el satélite está girando normalmente, el amortiguamiento no debe estar activado, tan pronto como el ángulo de nutación se incrementa a un nivel detectable, un amortiguamiento adecuado es proporcionado por el sistema de control a bordo, en situaciones de emergencia, el satélite puede ser sacado de 'flat spin' permitiendo al sistema de control a bordo, mandar un pulso para activar un cohete propulsor que corregira la estabilización del satélite. La figura 3.2 muestra un satélite de doble giro.

### **3.2.3 Satélites Triaxiales (estabilizado por tres ejes).**

En este diseño existen varias innovaciones en los dispositivos electrónicos y mecánicos, los cuales ya no dependen de la rotación de su cuerpo para conseguir estabilización. El satélite triaxial (también llamado de cuerpo estabilizado) no tiene forma de cilindro, pero cuenta con un diseño adecuado para proveer y soportar las funciones de comunicaciones. La forma típica de estos satélites es cúbica y tiene una de sus caras siempre mirando a la tierra; por lo que las antenas están montadas en esta cara, o en las laterales. Los paneles solares son planos y se encuentran desplegados arriba y abajo del cubo, los mecanismos de orientación de los paneles están adecuados de tal forma que siempre están de frente al sol, el satélite da una rotación por día, igual que la tierra.



SATELITE DE DOBLE GIRO

Figura N° 3.2

La estabilidad triaxial la asegura un sistema de control activo, capaz de aplicar pequeñas fuerzas al cuerpo para corregir cualquier cambio indeseado en la posición del mismo. El sistema de control más común (o momento polarizado) utiliza un giro de alta velocidad, llamado 'rueda de momento', y actúa como referencia inercial. El par generado por la rueda de momento produce ajustes (este-oeste) bastante precisos en la plataforma. La figura 3.3 representa un satélite de forma triaxial.

Es obvio que el diseño de satélites triaxiales tiene mayores ventajas, ya que permite la mejor colocación de antenas y el poder recibir una buena cantidad de energía solar debido a que los paneles pueden alcanzar cualquier tamaño. Además un control preciso del haz de la antena, puede dar un sistema complejo confiable de circuitos electromecánicos y una computadora a bordo.

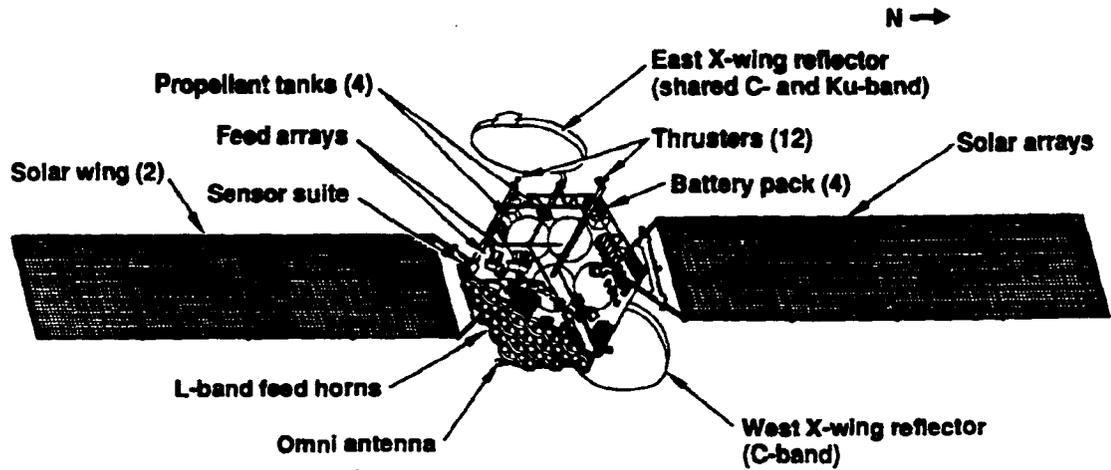


Figura Nº 3.3

### 3.3 SUBSISTEMAS DEL SATELITE.

Desde la puesta en órbita de los satélites se inicia las pruebas de sus diferentes subsistemas. Llegado el momento de lanzamiento los satélites son colocados en el Sistema de Transportación Espacial (STS), después del despegue el STS llega a su altitud de operación (257 Km), en una órbita de estacionamiento; el piloto debe de orientar la nave para liberar el satélite de su compartimiento espacial, dos minutos después de que el satélite es liberado despliega la antena omnidireccional y enciende el equipo de transmisión de telemetría.

Todos los satélites llevan un motor de empuje de perigeo (PAM), programado para encenderse 45 minutos después de desprenderse del STS y poner al satélite en órbita elíptica de 'transferencia'. El PAM es separado del satélite 1 minuto después de que terminó de encenderse.

La órbita de transferencia tiene su apogeo a 35,800 Km de altura sobre la tierra y su perigeo a 300Km. El satélite completa una vuelta cada 10.7 horas y permanece en esta órbita durante tres días aproximadamente, período en el cual el centro de control en tierra reorienta al satélite para proceder al encendido de su motor de apogeo (AKM). Este motor se enciende al pasar el satélite por el apogeo de la órbita de 'deriva', casi circular y muy parecida a la órbita final o 'geoestacionaria'.

Cuando el satélite alcanza su longitud asignada, se utiliza el impulsor radial para llegar a la órbita geoestacionaria. La figura 3.4 describe el lanzamiento. Una vez que el satélite alcanza la órbita geoestacionaria se configura para probar todos y cada uno de los subsistemas.

Subsistema de Telemetría, Comando Y Rango.

Subsistema de Potencia

Subsistema de Orientación

Subsistema de Propulsión

Subsistema Térmico

Subsistema de Comunicaciones

#### 3.3.1 Subsistema de telemetría, comando y rango.

Este subsistema hace posible la recepción y demodulación de comandos que recibe en banda C, comandos enviados durante todas las fases de la misión y control dentro de la órbita.

Telemetría.- Es toda información transmitida por el satélite a la estación terrena de control; información referente al estado físico general del satélite (presión, temperatura, estado de las diferentes unidades (sensores, etc.), etc. y a la posición de éste en el espacio , por ejemplo, si su eje de giro esta alineado o ha sufrido alguna perturbación.

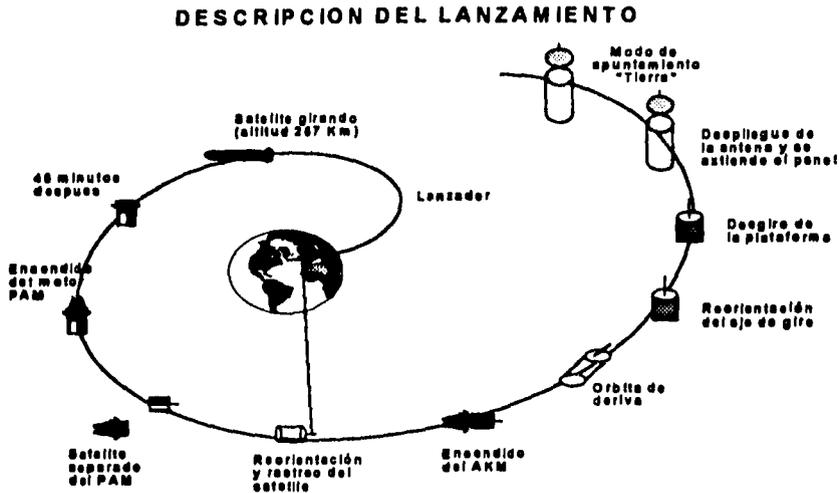


Figura N° 3.4

**Comando.-** Es la señal enviada de la estación terrena de control al satélite con el objeto de modificar la configuración de algún subsistema y/o encender impulsores para corregir el eje de giro.

**Rango.-** Es la medición de la distancia de la tierra respecto al satélite; la medición se lleva a cabo tomando los valores de tiempo y fase de una señal que viaja de la tierra al satélite y regresa nuevamente a la tierra ( estación terrena de control).

### 3.3.2 Subsistema de potencia.

La cantidad de energía eléctrica requerida en el sistema de un satélite obedece directamente a la finalidad para la cual fue diseñado.

El subsistema de potencia genera y distribuye la potencia requerida para soportar las operaciones del satélite durante todas las fases de la misión. La potencia primaria es proporcionada por la luz solar, recibida en las celdas solares de alta densidad de energía, las cuales están montadas de tal manera que siempre ven al sol, los arreglos proporcionan la energía de corriente directa al satélite hasta el fin de su vida útil. La potencia secundaria es proporcionada, durante el lanzamiento y los eclipses, por un sistema de baterías.

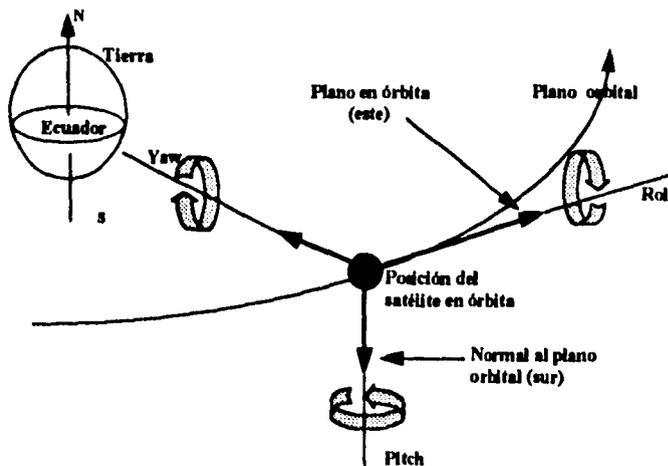
Los tiempos y valores promedio de recarga son controlados por el procesador del subsistema de control de orientación, una vez que la corriente de carga de las baterías y las cargas del satélite sean abastecidas, el exceso de corriente en los paneles es drenado por los limitadores del bus. Durante el solsticio, la batería será periódicamente cargada, para minimizar el crecimiento de tensión de las celdas de la batería.

### 3.3.3 Subsistema de orientación.

El subsistema de Control de Orientación (ATTITUDE CONTROL SUBSYSTEM) ACS, tiene como propósito control del eje de giro, velocidad y estabilización del satélite, así como el control del apuntamiento de la antena.

El subsistema de orientación incluye los sensores de tierra y de sol, el control de actuadores y el microprocesador digital necesarios para controlar la orientación del satélite durante todas las fases de su vida. El diseño del ACS esta basado en un control de tres ejes para su operación en órbita, figura 3.5.

Los procesadores de control son la parte principal del subsistema; procesan las entradas de los sensores controlan los impulsores y procesan datos de la órbita durante las fases de la misión. Las maniobras de control de orientación y velocidad son ejecutadas mediante comandos enviados desde tierra que accionan los impulsores del satélite, basados en datos enviados por el satélite a través de telemetría.



LA FIGURA MUESTRA LOS TRES EJES DE CONTROL DEL ACS (Yaw, Roll y Pitch)

Figura N° 3.5

### **3.3.4 Subsistema de propulsión.**

El subsistema de propulsión es requerido para llevar a cabo maniobras durante la órbita de transferencia y en la órbita geoestacionaria; maniobras necesarias para hacer las correcciones de las perturbaciones provocadas al satélite por las fuerzas gravitacionales entre la tierra, la luna y el sol.

Esta constituido por un tanque de catalizador, tanques de combustible (hidrazina) y por impulsores que se encienden dependiendo de las necesidades de corrección del satélite. Existen satélites que utilizan cuatro impulsores (estabilización por giro) y otros que utilizan doce impulsores (estabilización por tres ejes).

### **3.3.5 Subsistema térmico.**

Este subsistema es el encargado de mantener térmicamente estable el satélite, es decir, cuando el satélite tiene una temperatura muy alta o muy baja cuenta con elementos que actúan para regular la temperatura. El control térmico es realizado por el uso de los siguientes elementos radiadores multizona Norte y Sur equipados con los tubos de calor, acabados pasivos, mantas de aislamiento multicapa y calentadores de resistencia eléctrica. Las temperaturas máximas para los diferentes subsistemas ocurren en distintas épocas del año, la temperatura de los componentes montados en la plataforma depende del nivel de potencia manejado por los transpondedores en operación. La degradación del radiador es un factor determinante para que el satélite este más caliente al final de la vida, para la mayoría de los componentes las temperaturas más bajas ocurren al inicio de la vida durante los eclipses más prolongados.

### **3.3.6 Subsistema de comunicaciones.**

El subsistema de comunicaciones consiste de una sección de transpondedores (repetidores) y otra de antenas; en el caso de los satélites de comunicaciones las bandas comúnmente utilizadas son: banda C (6-4 Ghz), banda Ku (14-11 Ghz) y banda L (1.5-1 Ghz); las características técnicas más importantes de este subsistema son figura de mérito (G/T), Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE) y densidad de flujo de saturación (SDF).

El ancho de banda y la potencia de transmisión de un repetidor determinan la calidad y cantidad de información que puede enviarse por él. El repetidor recibe la señal incidente y la traslada de la banda recibida a una banda de menor rango, la figura 3.6 ejemplifica un diagrama a bloques simplificado de un transpondedor o repetidor.

La sección de antenas, la componen un arreglo de varios alimentadores, que forman diferentes haces; estos arreglos están diseñados para cubrir las necesidades de demanda de comunicación en diferentes países. El satélite, dirige la energía del repetidor al reflector a través de los alimentadores de bocina y directamente a la tierra; para recibir refleja la señal de tierra en el reflector y éste hacia los alimentadores de bocina.

---

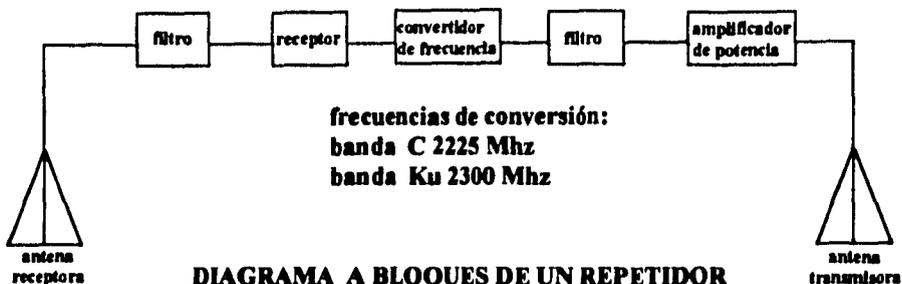


Figura N° 3.6

Los pasos para el diseño de un haz de cobertura se realiza haciendo una composición de mapas de cobertura, identificación del funcionamiento óptimo de la rejilla, la selección de la geometría y arreglo de los alimentadores. La nueva tecnología estudia sustituir el arreglo de alimentadores por un cambio de forma en el reflector, la figura 3.7 ilustra las diferencias de diseño entre una tecnología y otra.

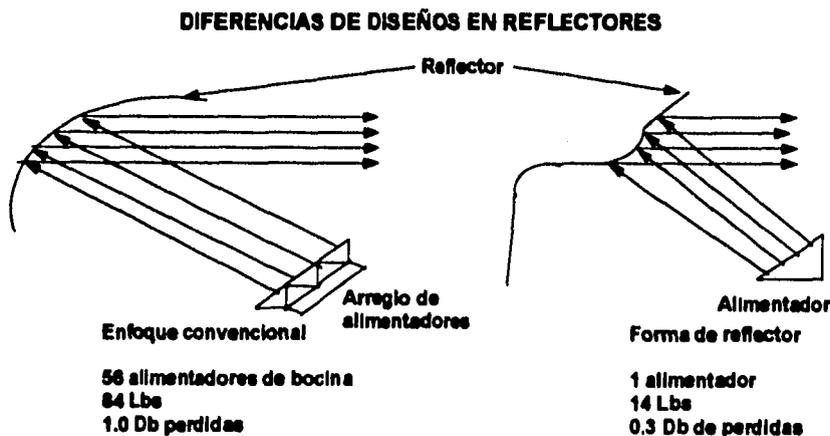


Figura N° 3.7

### 3.4 SATELITE EMPLEADO EN LA RED VSAT.

El satélite empleado en la red VSAT, es uno de los que conforma el nuevo sistema de satélites Mexicanos denominado 'Solidaridad', compuesto por dos satélites ubicados dentro de la órbita geoestacionaria a 113.0 °W y 109.2°W respectivamente, La figura 3.8 muestra la ubicación de estos satélites dentro de la órbita geoestacionaria. Los satélites Solidaridad son de forma triaxial (ver satélites triaxiales).

Los satélites 'Solidaridad' tendrán cobertura Nacional y Regional, en el caso de operación en la banda Ku (14.5-11.7 Ghz) los satélites cubrirán toda la República Mexicana y las principales ciudades de los Estados Unidos, para la banda C (3.7-6.4 Ghz) cubrirán México, el sur de Estados Unidos, Centroamérica, el norte de Sudamérica y el Caribe, para la banda L (1.6-1.5 Ghz), la cobertura será toda la República Mexicana y el mar patrimonial a 200 millas náuticas, la figura 3.9 ilustra dichas coberturas.

Dentro de los grandes beneficios que traen consigo los satélites 'Solidaridad' se pueden mencionar los siguientes:

- Incremento sustancial de la potencia de las señales .
- Más del doble de la capacidad de la primera generación.
- Cobertura a los países vecinos.
- Haces dirigidos a países Sudamericanos.
- Sistema de respaldo mejorado.
- Mejoras de confiabilidad.
- Mejor relación G/T en los receptores de comunicaciones.
- Vida útil más larga.

Las características generales de los Satélites Solidaridad son:

Modelo	HS-601
Estabilidad	Triaxial
Peso total	2772 Kgs.
Peso seco	1282.6 Kgs.
Combustible	1489.4 (365.68) Kgs.
Potencia	3370 watts
Vida útil	14 años
Dimensiones	11m. antena-antena 25.5 m. con paneles desplegados

---

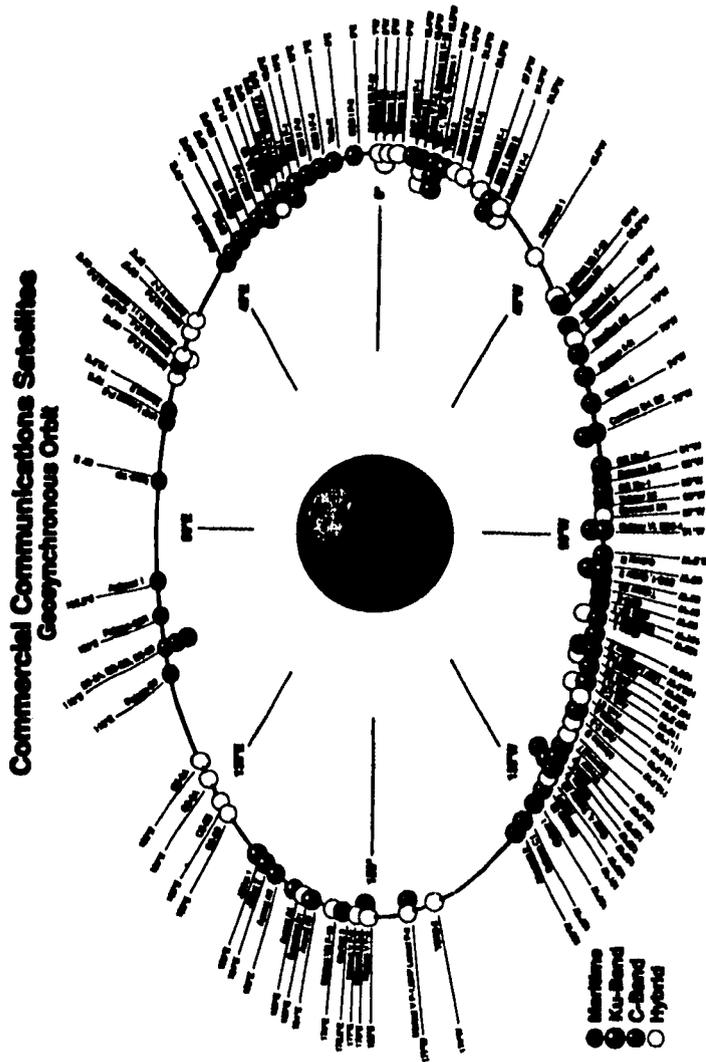
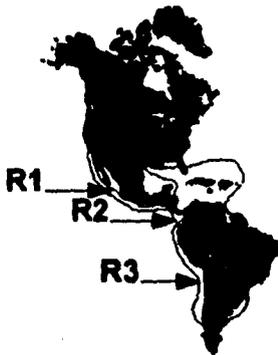


Figura N° 3.8

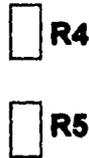
### REGIONES DE COBERTURA DEL SATELITE SOLIDARIDAD



**FRECUENCIAS:**

ENLACE DE SUBIDA 6.8 A 6.4 GHz.  
ENLACE DE BAJADA 3.7 A 4.3 GHz.

**BANDA C (4-8 GHz)**



**FRECUENCIAS:**

ENLACE DE SUBIDA 14.8 A 14.5 GHz.  
ENLACE DE BAJADA 11.7 A 12.2 GHz.

**BANDA Ku (12-14 GHz)**

**DE IDA:**

- USO DE AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO DE LA BANDA KU.
- 4 SUB-BANDAS DENTRO DE 1620-1630 MHz

**DE REGRESO:**

- 4 SUB-BANDAS DENTRO DE 1620.5- 1630.5 MHz.

**COBERTURA:**

- LA REPUBLICA MEXICANA COMPLETA Y EL MAR PATRIMONIAL A 200 MILLAS NAUTICAS

**BANDA L (1 - 1.6 GHz)**



Figura N° 3.9

### 3.5 TECNICAS DE ACCESO AL SATELITE.

Se ha hecho ya mención de las grandes ventajas que representa la comunicación vía satélite, así también se describieron los elementos que involucra un sistema de comunicación vía satélite. El problema es como explotar de una manera más eficiente los anchos de banda y potencias de un satélite; la solución plantea el uso de las diferentes técnicas de acceso múltiple.

Las técnicas de acceso múltiple son utilizadas para que un gran número de estaciones terrenas puedan acceder a un satélite de manera simultánea aprovechando al máximo las características de potencia y ancho de banda de un transpondedor; permitiendo que una o varias estaciones que se encuentran dentro de la zona de cobertura puedan recibir las señales.

El problema más frecuente al utilizar técnicas de acceso múltiple, es el de seleccionar la técnica más adecuada en base a la información que se transmita de un punto a otro, ya sea voz, datos o ambos. Las técnicas de acceso comúnmente usadas son:

- Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).- En el cual cada estación terrena que forma parte de una red, tiene una frecuencia propia para operar en el satélite.

- Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).- En esta técnica las estaciones que forman una red emplean la misma frecuencia, pero en diferentes tiempos.

- Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).- Aquí todas las estaciones terrenas usan la misma frecuencia al mismo tiempo pero con códigos distintos. La figura 3.10 muestra en forma gráfica estas técnicas de acceso.

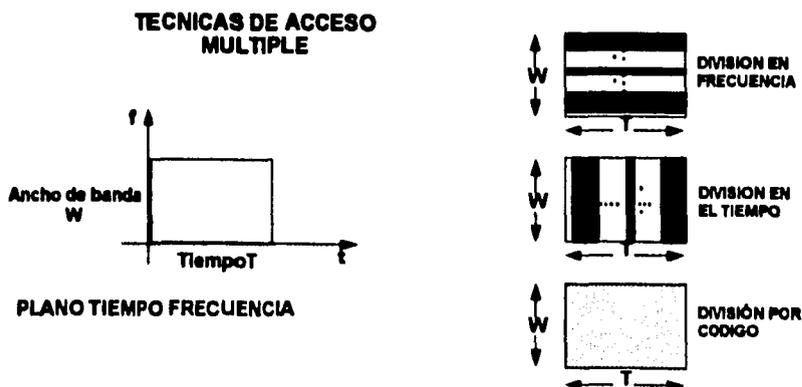


Figura N° 3.10

### 3.5.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).

Cuando varias estaciones terrenas accesan a un transpondedor utilizando cada una de ellas una frecuencia diferente ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ) como se muestra en la figura 3.11 a, se estará hablando de un sistema FDMA. En un sistema FDMA, se asigna una frecuencia diferente a cada portadora y con cierto ancho de banda, y además con una banda de guarda, para evitar la interferencia entre éstas, ver figura 3.11b.

#### SISTEMA DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA

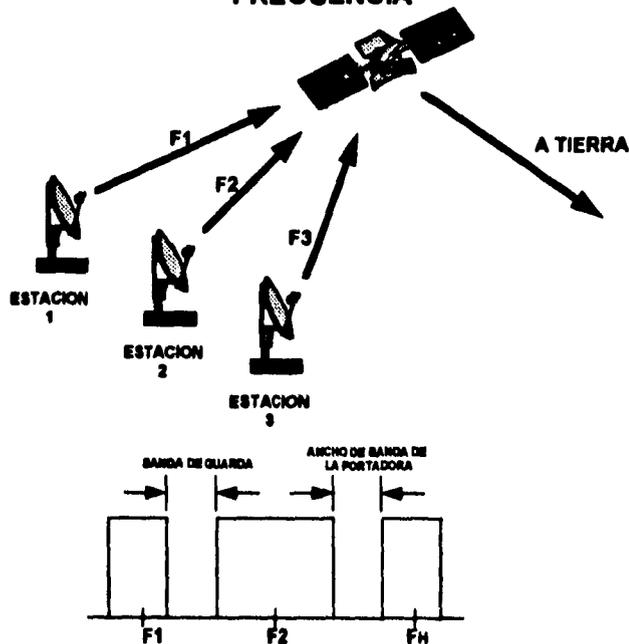


Figura N° 3.11 a),b)

Uno de los problemas en la operación del sistema FDMA es la presencia de productos de intermodulación en el ancho de banda de las portadoras. Estos se pueden mantener en niveles aceptables mediante una selección apropiada de las frecuencias o la reducción de los niveles de potencia de entrada.

Los productos de intermodulación son consecuencia de las características no lineales del amplificador del satélite (TWTA, SSPA), para evitar la generación de productos de intermodulación, debemos asegurarnos de trabajarlo en su región lineal. La

figura 3.12 muestra la curva de transferencia de un TWTA (amplificador de tubo de ondas progresivas).

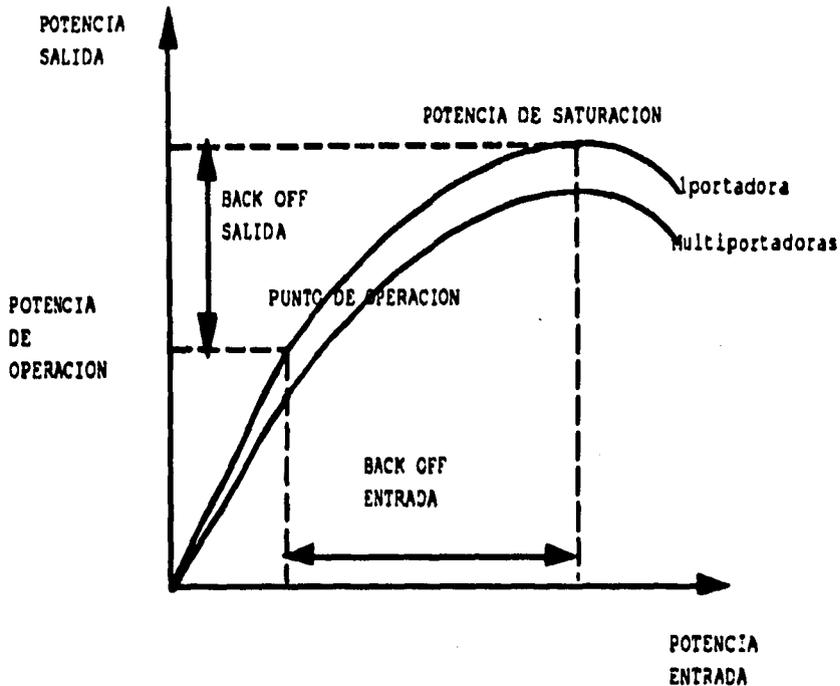


Figura 3.12

En un TWTA que trabaje con una sola portadora o con multiportadoras el punto de saturación, así como, los 'back off's' de entrada y salida varían. Los 'back off's' son los niveles de potencia no aprovechable, y son calculados con el fin de trabajar siempre dentro de la región lineal y evitar así los productos de intermodulación.

El FDMA se puede dividir en FDM/FM/FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia/Frecuencia Modulada/Múltiplexaje por división de frecuencia), SCPC/FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia/Canal Único por Portadora) y DAMA (Acceso Múltiple por Asignación de Demanda).

#### SISTEMA FDM/FM/FDMA

Desde el inicio de la modulación analógica, la modulación en frecuencia ha sido utilizada para modular señales en la comunicación satelital en el sistema FDMA. La técnica FDM/FM, resulta muy eficiente en el aprovechamiento del espectro en el sentido

de que cada enlace entre dos estaciones tiene asignada una frecuencia única que no puede ser utilizada por ningún otro enlace en ningún momento.

En la transmisión de multiportadoras, donde la estación terrena transmite varios canales telefónicos dentro de una portadora modulada hacia el satélite en un sistema FM, es conocido como FDM/FM/FDMA.

En esta técnica cada estación terrena arregla los canales y grupos de canales en supergrupos de 60 canales que ocupan una banda base de 256Khz o bien grupos de 12 canales con un ancho de banda de 48Khz, cuando los requerimientos de tráfico son menores. La figura 3.13 ejemplifica un sistema FDM/FM/FDMA.

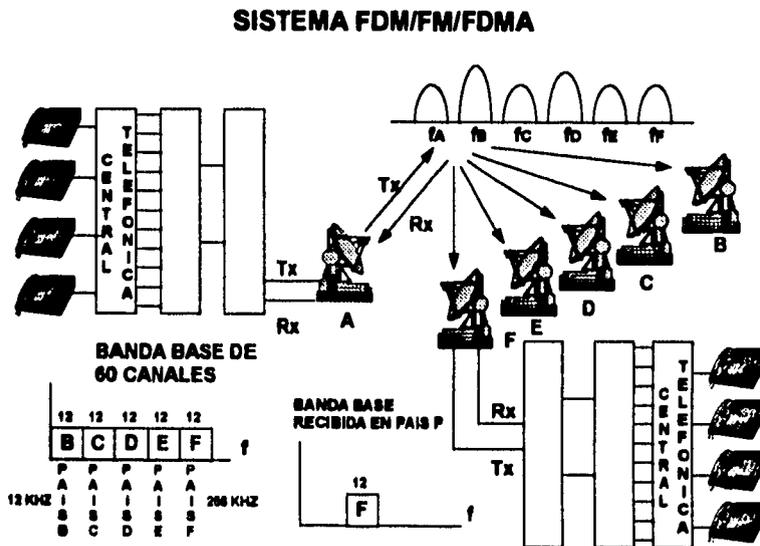


Figura N° 3.13

La desventaja que presenta es el excesivo consumo de potencia; la señal puede estar trabajando a su máxima capacidad de canales de voz o trabajar con muy pocos canales, pero siempre estará consumiendo la misma potencia del transpondedor. Durante el día se tendrá mucha demanda de canales de voz, en la tarde bajará, pero se mantendrá siempre la portadora en el satélite consumiendo potencia y ancho de banda del transpondedor.

**CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC).**

En este tipo de sistema, la portadora es generalmente activada por voz cada canal telefónico se modula independientemente por separado en una señal de radio frecuencia

(RF) y la envía al satélite en el sistema FDMA , la modulación puede ser analógica como FM o digital como PSK.

El sistema FDMA/SCPC funciona de tal manera que si un conjunto de usuarios que desean transmitir mensajes mediante el satélite a cada mensaje se le asigna un ancho de banda determinado y éste será para uso exclusivo del mismo.

Dado que las llamadas telefónicas son aleatorias, el ancho de banda de un transpondedor se puede aprovechar al máximo si las frecuencias portadoras de RF se asignan temporalmente a las estaciones terrenas, esta modalidad recibe el nombre de DAMA (Acceso Múltiple por Asignación de Demanda)

#### **DAMA (Acceso Múltiple por Asignación de Demanda)**

El sistema SCPC/DAMA es comunmente utilizado en redes que tienen instaladas muchas estaciones terrenas pequeñas (100 o más), con una intensidad de tráfico bajo. Este sistema cuenta con una estación maestra de control la cual es una interfaz entre las pequeñas estaciones terrenas y la red de conmutación; la idea de la estación maestra de control es minimizar los costos de las estaciones remotas. La comunicación entre estaciones terrenas se lleva a cabo siempre por medio de la estación de control.

Cuando en un sistema SCPC/DAMA la red utiliza un control distribuido de le conoce como un sistema SPADE, este no utiliza una estación maestra de control pero si un sofisticado controlador de DAMA que resulta muy costoso.

Cada estación es independiente; como control de comunicación este sistema utiliza un canal de señalamiento común. La red SPADE tiene capacidad para acomodar 48 estaciones, cada una tiene un máximo de capacidad de 60 circuitos. Los canales de voz estan codificados en PCM y la portadora modulada en QPSK. El sistema SPADE se muestra en la figura 3.14.

#### **Características FDMA**

- Transmisión simultánea de varias portadoras a diferentes frecuencias con espectros no superpuestos
- El formato de la distribución de portadora depende de:
  - a) La distorsión de la señal
  - b) La interferencia de canales adyacentes
  - c) La intermodulación de amplificadores.

#### **Ventajas**

- Simplicidad en el desarrollo del sistema.

#### **Desventajas**

- utilización ineficiente de la potencia y ancho de banda, debido a la utilización de 'back-off's' en el amplificador del satélite, así como de bandas de guarda entre los espectros de portadoras.

PLAN DE FRECUENCIAS SCPC TIPICO

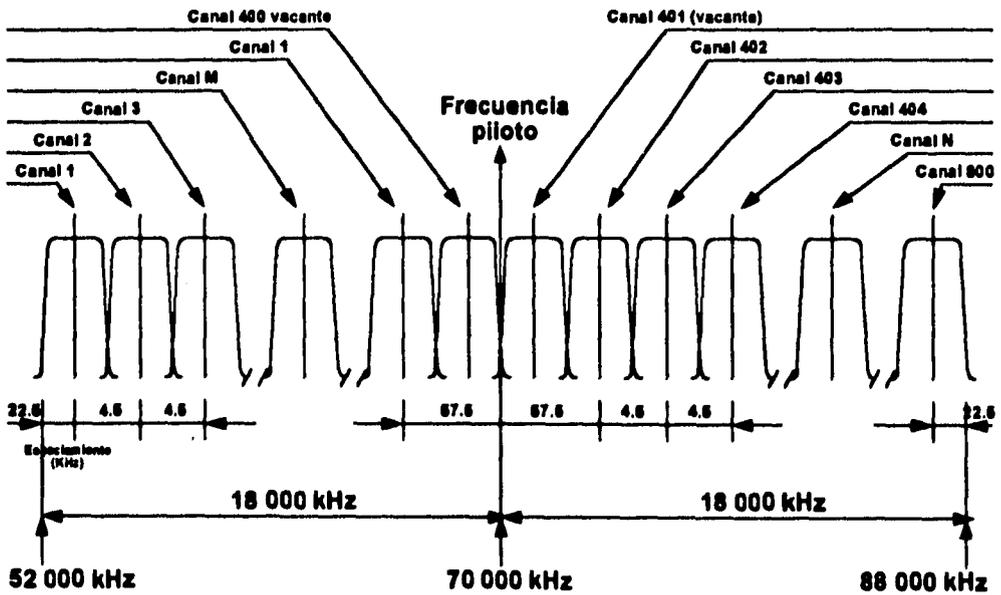


Figura N° 3.14

### 3.5.2 Acceso Múltiple por División del Tiempo (TDMA)

El sistema TDMA permite que varias estaciones terrenas transmitan su información (voz, datos, video) utilizando la misma frecuencia de un transpondedor, la diferencia con el FDMA será que ahora estaciones accesarán al satélite en intervalos diferentes de tiempo. Una portadora en el transpondedor no generará productos de intermodulación permitiendo que se pueda utilizar la máxima potencia del transpondedor

Las transmisiones se llevan a cabo en forma de paquetes de corta duración ver figura 3.15 con alta repetición; la portadora es compartida en el tiempo para permitir que cada estación pueda transmitir su información usando paquetes sincronizados, es decir, todas las estaciones terrenas llegarán al satélite en intervalos secuenciales sin que exista interferencia entre ellas. La clave para la operación TDMA es la sincronización de la red, misma que se logra con el reloj del propio sistema el cual es adaptado a todas las estaciones receptoras y transmisoras.

#### ESTRUCTURA DE TRAMA TDMA

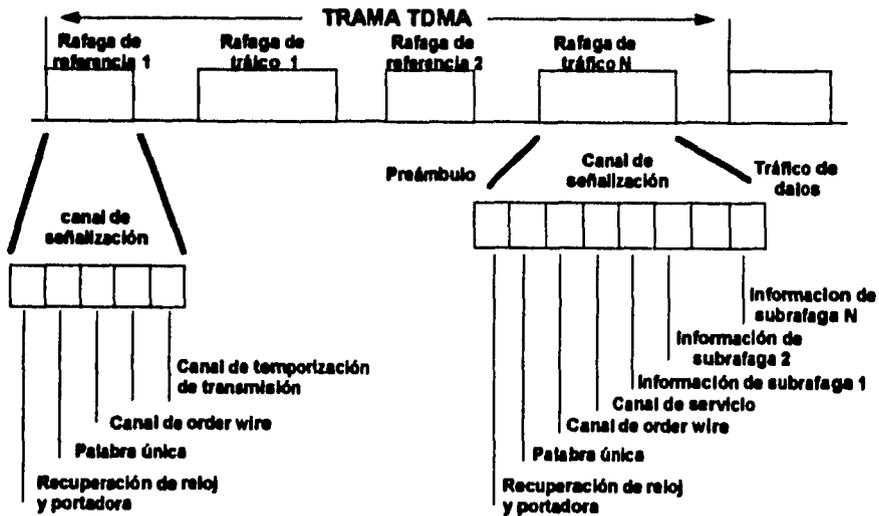


Figura N° 3.15

**Trama del TDMA.-** Una red TDMA se compone de un arreglo de paquetes originados por un número de estaciones terrenas, estos arreglos son conocidos como "trama TDMA " y están formados por dos paquetes de referencia RB1 y RB2, paquete de tráfico y el tiempo de guarda o de protección entre ambos paquetes. La figura 3.15 muestra la trama de un TDMA.

**Paquetes de Referencia.-** Cada trama de TDMA normalmente consiste de dos paquetes de referencia RB1 y un paquete RB2 para seguridad. El Paquete de Referencia Primario (PRB) puede ser cualquiera de los RB1 o RB2 y es transmitido por una de las estaciones en la red diseñada como la Estación de Referencia Primaria (PRS). El Paquete de Referencia Secundario (SRB), el cual puede ser cualquier RB1 (si PRB=RB2) o cualquier RB2 (si PRB=RB1) es transmitido por una Estación de Referencia Secundaria (SRS) la cual permite conmutar automáticamente en el caso de la Estación de Referencia Primaria falle y así suministrar un servicio continuo para la red TDMA.

La portadora de los paquetes de referencia no llevan información y son usados para proporcionar referencias de sincronización para todas las estaciones que conforman la red.

**Paquetes de Tráfico.-** Los paquetes de tráfico transmitidos por las estaciones llevan información, la longitud del paquete de tráfico (información) depende de la cantidad de información que lleve y puede ser cambiada si se requiere; la ubicación de los paquetes de tráfico en la trama esta referidos por tiempo de ocurrencia del paquete de referencia primaria.

**Tiempos de Protección.-** Un tiempo de protección es requerido entre los paquetes originados desde varias estaciones que accesan a un transpondedor común para asegurarse que los paquetes nunca coincidan cuando llegan al transpondedor. El tiempo de protección debe ser lo suficientemente largo para que permita diferencias en la exactitud del sincronismo de transmisión y en el rango de variación del satélite; el tiempo de protección es normalmente igual al intervalo de tiempo usado para detectar el pulso de sincronismo que se recibe advirtiendo el inicio de una trama de TDMA que llega a una estación.

**Estructura del paquete TDMA.-** En el paquete de tráfico, los bits de información estan precedidos por un grupo de bits referidos como 'preámbulo' que es usado para sincronizar el paquete y para funciones de control de la red, tales como transportar tanto los bits de direccionamiento como los propios bits de control. Normalmente el preámbulo esta constituido por las siguientes partes:

- Una secuencia de recuperación de portadora y reloj cuya función es proporcionar la referencia de portadora y la temporización de bits necesarios para la demodulación en las terminales receptoras.

- Una configuración de bits denominada 'palabra única', que se utiliza para identificar la posición inicial de la ráfaga en la trama y la posición de los bits en la ráfaga, así como para resolver ambigüedades en los bits de la portadora recibida.

- Bits de servicio, con información para las comunicaciones entre teléfono y teleimpresor.

-Bits de control, con información para la gestión de la red, esta sección de preámbulo se denomina 'canal de control'.

El sistema TDMA es muy atractivo, pero requiere de equipo altamente confiable de sincronización. El problema no se limita a asignar intervalos a las estaciones, sino que deben considerarse los desplazamientos del satélite con respecto a su posición normal, ya que al aumentar o disminuir la distancia entre la estación terrena y el satélite varía el tiempo de propagación de la señal.

### **3.5.3 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)**

En el sistema CDMA varias estaciones usan la misma frecuencia de portadora y el mismo ancho de banda asociados al mismo tiempo, pero con códigos distintos; cada estación receptora tiene su propio código el cual es llamado dirección (address), una estación transmisora simplemente modula su transmisión con la dirección adecuada del receptor propuesto. El sistema puede incorporar fácilmente nuevos usuarios, en realidad, no se necesita ningún control de asignación de canales y al aumentar la carga del transpondedor solo se produce una degradación en la calidad de la señal de transmisión.

El CDMA proporciona automáticamente protección a las comunicaciones, gracias a la codificación utilizada, además, las señales están protegidas contra las fuentes de interferencia de banda estrecha. Existen diversas técnicas CDMA, pero las dos más ampliamente utilizadas son la secuencia directa (Direct Sequence DS) y la saltos de frecuencia (Frequency Hopped FH).

En la técnica de secuencia directa DS se genera una secuencia binaria pseudoaleatoria, la estación genera continuamente ciclos a través de su secuencia de dirección, la cual es añadida en la portadora, junto con los datos. La dirección superpuesta en la moduladora del enlace ascendente, produce un ancho de banda mayor que el generado por una sola modulación.

La señal desensanchada, que sigue siendo una señal modulada se recupera utilizando demodulación coherente, así pues, el sistema de espectro ensanchado utiliza como señal de transmisión una portadora modulada por una secuencia pseudoaleatoria de bits característica de la estación. El grado de interferencia entre dos señales recibidas depende de la correlación entre las secuencias pseudoaleatorias respectivas, por lo tanto, en este caso es necesario tratar de generar conjuntos de secuencias con la correlación más baja posible, a fin de poder admitir el mayor número posible de usuarios. La figura N°3.16. ejemplifica un sistema CDMA-DS

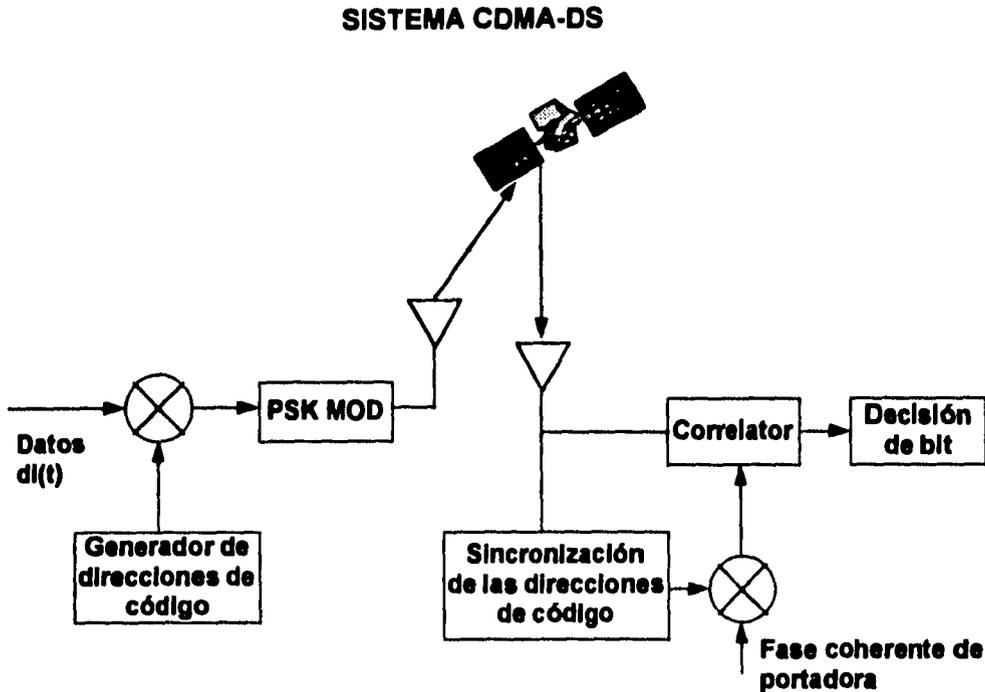


Figura N° 3.16

El sistema de saltos de frecuencia FH cada estación emite una secuencia de impulsos a frecuencias diferentes que abarcan una gran ancho de banda, utilizando un proceso pseudoaleatorio que es específico de cada estación transmisora. El receptor correspondiente debe efectuar los mismos saltos de frecuencia que el transmisor a fin de captar la información deseada. Así en los sistemas FH el código binario conmuta un sintetizador de frecuencias; la configuración de saltos está determinada por el código. Las técnicas FH no requieren una alta velocidad de segmentos para producir una anchura de banda muy grande; típicamente las velocidades de segmentos son mucho mayores en la DS que en la FH. En el receptor, el sintetizador de frecuencia local se conmuta con la réplica del código binario transmitido y la señal se recupera utilizando demodulación no coherente, ya que es difícil mantener la coherencia de fase cuando se efectúan saltos de frecuencia en una amplia gama. La figura 3.17 ejemplifica el sistema CDMA-FH

## SISTEMA CDMA-FH

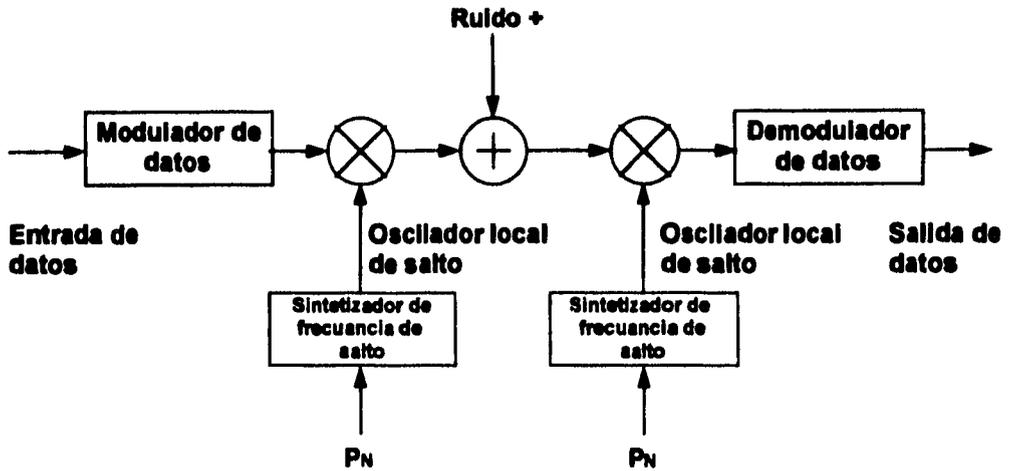


Figura N° 3.17

CAPITULO IV

ESTACION REMOTA

Uno de los sistemas que integran la red VSAT son las estaciones remotas, las cuales se encuentran geográficamente distribuidas para el servicio del usuario final.

La estación remota esta diseñada para un costo real de operación para el usuario, en donde se incluyen tres subsistemas: Subsistema de Antena que consta de una pequeña antena offset que se instala fácilmente; Subsistema de Unidad de Radio Frecuencia (ORU), situado en la antena; se utiliza para recibir y transmitir todas las señales, esta conectado directamente a través de un cable especial a la Unidad de Procesamiento Digital (DPU). Esta última es la parte fundamental del sistema para control y procesamiento, proporciona al usuario final flexibilidad para soportar diferentes protocolos y velocidades. Figura 4.1.

SUBSISTEMAS DE LA ESTACION REMOTA

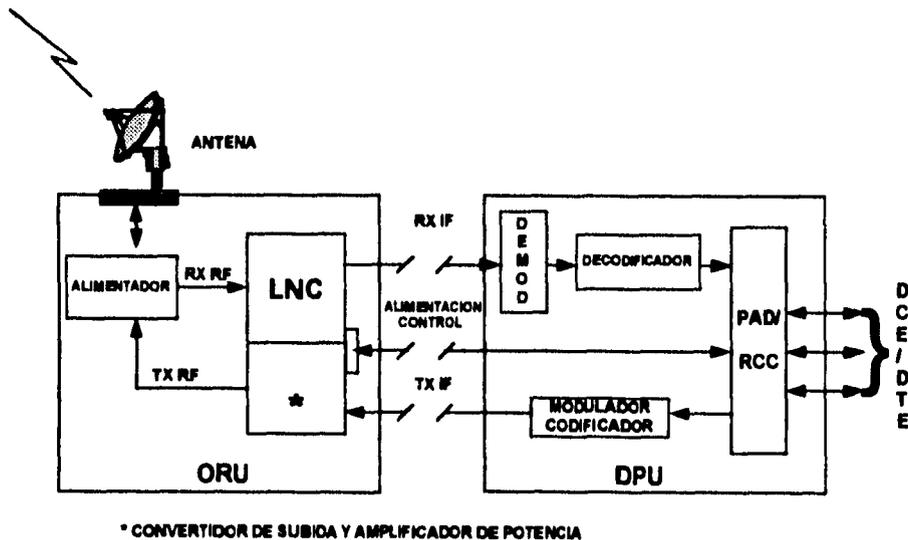


Figura N° 4.1

## 4.1 SUBSISTEMA DE ANTENA

La función principal del subsistema de antena es concentrar la energía en determinada dirección, la antena se ubica justamente en los puntos de entrada y/o salida de la señal del sistema, y de éstas depende la eficiencia que se tenga en la transmisión y/o recepción de la información.

Algunas de las características de las antenas utilizadas para un enlace en una estación remota VSAT ( Very Small Aperture Terminal ), se muestran a continuación. Sea tomando referencia de varios proveedores, por esta razón, en algunas de las características se mencionan rangos.

La antena utilizada para el enlace es de tipo Offset de Foco Primario, (figura 4.2) con un pedestal que realiza la función de soporte, donde se encuentra el mecanismo para la elevación y el azimut de la antena, (figuras 4.3 y 4.4 está diseñada para proporcionar la rigidez requerida y un preciso apuntamiento para su operación. La antena VSAT trabaja en la banda Ku y mide 1.8 m a 2.4 m dependiendo de las características requeridas.

### Especificaciones Eléctricas

#### Operating Frequency GHz

Receive 11.70 - 12.20 (Banda Ku)

Transmit 14.00 - 14.50 (Banda Ku)

#### Gain, Steady State, Mid - Band.

Receive 45.0 a 48.2

Transmit 46.5 a 49.9

Polarization Linear

#### VSWR, Máximum

Receive 1.30

Transmit 1.30

**Beamwidth, Mid-band, Degrees****-3 dB****Receive            0.68° a 0.87°****Transmit           0.57° a 0.74°****-15 dB****Receive            1.42° a 1.76°****Transmit           1.19° a 1.48°****Feed Interface Flanges mate with Receive and Transmit****WR75****Radiation Pattern Performace****Per FCC Regulation 25 - 209****Especificaciones Ambientales****Operational Winds    40 MPH a 60 MPH****Survival Wind            100 MPH a 125 MPH****Temperature,  
Operational            -29° F a 125° F  
                              -40° F a 140° F  
                              -20° F a 140° F****Relative Humidity      100%****Solar Radiation        360 BTU/hr/ft<sup>2</sup> ( 1135 watts/ m<sup>2</sup> )  
  
                              ( 1000 Kcal/hr/m<sup>2</sup> )**

Rain

Up to 4 in (102 mm)/ hr

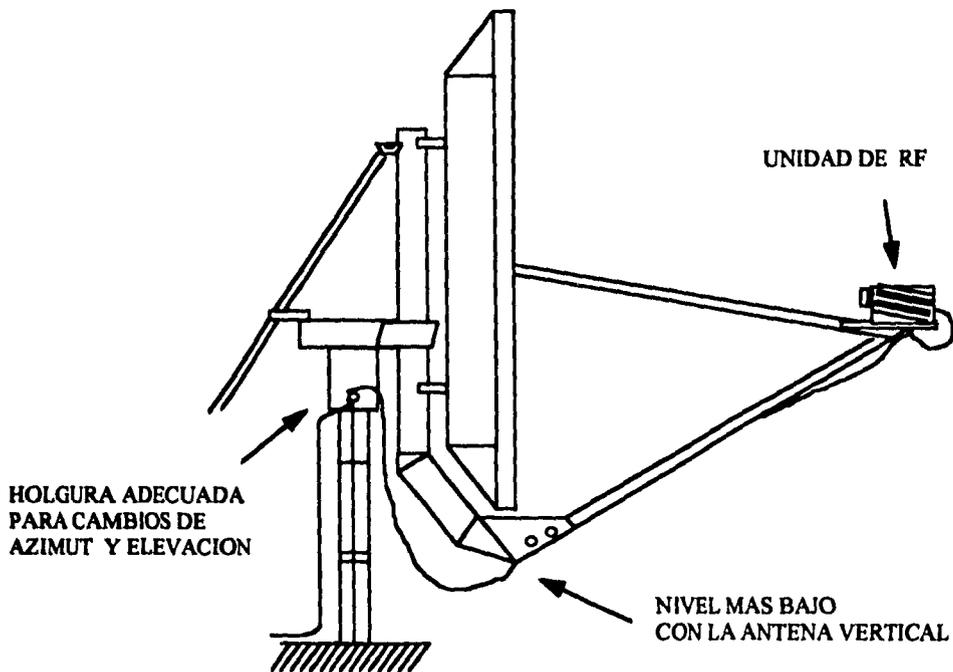
**Especificaciones Mecánicas****Antenna Pointing Range**Elevation  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ Azimuth  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ Polarization  $180^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ 

Figura N° 4.2

**DEFINICION DEL ANGULO DE ELEVACION DE LA ANTENA DE UNA ESTACION TERRENA**

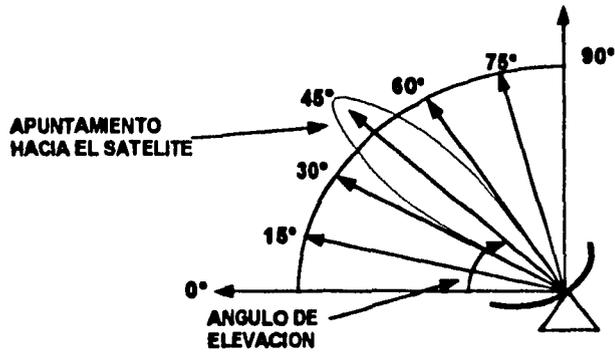
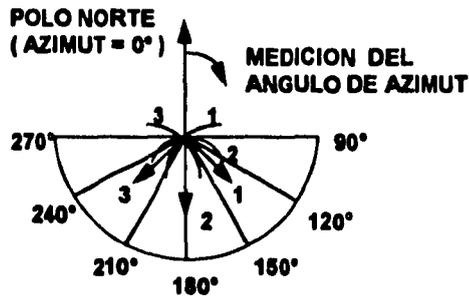


Figura N° 4.3



**DEFINICION DEL ANGULO DE AZIMUT DE LA ANTENA DE UNA ESTACION TERRENA, SE MUESTRA TRES ORIENTACIONES DISTINTAS DEL PLATO PARABOLICO; LAS FLECHAS INDICAN LA DIRECCION DE MAXIMA RADIACION PARA CADA CASO.**

Figura N° 4.4

## 4.2 SUBSISTEMA DE RADIO FRECUENCIA

La Unidad Externa de Radio Frecuencia (ORU), es un dispositivo que se encuentra colocado en el punto focal de la antena, con el cual se reciben y transmiten todas las señales. Este subsistema está constituido a la recepción de un convertidor de bajo ruido (LNC), y a la transmisión de un convertidor ascendente, y un amplificador de potencia de estado-sólido (SSPA).

El convertidor de bajo ruido tiene como función específica amplificar las señales procedentes del alimentador de la antena y trasladarlas en frecuencia; de frecuencia de banda Ku a frecuencias de banda L.

El convertidor ascendente convierte las señales a transmitir, de banda L a banda Ku. La función del SSPA es amplificar éstas señales, que serán transmitidas hacia el Satélite.

Esta unidad incluye también, un diplexor cuya función es separar una señal de referencia de la señal de Radio Frecuencia transmitida. La señal de referencia (50Mhz) es utilizada por ambos convertidores para asegurar la sincronización de frecuencia.

El sistema de circuitos de Radio Frecuencia está contenido dentro de un encapsulado de aluminio. El encapsulado está montado en el punto focal de la antena y adherido directamente a la bocina de alimentación.

Una de las características importantes de la Unidad de Radio Frecuencia (ORU), es que su alimentación proviene directamente del DPU y no de una toma independiente, esto reduce los requerimientos en la instalación y el consumo de energía.

Las señales y la corriente eléctrica del ORU son transmitidas por un cable de diseño especial IFL (interfacility link), que consiste de tres cables dentro de un mismo forro, que contiene 2 cables coaxiales, uno de transmisión, uno de recepción y un multiconductor para el control y la energía eléctrica. Figura 4.5

### UNIDAD EXTERNA DE RADIO FRECUENCIA

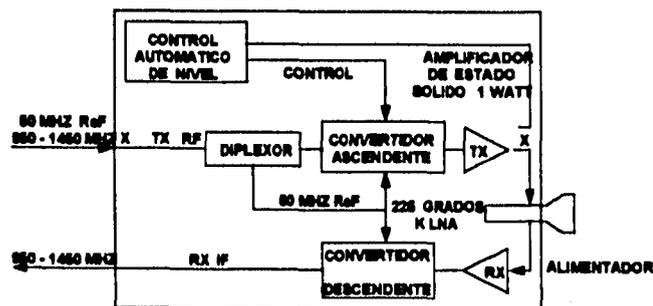


Figura N° 4.5

### **4.3 UNIDAD DE PROCESAMIENTO DIGITAL (DPU)**

La Unidad de Procesamiento Digital es una estructura básica requerida en la estación remota para establecer comunicación bidireccional de datos y voz entre la estación maestra y el equipo del usuario, como dispositivo especializado para la comunicación por paquetes en canales Satelitales, combinando funciones de generación y procesamiento de señales con funciones de control de red.

#### **4.3.1 Funciones Principales del DPU**

\*Realiza la sintonización de frecuencia para una transmisión apropiada de la portadora del enlace retorno (Returnlink): transmisión de la estación remota hacia la estación maestra; y una recepción apropiada de la portadora del enlace de salida (Outlink): transmisión que viene de la estación maestra hacia la estación remota.

\*Demodula la señal de radio recibida de la antena, realizando la recuperación de los datos de una transmisión de radio, convirtiéndola a una señal digital y verificada por el controlador de comunicaciones remoto.

\*Proporciona la modulación de señales digitales recibidas del equipo del usuario, para convertirla en señal de radio y trasladarla a la Unidad de Radio Frecuencia (ORU), para la transmisión al Satélite.

\*Realiza la autocorrección de error (FEC), codificando y decodificando para minimizar el índice de error (BER) en ambos sistemas de transmisión y recepción. Esto se logra mediante el uso de un algoritmo, que permite que el extremo receptor sea capaz de reconstruir el mensaje original aún en caso de que se hayan introducido errores durante la transmisión.

\*Realiza funciones de sincronización y vigila la red a través de un Controlador de Comunicaciones Remoto (RCC); éste, también monitorea y controla el hardware de comunicación de sitios remotos.

\*Realiza las funciones de PAD (Packet Assembler/Disassembler) el cual convierte una secuencia de datos de usuario a paquetes y viceversa. Este PAD funciona como interfaz entre el protocolo de comunicaciones del equipo del usuario y el protocolo X.25 de la unidad de procesamiento.

Estas funciones son realizadas por cuatro tarjetas contenidas dentro de la unidad de procesamiento digital. Las tarjetas mencionadas se enuncian a continuación:

- Tarjeta Decodificadora
- Tarjeta Demoduladora
- Tarjeta Moduladora
- Tarjeta PAD/RCC (Packet Assembler Disassembler/Remote Communications Controller)

Dentro de la Unidad de Procesamiento Digital, a los datos que vienen del equipo del usuario, durante una transmisión, son formados en paquetes por el PAD (Packet Assembler/Disassembler), son codificados por un proceso, que consiste en añadir bits de redundancia de una forma controlada a la información que requiere protección, esta información adicional suministrada para redundancia es utilizada para detectar y/o corregir errores que ocurran durante la transmisión, con objeto de minimizar el índice de error (BER), para lograr una calidad determinada. Además, se modula la señal digital recibida, para convertirla en una señal de radio, utilizando la técnica BPSK (Conmutación de fase binaria, donde la fase de la portadora cambia entre dos valores separados por pi radianes con cada dígito binario).

La señal resultante es convertida a señal de banda L para ser transmitida al equipo externo de Radio Frecuencia (ORU). La tarjeta demoduladora recupera un pulso de reloj, el cual es utilizado para producir la señal de referencia de 50 MHz que es enviada también a la unidad externa de radio frecuencia (ORU). En el lado de recepción, dentro del mismo DPU, las señales de banda L entregadas por el ORU, son filtradas aun más en frecuencia, la cual es entregada y demodulada utilizando la técnica BPSK, y procesados por un decodificador. Estas señales son entonces transformadas del formato de paquetes al formato de datos original para el procesamiento en el equipo del usuario.

Figura 4.6

UNIDAD DE PROCESAMIENTO DIGITAL

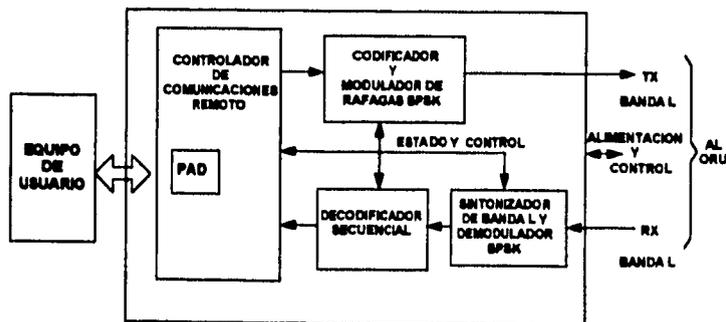


Figura N° 4.6

La tarjeta PAD/RCC contiene 4 puertos físicos para equipo de usuario . Cada puerto puede ser conectado directamente a un grupo de controladores de terminales, a un modem o para un dispositivo multiplexor. Cada puerto puede manejar hasta 8 circuitos virtuales. Figura 4.7

### CONEXION FISICA DE PUERTOS PARA USUARIO

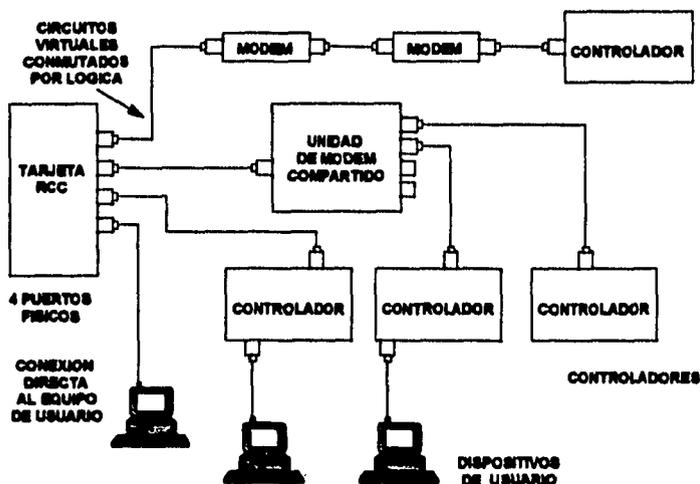


Figura N° 4.7

El chasis del DPU mide aproximadamente 5 1/4" de alto por 17" de ancho por 15" de profundidad. Todos los circuitos activos excepto el suministro de potencia están montados en 4 plugs tarjetas.

Dentro del chasis se localiza un módulo de suministro de potencia removible . Las tarjetas moduladoras, demoduladoras y decodificadoras están conectadas a la tarjeta Controladora de Comunicaciones Remota (RCC). La RCC es el centro nervioso de la estación remota.

Además de controlar al modulador y demodulador, este módulo (RCC) sirve como interfaz del equipo terminal de datos de usuario, con la red Satelital; sirve también como interfaz de la estación remota (como un todo) con el Sistema de Control de la Red (NCS) en la estación maestra.

---

Funciones del controlador de comunicaciones remoto, como sistema de control, para cada estación remota (RCC).

- \* Procesa la entrada del flujo de datos (de la estación maestra a la estación remota) para enrutarlo hacia el PAD, a la función apropiada de monitoreo/control, o la función de reservación/sincronía.

- \* Accesa el flujo de datos (que va de la estación remota hacia la estación maestra) a la red satelital referenciando, la información de reservación y sincronía recibida de la estación maestra.

- \* Ejecuta la función de monitoreo del hardware más importante del sitio remoto y envía mensajes de las fallas al Sistema de Control de Red (NCS).

- \* Proporciona, al control remoto de hardware de comunicación al operador de la estación maestra.

El PAD actúa como interface del protocolo de equipo del usuario con el protocolo de la red (X.25), los dos diferentes PAD pueden ser operados simultáneamente dentro de la misma unidad de procesamiento DPU. Esta capacidad permite al usuario poder soportar dos diferentes puertos de protocolo teniendo una interface para el mismo DPU del lugar remoto.

Las características extendidas del Protocolo Concurrente Múltiple (MCP) permite manejar tres protocolos : X.25, SDLC y Asíncrono ( utilizando X.3, X.28, y X.29). De estos tres protocolos, dos pueden estar operando simultáneamente dentro del mismo DPU. Los correspondientes tipos de PAD son el XPAD, el QPAD, y APAD, respectivamente.

Bajo estas circunstancias, el Controlador de Comunicaciones Remoto (RCC), llamará al Sistema de Control de Red (NCS) de la estación maestra, siempre que detecte una falla crítica y ésta, automáticamente contestará las llamadas de NCS, cuando éste último se de cuenta de alguna falla no detectada por el RCC.

En la esquina inferior izquierda del panel frontal del DPU, se encuentran los indicadores (LEDs) de estado para el enlace (outlink) del sitio, el sistema de RF, el estado del DPU mismo, con sus cuatro tarjetas, el estado del equipo de usuario y el suministro de energía.

Los indicadores del panel frontal estan asociados con cada una de las cuatro tarjetas que integran la Unidad de Procesamiento Digital.

El estado de los indicadores en la Unidad de Procesamiento Digital son enviados a la terminal del operador, que se encuentra en la estación maestra, en donde aparecen como mensajes de alarma.

## CAPITULO V

### DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA MONITOREO DE ACTIVIDADES DEL USUARIO

#### 5.1 INTRODUCCION

El programa desarrollado por este grupo de tesisistas tiene la finalidad de ayudar, dentro de lo posible, a manejar la información que el sistema genera; información que por la manera en que es entregada, resulta tedioso el analizarla. A pesar de ello, tal análisis (o depuración) debe llevarse a cabo con cierta frecuencia. De hecho, una de las principales razones que nos llevo a pensar en la elaboración de este programa fue el notar que para elaborar un reporte que indicaba el tiempo que un usuario había utilizado el enlace durante un mes, una persona se tardaba varios días, de cuales la mayor parte se invertía en revisar línea a línea cada uno de los archivos del mes (se abre uno cada día, el cual puede tener hasta 80 páginas), buscando cuando había sucedido un evento de falla y cuando éste se había restablecido, después hacer la diferencia de tiempos, para poder proporcionar el tiempo que duró el evento, luego sumar todos los tiempos de los eventos ocurridos en ese mes, en cada sitio remoto (pueden ser 25,15, etc. dependiendo del usuario) y por último ordenarlas por usuario para de alguna manera generar un diagrama de barras. El programa que nosotros hemos elaborado tiene dentro de su menú de aplicaciones una opción que puede realizar, lo que se acaba de describir, en cuestión de minutos y con mínima intervención de operador (solo tiene que teclearse el mes o el período de tiempo que desee analizarse).

Por otra parte en el programa se han integrado otras opciones (de las que se hablará más adelante) que intentan hacer más amable (o menos tedioso) el tratar con extensos archivos (de hasta 4800 líneas cada uno), hecho que además puede ocasionar errores que dan por resultado un reporte no muy confiable.

Se ha tratado que el programa sea lo menos complicado posible, tanto por fuera (i.e. el programa ejecutable), como por dentro (i.e. los archivos fuente). El archivo ejecutable despliega menús interactivos, mensajes informativos, y de alarma estos últimos señalan alguna situación anómala que perjudica la funcionalidad del programa.

Los archivos fuente son varios módulos, cada uno con una función específica. Una de las características relevantes del programa es que éste puede ser modificado de una manera relativamente sencilla, debido a su integración por módulos.

Lo anterior implica que para ser actualizado, en caso de ser necesario, o para agregarle alguna función extra, no será necesario modificar todo el programa sino exclusivamente el módulo que tenga relación con la necesidad actual.

El lenguaje de programación utilizado es FORTRAN, un lenguaje de alto nivel que permite programar de manera estructurada. Aprovechamos las facilidades que éste compilador (versión 5.1) nos da, para generar una aplicación (nuestro programa) que corre bajo windows, pudiendo manejar de esta manera, varias ventanas dentro de la misma pantalla, con las características propias de windows.

Para lograr una mejor presentación de resultados utilizamos una computadora con monitor SVGA (modo de resolución de 800x600 pixeles).

### 5.2 SOFTWARE DEL SISTEMA (NCS SOFTWARE).

Como ya se mencionó antes (cap. III Estación Maestra), el software del sistema de control de red (NCS) está diseñado para configurar, enviar cargas (de software), monitorear y controlar la red. El NCS consiste de una serie de módulos de software contenidos en el conmutador de paquetes, donde corren bajo el sistema operativo multitarea TRAX (Telematics Resident Applicator Executor).

Estos módulos comparten una base de datos global que contiene la configuración de la red y el estado de los elementos. La base de datos mencionada se actualiza frecuentemente a través de secuencias periódicas de poleo.

La figura 5.1 muestra el diagrama a bloques del software en cuestión.

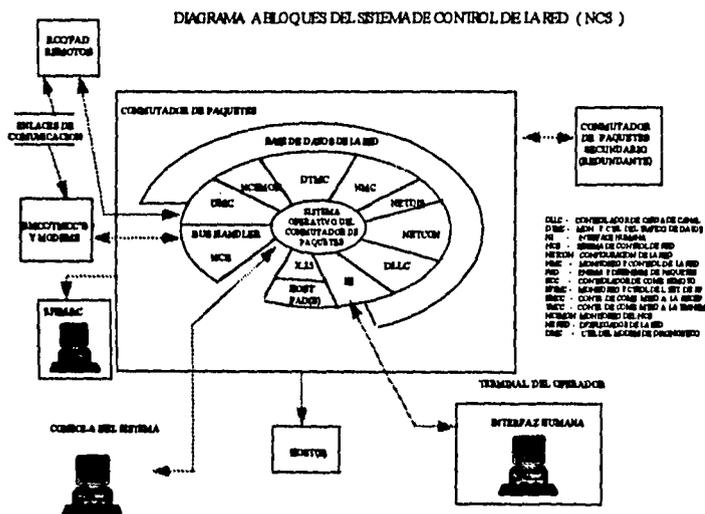


Figura No. 5.1

El módulo NMC (Monitoreo y control de red) polea cada estación remota para conocer su estado, monitorea y controla el equipo de FI de la estación maestra y controla el hardware de comunicaciones de las estaciones remotas.

El módulo DTMC (monitoreo y control del tráfico de datos) integra estadísticas de tráfico de la red obtenidos del conmutador de paquetes y de los TMCCs y RMCCs, maneja también la asignación de ranuras reservados para sitios remotos.

El módulo NETCON (Configuración de la red) maneja la base de datos del NCS incluyendo información de la base de datos global y de la residente en disco.

El módulo DLLC (Controlador de carga de canal) maneja los dos tipos de carga, las solicitadas por el operador y las solicitadas por el RCC o el PAD de un sitio remoto.

El NCS BUS Handler (manejador de Bus del NCS) permite a las tareas de NCS enviar mensajes a los TMCCs y RMCCs a través de sus manejadores de I/O (entrada/salida), enruta, además, todos los mensajes de NCS de los TMCC/RMCCs al módulo del NCS apropiado.

El módulo de software HI (interface humana) enrutada los requerimientos de control y de despliegado de pantallas al módulo apropiado del NCS; enruta también las actualizaciones de pantallas y los mensajes de alarma a la terminal del operador.

El Software del DMC (control de modem de diagnóstico) maneja los modems telefónicos de la estación maestra y puede controlar el envío de carga a través del modem de diagnóstico.

El NCSMON (Monitoreo del NCS) inicia y monitorea las tareas del NCS, se encarga también de la conmutación entre conmutadores de paquetes.

La explicación realizada, para cada módulo de software del NCS contempla la función básica de cada una de ellas, y la finalidad que persigue es la de mostrar la relación existente entre el software del sistema y el operador de la red. Esta relación se da a través de:

1) La terminal del operador; gracias a la cual es posible configurar, cargar, monitorear y controlar la red satelital de una manera relativamente sencilla, debido a la utilización de menús y submenús en cada una de las acciones que el operador desea realizar sobre el sistema.

2) La consola del sistema en la que se genera un reporte de fallas ocurridas en cada una de las estaciones remotas y en la misma estación maestra. Reporte que nos servirá como base para desarrollar el software que describirá en el siguiente apartado.

### **5.3 MENSAJES DE ALARMA DEL SISTEMA**

Los mensajes de alarma generados por el sistema pueden ser registrados de tres maneras, la primera: la ventana de estado ubicada en la parte inferior de cualquier pantalla de la terminal del operador puede desplegar hasta tres mensajes de alarma; el cuarto mensaje de alarma que se presente hará que desaparezca de la ventana el

---

mensaje que se presentó en primer lugar, de tal manera que siempre estarán presentes tres mensajes de alarma más recientes.

La segunda: una impresora conectada a la terminal del operador imprimirá los mensajes de alarma en el momento en que se generen; con esto se obtiene un reporte escrito de las fallas ocurridas.

La tercera: la consola del operador registra los mismos mensajes que pueden ser guardados en un archivo el cual a su vez puede ser almacenado en el disco duro de la consola.

### TIPOS DE ALARMA

El conmutador de paquetes genera tres tipos de alarma, a continuación se describe cada uno de ellos.

#### a) Alarmas del hardware.

El sistema de control de red genera este tipo de alarmas para evidenciar cualquier cambio significativo en componentes o parámetros críticos de la red. La mayoría de estas alarmas se refieren a la funcionalidad del hardware, otras tienen que ver con los cambios críticos en parámetros de configuración, volumen de tráfico, o integridad de la señal de algún sitio remoto.

El siguiente ejemplo ilustra el formato del mensaje para una alarma de hardware.

```
12/15 14:10:20 [E] 40 returnlink deactivated, returnlink 4 RMCC 4
03/01 10:10:01 [I ] 1 loss of communications, site 1004
09/31 21:43:10 [W] 151 succesful download, rcc data, site 3110
```

El NCS es capaz de generar 137 alarmas de hardware diferentes.

#### b) Alarmas de software.

Estas alarmas, también generadas por el NCS, se presentan cuando alguna tarea del NCS detecta una condición ilógica en su programa a algún tipo de falla relacionado directamente con su funcionalidad.

Los siguientes ejemplos muestran el formato de este tipo de alarmas

```
01/10 10:15:31 [I] sw anomaly DTMC, invalid msg id 47 seg 12
11/24 13:21:01 [I] sw debug DMC, tra file read 16 site:tra30001 0
```

### c) Alarmas INF

Las alarmas INF o alarmas de enlace son generadas por el recurso INF (Facilidad interactiva de la red) del conmutador de paquetes, y sirven para identificar cambios de estado críticos en circuitos X.25, en funciones de empaquetamiento y desempaquetamiento de paquetes y en parámetros del sistema operativo. De las aproximadamente 50 alarmas de INF manejadas por el sistema, solo algunas serán desplegadas bajo condiciones normales de operación; y de particular interés para el operador de la red serán aquellas que tengan que ver con la integridad de los circuitos X.25. Por ejemplo que un enlace virtual se pierda, se recupere, se reinicialize, etc. debido a posibles fallas de hardware, atenuación por lluvia, problemas en el sitio remoto, etc. Este tipo de alarmas se relacionan significativamente con varias de las alarmas de hardware(mencionadas con anterioridad).

Los siguientes ejemplos muestran el formato de las alarmas descritas en este inciso.

```
10/05 04:32:10 ps1 [W] link lk1010 is not ready
10/05 08:32:10 ps1 [I] link lk1010 is not ready
08/15 23:15:11 ps1 [W] state change (-) on lk1010 R4- R5 (off-line)
```

## 5.4 Desarrollo de un Sistema de Reporte de Fallas para una Red VSAT.

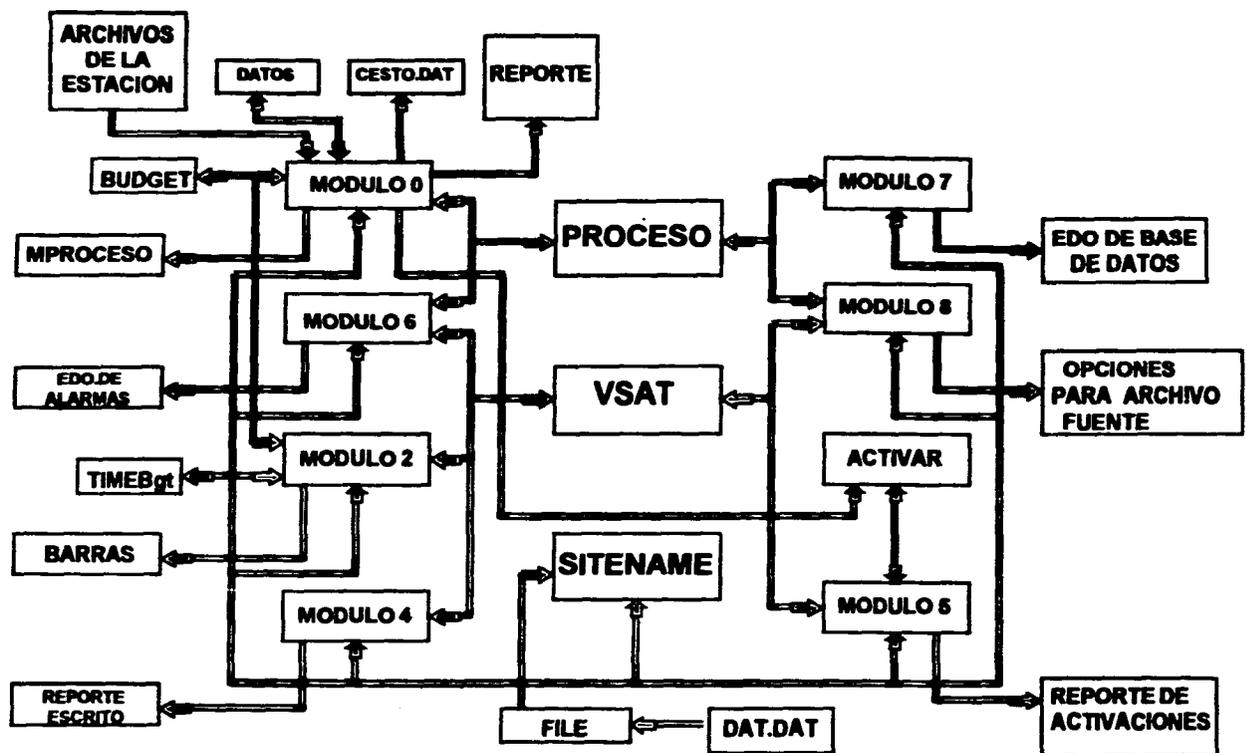
En este punto describiremos el sistema desarrollado, auxiliandonos de diagramas de bloques, para dar una idea general de las partes que integran el programa; después particularizaremos en cada una de ellas.

Diagrama a bloques.

La figura 5.2 muestra las partes que componen nuestro software.

Existen, como puede observarse, dos módulos principales, que interactúan con todos los demás. Uno de ellos es el módulo llamado Proceso; éste es el programa ejecutable que despliega el 'menú de procesamiento'; desde éste menú puede escogerse la manera en como la información (información que entrega la consola del operador en la estación maestra VSAT) será procesada. Los módulos con los que interactúa son modulo 0, módulo 6, módulo 7 y módulo 8.

El otro módulo es el llamado VSAT este segundo módulo principal interactúa con los módulos 2,4,5,6 y 8; y genera por sí mismo el 'menú de aplicaciones', desde donde se escoge el uso que se le dará a los datos anteriormente obtenidos con el módulo PROCESO. Este módulo es también un archivo ejecutable.



El bloque **SITENAME** que se ve al centro del diagrama es un archivo de acceso directo; y funciona como una memoria para todo el programa; en él se guardan la base de datos, nombres de los sitios, textos de alarmas, nombres de usuarios, y cualquier otra información que deba permanecer después de haber ejecutado el programa. Como se dijo antes, es la memoria del programa. Se actualiza cada vez que este último se corre (aunque en el 'menú de procesamiento' existe una opción para que esto no suceda, si así se desea). Este archivo se genera (por primera vez) con el archivo **File.exe** (Módulo **File**) tomando como archivo al datos, el archivo **DAT.DAT**.

Los módulos 0,2,4 y 5 corresponden a las aplicaciones (programa que después de procesar su información de entrada, entregan una salida útil; un producto terminado) como tales, mientras que los módulos 6,7 y 8 sirven para monitorear (y/o modificar) el estado de la base de datos presentándolo al operador de una manera entendible, interactúan directamente con el archivo **SITENAME** (la memoria).

En el diagrama a bloques se puede ver que el módulo 0 tiene asociados varios bloques. Las direcciones de las flechas señalan la relación existente entre ellos; el Módulo **BUDGET** y el bloque **DATOS** interactúan (i.e. se transfiere información en ambas direcciones) con el módulo 0, mientras que los bloques **CESTO.DAT** y **REPORTE** son generados por el ya mencionado módulo 0 como resultado del procesamiento de la información de entrada (archivo de la consola). Con el bloque **MPROCESO** se simboliza la presentación de mensajes que entrega el módulo 0 al procesar su información.

El módulo 2 interactúa con el módulo **TIMEBgt** y con el módulo **BUDGET**, tiene como información de entrada la información del bloque **REPORTE**. Como resultado final este módulo entrega un diagrama de barras (bloque **BARRAS**).

El módulo 4 procesa la información del bloque **REPORTE**, interactúa con el **SITENAME** y genera un reporte de alarma (bloque **REPORTE ESCRITO**).

Del lado derecho del diagrama se puede ver el módulo 5; este interactúa con el módulo **ACTIVAR**, el cual a su vez recibe información del módulo 0. El resultado final del módulo 5 es un reporte de activaciones (bloque **REPORTE DE ACTIVACIONES**).

El módulo 0 es quien tiene relación directa con el archivo generado por la consola del operador. Su función es tomar este archivo o grupo de ellos, depurarlos y entregar un reporte que incluya solo los mensajes de alarma que el operador haya seleccionado a través del módulo 6. El reporte entregado tiene ya un formato especial, para que pueda ser fácilmente leído por los otros tres módulos de aplicación (módulos 2,4 y 5), que son quienes se servirán de él.

---

El bloque CESTO.DAT guarda la información que queda al depurar el archivo de la consola. Se actualiza cada vez que se ejecuta el módulo 0.

El módulo 0 busca en el archivo de la consola, los mensajes de establecimiento y de restablecimiento de una alarma; si dentro del archivo (o grupo de ellos) leído, el módulo 0 encuentra un mensaje no el de restablecimiento, este (el primero) será guardado en el archivo datos (módulo DATOS), para seguir buscando (la próxima vez que se ejecute el módulo 0) el mensaje de restablecimiento no encontrado esta vez.

Módulo 2; este módulo se utiliza para generar un diagrama de barras que indica el tiempo que una estación remota utilizó el enlace satelital durante un período de tiempo dado. Por ejemplo, en un día se dispone de 24 horas, durante las cuales una estación remota puede estar utilizando el enlace satelital, sin embargo puede haberse 'desconectado' durante una hora (distribuida en dos minutos, diez minutos etc., a lo largo del día) con lo que se obtiene un tiempo de utilización del enlace de 23 horas. Estos dos tiempos son los que se grafican en un diagrama de barras para ser comparados.

Módulo 4; con este módulo es posible obtener un reporte general de alarmas. En este reporte se escriben todas las alarmas que durante el día, se presentaron para una estación remota en particular; el reporte señala también el tipo de alarma de que se trate, cuando se estableció, cuando se restableció y cuanto tiempo duró el evento. Se escribe, además, el nombre del sitio en cuestión y la fecha. El reporte se genera por usuario, ordenando sus estaciones remotas en orden ascendente.

Módulo 5; el módulo 5 es capaz de generar un registro de activaciones por sitio, o por usuario indicando cuando y cuantas veces una estación remota ha sido activada y/o desactivada; en este registro se indican fechas y horas de tales eventos, se indica también el nombre y número del mencionado sitio.

Este módulo se vale de un archivo propio (bloque ACTIVAR), de acceso directo, para almacenar la información que le llega cada vez que se actualiza la base de datos en SITENAME.

## CONCLUSIONES

Al iniciar la elaboración de esta tesis nos planteamos objetivos específicos sobre los cuales trabajaríamos; ahora, al ver terminado nuestro trabajo, podemos juzgar y afirmar con enorme satisfacción que hemos cumplido cabalmente con estos, aunque un tercero de ellos no pudo llevarse a cabo debido a que la administración que amablemente nos facilitaba la información fue cambiada (en la última etapa de la elaboración de esta tesis). Enfrentándonos al problema de que la nueva no considero conveniente el prestarnos la información necesaria ademas de no permitimos trabajar directamente en los equipos de la estación maestra.

Realizamos el análisis detallado de la red basándonos en información extraída de los manuales de cada equipo, logrando así que este sea realmente para una red de este tipo y con la mayor veracidad posible. Con lo cual estamos seguros que podríamos involucrarnos en cualquier red VSAT, pública o privada.

Desarrollamos un software pensando en las necesidades de un sistema de transmisión de datos, VSAT real (Estación Maestra), que requería cierta administración en cuanto a reportes de falla que se presentan en las estaciones remotas que integran la mencionada red.

El software fue realizado con la versión mas reciente del compilador de un lenguaje de alto nivel, capaz de generar aplicaciones que funcionen bajo ambiente windows.

Este programa fue probado con éxito, con un archivo de datos de 3 Mb, generado en la consola de una estación maestra VSAT en operación.

Por otra parte, constatamos lo que en muchas ocasiones varios profesores nos mencionaron, 'Para ser Ingeniero se debe obtener una formación académica en las aulas y una formación práctica en la vida profesional enfrentándose a problemas reales'.

Lo anterior viene al caso porque durante el proceso de elaboración de este trabajo escrito fue necesario involucrarnos con un sistema VSAT real y en operación, con el cual no podíamos cometer errores al analizar o hacer pruebas en algunos de sus segmentos. Los errores en una red de este tipo no se reflejan en calificaciones para acreditar una asignatura, se reflejan en diversos ámbitos que pueden ser económicos, legales etc.

**BIBLIOGRAFIA**

**DIGITAL COMUNICATIONS  
SATELLITE/EARTH STATION ENGINEERING  
Dr. Kamilo Feher  
Edit. Prentice-Hall  
Edicion 1989  
UNITED STATE OF AMERICA 1989**

**DIGITAL SATELLITE COMMUNICATION  
Edit. Tri. T. Ha  
Mc. GRAW HILL**

**LIBRO AZUL DEL CCITT  
1989**

**REDES DE COMPUTADORAS  
PROTOCOLOS NORMAS E INTERFACES  
Wykess Bkack  
Edit. Macrobit  
MEXICO 1990**

**SATELITE DE COMUNICACIONES  
Rodolfo Neri Vela  
Edir. Mc. GRAW HILL  
MEXICO 1989**

**SATELLITE COMUNICATIONS SYSTEMS  
G. Moral And M. Bosuquet  
EDIT. JOHN WILEY & SONS**

**TELECOMUNICACIONES PARA PC  
MODEMS SOFTWARE BBS CORREO ELECTRONICO INTERCONEXION  
JOHN C. DEBORAK  
Edit. Nick Anis  
Mc. GRAW HILL  
ESPAÑA 1992**

**WORLD SATELLITE COMMUNICATIONS  
AND EARTH'S STATION DESIGN  
Brian Ackroyd  
EDIT. Bsp Professional Books**

**INTRODUCTION TO SATELLITE COMMUNICATION  
Bruce R. Elbert  
EDIT. Artech House**

**MORELOS SYSTEM OVERVIEW COURSE I  
HUGHES AIRCRAFT COMPANY  
Space and Communications  
Los Angeles California, 1984**

**SOLIDARIDAD QUICK REFERENCE COURSE  
HUGHES AIRCRAFT COMPANY  
Space and Communications  
Los Angeles California 1993**

**REPEATER AND ANTENA SYSTEMS COURSE  
HUGHES AIRCRAFT COMPANY  
Space and communications  
Los Angeles California 1992**

**ESTACIONES TERRENAS  
R. GONZALES BUSTAMANTES  
Revista Teledata  
Publicaciones telecom.**

**TELECOMUNICACIONES POR SATELITE  
UIT  
Ginebra 1988**

**COMUNICACIONES VIA SATELITE CURSO  
UNISYS DE MEXICO  
MEXICO 1992**

**COMUNICACIONES VIA SATELITE CURSO  
REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES RESTEL  
MEXICO 1992**

# ANEXOS

## TIPOS DE MODULACION

Los modems además de modular y demodular la señal, realizan dependiendo del modelo y del caso algunas otras funciones, como la codificación, en donde la información recibida del DTE es transformada (generalmente dos dígitos) con los niveles y formatos deseados, así como también se encarga del control de la sincronización de los modems.

La modulación es una alteración sistemática de una forma de onda conocida como portadora o carrier de acuerdo a las características de otra forma de onda llamada moduladora o mensaje. La modulación es utilizada para facilitar la radiación, para asignar frecuencias, para poder realizar un multiplexaje en frecuencia, para poder superar limitaciones en el equipo, para reducir ruido e interferencia.

Existen tres sistemas digitales de modulación:

a) Modulación ASK (Amplitud Shift Keying).- La modulación ASK es la conmutación de la amplitud de la señal portadora entre dos valores posibles, la conmutación oscila entre los valores cero (apagado) y algún valor predeterminado de amplitud (encendido). Este tipo de modulación es muy susceptible a la interferencia de las líneas y en la práctica no se utiliza en forma aislada.

b) Modulación FSK (Frequency Shift Keying).- En la modulación FSK la portadora conmuta entre dos frecuencias predeterminadas, las cuales pueden provenir de la misma fuente o de fuentes independientes. Cuando la modulación proviene de dos fuentes independientes se le conoce como modulación no coherente, por el contrario, si las frecuencias se generan en una misma fuente, se le conoce como modulación coherente. Aunque los modems de mayor velocidad incluyen soporte para transmisión FSK, la modulación FSK a baja frecuencia se utiliza en contadas ocasiones. Generalmente los modems de 300 bps se encuentran en desuso. Aunque extremadamente fiable la transmisión a 300 bps limita la transmisión a unos 30 caracteres por segundo, la mayoría de los usuarios puede leer el texto visualizado en la pantalla a velocidades dos o tres veces superiores.

c) Modulación PSK (Phase Shift Keying).- En la modulación PSK la portadora cambia a diferentes fases, cuando la señal conmuta en dos fases se le conoce como DPSK, este tipo de modulación se utiliza en modems de 1200 y 2400 bps.

Existen otros tipos de modulación más complejos como el caso de la modulación por cuadratura y amplitud conocida como QAM en el cual el estándar implementado es el 9600 bps y velocidades superiores, este tipo de modulación es una combinación de PSK y ASK, la cual modifica tanto la amplitud como la fase de la señal.

---

## BANDAS DE FRECUENCIA

Anteriormente, los sistemas de radio fueron frecuentemente definidos como sistemas de radiocomunicación; estos dispositivos fueron capaces de comunicar dos puntos terminales de un sistema. Una antena es conectada a la salida del transmisor como un transductor, la cual convierte la señal eléctrica en energía electromagnética, esta energía es radiada de manera similar a la luz emitida por un foco; la antena receptora del enlace reúne la mayor cantidad que le es posible. La antena transmisora y receptora trabajan de forma similar sólo que realizan su operación en sentido contrario, la antena receptora convierte la energía electromagnética en energía eléctrica. Conforme la distancia entre el transmisor y el receptor se incrementa, el nivel de la señal de recepción se reduce.

El sistema de comunicación por medio de una línea de vista, (figura 1) ofrece un sistema seguro de transmisión de señal directo a la antena de recepción. La señal radiada es transmitida y la distancia a la que puede ser recibida depende de la frecuencia a la cual el sistema este operando.

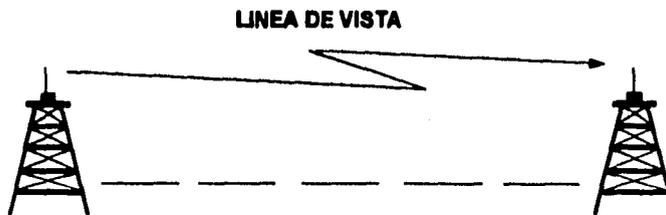


Figura N° 1

Las señales de radio pueden ser afectadas por muchas causas como son el clima, el sol y objetos que interfieran la ruta de transmisión como son arboles, construcciones, etc.

Los sistemas de comunicaciones que operan mediante una línea de vista cuentan con una gran confiabilidad y calidad, pero hay factores que pueden interferir con la eficiencia del sistema. Cuando se selecciona una frecuencia de operación, se debe considerar que esta provea de un máximo nivel de eficiencia.

a) Banda baja (25 a 50 MHz).-Esta banda ofrece un gran rango de frecuencias, pero puede tener una baja confiabilidad debido al ruido y a la interferencia entre canales. El ruido en el equipo de comunicaciones puede ser generado internamente por el sistema, o por algunas fuentes externas. Internamente el

ruido es generado normalmente en los receptores por los circuitos usados para amplificar la señal. En este rango de frecuencias sin embargo, es el ruido externo un factor crítico que determina la eficiencia del sistema, este es causado por señales de interferencia que se introducen al receptor por medio de la antena.

Este rango de frecuencias es también de interferido por el ambiente. Como se muestra en la figura 2 la señal del transmisor viaja en todas direcciones. Una porción de la señal viaja hacia arriba hasta alcanzar la ionosfera, y una vez alcanzada es reflejada hacia la tierra. Este tipo de propagación de ondas podría introducirse en los sistemas de comunicaciones con la misma fuerza que la señal propiamente transmitida.



Figura N° 2

b) Banda media (66 a 88 MHz).- Esta banda es muy similar a la banda baja, con la diferencia que en esta se reducen los problemas de ruido. Los canales en esta son muy limitados y los sistemas pueden sufrir problemas de interferencia por las estaciones de televisión que operan en esta área.

c) Banda alta (150 a 174 MHz).- Los sistemas que operan en este rango de frecuencias disminuyen el ruido hecho por el hombre. En esta banda se puede tener mucha interferencia de otros canales debido a múltiples usuarios en esta banda.

En una propagación normal, las ondas electromagnéticas viajan en un modo de línea de vista. Si se presenta una inversión térmica, la señal viajará a mayores distancias. Esta condición es conocida como ducto, figura N° 3, en este caso, la señal atrapada en el ducto viaja a mayores distancias.

d) Banda UHF (450 a 512 MHz).- La banda UHF es casi completamente libre de cualquier tipo de interferencia ambiental. Aunque la propagación del tipo ducto ocurre en esta frecuencia, es mucho menor que en el rango de alta frecuencia. El ruido hecho por el hombre es reducido en una gran cantidad y solamente en los puntos en donde es mas densa la concentración de ruido puede afectar la

recepción de la señal. Una excelente penetración en las construcciones es típico de esta banda de frecuencias, esta penetración es debida a la pequeña longitud de onda de esta banda, la cual permite la reflexión de esta a más posibles superficies.



Figura N° 3

e) Banda 950 (920 a 960 MHz).- La banda 950 es totalmente libre de interferencia y solamente tiene un mínimo de efecto de ducto. Las interferencias debidas a otros canales no existen; el ruido debido al hombre es mínimo al igual que en la banda UHF, aunque el ruido interno del equipo es ligeramente alto. La penetración en construcciones es ligeramente mejor que en la banda UHF, la atenuación por follaje sin embargo es ligeramente severa, el simple movimiento de un árbol puede causar una comunicación intermitente sino son marginados de la ruta de la señal.

En el modo de transmisión de línea de vista la señal de radio la cual es emitida desde una antena transmisora viaja directamente a otra antena o es reflejada hacia la antena receptora. Una de las limitaciones más obvias de este tipo de transmisión es la curvatura de la tierra, esta condición es controlada por la altura de las antenas transmisoras y receptoras; de no considerarse las alturas, las señales de radio podrían ser reflejadas o defractadas, con lo cual se reduciría el nivel de la señal.

## ANTENAS

En esta parte se mencionarán los fundamentos y principios básicos de las antenas para comunicaciones por Satélite, destacando solo los dos tipos de antenas más comunes; sin que esto, limite la existencia de otros tipos de antena aquí no mencionadas.

Aunque las antenas pueden ser diseñadas con diferentes formas y su principio y función varíen ligeramente, estas son clasificadas en dos formas específicas; de acuerdo con la forma de su apertura: antenas de tipo bocina o bocina y antenas de tipo reflector. Las primeras son usadas como antenas pequeñas de baja ganancia y algunas veces son utilizadas como radiadores primarios de una antena tipo reflector. El segundo tipo de antena, se le utiliza como antena de alta ganancia. El tipo básico de reflector empleado es el parabólico, aunque existen reflectores esféricos y de otras formas que se utilizan para propósitos específicos.

**Antena de Bocina.** Estas antenas se clasifican en antenas de forma cónica y piramidal de acuerdo con el perfil de su apertura.

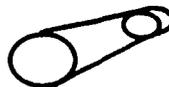
**Antena de bocina de forma piramidal.** Ha sido ampliamente usada como la antena estándar. Puede radiar ondas libres de polarización cruzada y su ganancia puede calcularse en forma precisa a partir de sus dimensiones.

**Antena de bocina en forma cónica.** Actualmente es usada para dos funciones principales; una es como radiador primario de antenas reflectoras de gran apertura de las estaciones terrenas, y la otra es como antena de tipo haz global en Satélite.

### ANTENAS DE BOCINA



BOCINA PIRAMIDAL



BOCINA CONICA

Figura N° 1

**Antena Tipo Reflector.** Se han puesto en uso práctico varias clases de antenas tipo reflector aunque sus aplicaciones y características son diferentes. Las antenas reflectoras pueden ser clasificadas en dos tipos de acuerdo con su estructura geométrica, de tipo simétrica y de tipo asimétrica (offset). Alternativamente, éstas pueden clasificarse dentro de otros dos tipos conforme al número de reflectores : de tipo reflector sencillo y de tipo reflector dual.

**Antena parabólica.** La antena parabólica axialmente simétrica es la configuración básica de este tipo de antenas . Es ampliamente usada para sistemas de microondas, debido a su estructura simple y a su capacidad de formación del haz. En la siguiente figura se muestra una antena de este tipo, el foco de la parábola se ha señalado con la letra F y el vértice con la letra O. La longitud "F" entre el foco y el vértice es nombrada longitud focal . Esta antena es llamada también de alimentador de foco primario porque el dispositivo alimentador está instalado en el punto focal. El alimentador consiste de una antena-dipolo o de una antena de bocina dependiendo del objetivo y de la banda de frecuencias a usarse.

En antenas muy grandes (mayores de 25 metros de diámetro) existe la desventaja de que la distancia del alimentador primario a los receptores es grande también (de varias decenas de metros) y por lo tanto hay pérdidas en la señal que no son aceptables; por esta razón, no son recomendables las antenas de este tipo para comunicaciones por Satélite

### ANTENA PARABOLICA

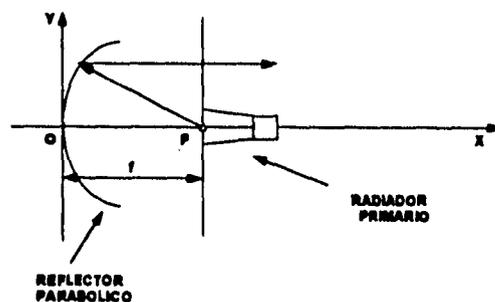


figura N° 2

**Antena reflectora de bocina.** Esta antena puede ser considerada como parabólica. La superficie reflectora de esta antena es parte de una parábola. El grado de "offset" (asimetría) se expresa por el ángulo  $\theta_0$  entre el eje del reflector

OF y el eje de la bocina cónica, el vértice del cual se localiza en el punto focal F. Para la antena reflectora de bocina,  $\theta_0$  es igual a  $90^\circ$ . Debido a que este tipo de antena es de construcción asimétrica, el nivel de polarización cruzada en la dirección fuera del eje es considerablemente alto.

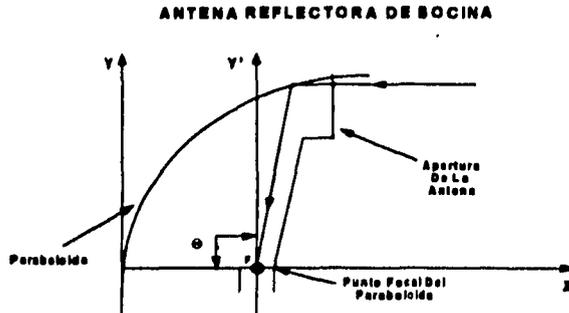


Figura N° 3

**Antena torus.** Este tipo de antena no ha sido utilizada ampliamente para las comunicaciones por Satélite. Algunas versiones se utilizan en países desarrollados para propósitos experimentales y Militares.

Su diseño consta de un reflector principal, cuyos lados paralelos a la tierra son circulares, mientras que los lados perpendiculares a la misma son parabólicos.

Cuenta con la ventaja de que su estructura de soporte, aunque de grandes dimensiones, no es complicada ni costosa, ya que la antena permanece fija en el seguimiento de Satélites estacionarios y es posible, también, dirigir simultáneamente varios haces, para operar con más de un Satélite al mismo tiempo, lograndose esto, mediante la instalación de varios alimentadores primarios que posean el movimiento necesario para el seguimiento de los Satélites.

#### ANTENA TORUS

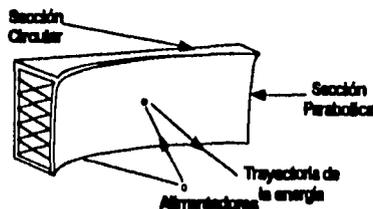


Figura N° 4

**Antena cassegrain.** Este tipo de antena se basa en el principio de los telescopios Cassegrain y está clasificada dentro del tipo de antenas con reflector dual. Usa un segundo reflector de forma hiperbólica que va colocado cerca del foco del reflector principal que tiene forma parabólica. El radiador primario se localiza en otro punto focal F2 del subreflector, cerca del vértice de la parábola, en donde por lo general, se encuentra también el amplificador de bajo nivel de ruido, con lo cual se evitan las pérdidas en guías de onda de gran longitud. Esta antena permite acomodar el equipo de radio en la parte posterior del reflector principal y mediante una unión giratoria o una guía de onda flexible el equipo puede mantenerse en posición horizontal cuando el eje de elevación es girado.

Normalmente el diámetro del reflector principal se diseña de modo que sea 10 veces el tamaño del subreflector, con objeto de evitar un bloqueo excesivo de la señal que redunde en una baja eficiencia de apertura y lograr, además, un apropiado acoplamiento, tanto óptico como radioeléctrico, entre ambos reflectores.

#### ANTENA CASSEGRAIN

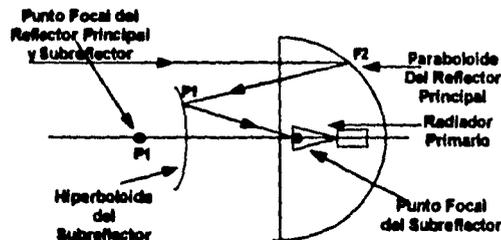


Figura N° 5

**Antena cassegrain modificada.** La antena Cassegrain que tiene un reflector de bocina como radiador primario es llamada antena Cassegrain Modificada. El alimentador cónico de la antena tipo Cassegrain ha sido sustituido por un alimentador de bocina, con lo cual la antena resultante cuenta con las ventajas principales de la primera y además, se mejora el acceso a los sistemas de recepción con la bocina.

El subreflector de esta antena es de forma parabólica con el fin de retransformar la onda plana radiada desde el reflector de bocina en una onda esférica. El diámetro de la apertura del reflector de bocina de esta antena es grande en términos de la longitud de onda y del subreflector de bocina.

Este tipo de antena ha sido usado extensamente para las comunicaciones satelitales, debido al espacio disponible para los equipos de comunicaciones que

no sufre de rotación durante la elevación de la antena, pues se hace uso de uniones giratorias localizadas en la parte central del reflector de bocina.

#### ANTENA CASSEGRAIN MODIFICADA

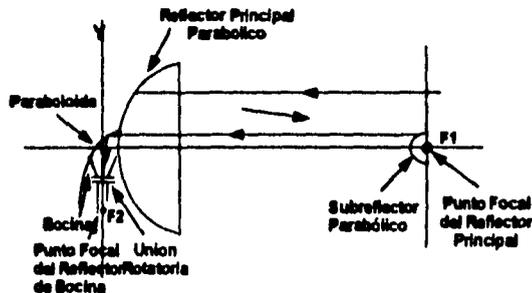


Figura N° 6

**Antena cassegrain alimentada por dos reflectores.** Este tipo de antenas se ha diseñado para superar los inconvenientes técnicos y de costos encontrados en los diseños anteriores. El acceso del personal técnico a los equipos de recepción y transmisión que se localizan cerca del sistema de alimentación ha sido una ventaja considerable en estas antenas pues se evita que el personal tenga que subir por estructuras altas para poder operar y dar mantenimiento a los equipos. En estas antenas se usa una combinación de reflectores, elípticos o parabólicos, que alimenten el haz desde un nivel bajo (cercano al piso) con lo cual se logra baja pérdida y mejor simetría mecánica con respecto al eje de azimut.

#### ANTENA CASSEGRAIN ALIMENTADA POR DOS REFLECTORES

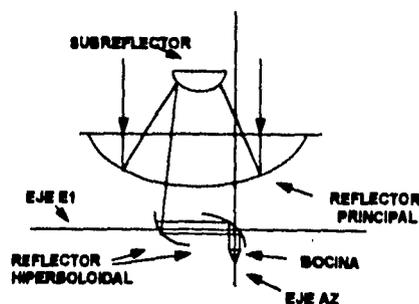


Figura N° 7

**Antena gregorian.** La antena Gregorian es el tipo de reflector dual, en donde se observa que hay un reflector primario parabólico y un subreflector de forma elíptica. El punto focal F1 del paraboloide es compartido por el elipsoide, como uno de los focos. En el otro foco F2 del elipsoide, se coloca el radiador primario. A diferencia de la antena Cassegrain, ésta tiene un foco real F1 donde son enfocados todos los rayos.

### ANTENA GREGORIAN

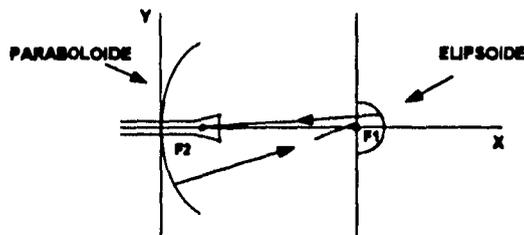


Figura N° 8

Los principales factores que deben tomarse en cuenta para lograr una comunicación adecuada son las condiciones climatológicas del medio, la distancia atmosférica recorrida por la onda, la orientación de la trayectoria de transmisión, las condiciones de ionización de la atmósfera, así como la distancia entre el colector y radiador.

### Características de Radiación de las Antenas Utilizadas en los Segmentos Espaciales y Terrestres.

Dentro de un enlace satelital, la antena es una de las partes más importantes, ya que todas sus características son determinantes para asegurar la calidad de una señal. Empezaremos por definir lo que es una antena isotrópica.

**Antena isotrópica.** Una antena isotrópica es una antena (ideal) que radia igual potencia en todas direcciones, sin pérdidas y esta dada por la siguiente ecuación:

$$\text{La intensidad de radiación} = P / 4\pi$$

de una antena isotrópica (antena circular)

donde : P es la potencia de salida del amplificador

## POTENCIA RADIADA PARA UNA ANTENA TRANSMISORA

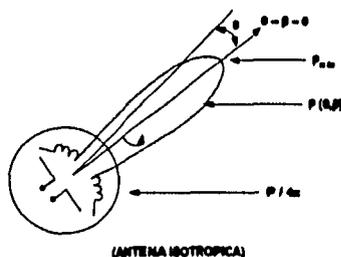


Figura N° 9

En este tipo de antenas tanto la eficiencia como la ganancia son igual a 1 debido a que no se tiene pérdidas, pero como estas antenas solo pueden aproximarse en la práctica, solo son tomadas como referencia con las antenas reales.

**Características de radiación.** El diagrama de radiación es una representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena como función de las coordenadas en el espacio; o sea, que sería la distribución relativa de potencia radiada como función de una dirección en el espacio. Las características básicas de un diagrama de radiación tomando como referencia la siguiente figura son las siguientes:

**Lóbulo principal.** Es la región donde se concentra la mayor parte de la energía electromagnética radiada.

**Lóbulos laterales.** Es cualquier lóbulo que se encuentra situado fuera del lóbulo principal, en estos se manifiesta potencia residual que se radia en la dirección no deseada.

Estos Lóbulos laterales son los que deben ser suprimidos al máximo para evitar interferencia entre sistemas de satélites adjuntos, ya que estos constituyen uno de los factores principales para determinar la separación mínima entre Satélites, y por tanto la eficacia de la utilización del recurso órbita-espectro. Por todo lo anterior el CCIR ( Consejo Consultivo Internacional de Radio Comunicación ) ha elaborado recomendaciones para diagramas de radiación, que definen las características deseadas de los lóbulos laterales en antenas, las cuales son utilizadas en el servicio fijo por Satélite.

**Ganancia.** La ganancia es quizá el parámetro clave en el funcionamiento de una antena, ya que afecta directamente a la potencia de la portadora en el enlace ascendente y descendente. La ganancia de una antena esta dada por:

$$G = \eta \frac{4A}{\lambda^2} = \frac{4\pi A f^2}{C^2} = \eta \pi A (2f/C)^2$$

donde:

A: es el área de apertura (m<sup>2</sup>)

$\lambda$ : es la longitud de onda de la señal (m)

f: la frecuencia de operación (Hz)

C: la velocidad de la luz = 2.997925 X 10<sup>8</sup> (m/s)

$\eta$ : eficiencia de la apertura de la antena ( $\eta < 1$ )

Para una apertura circular; tenemos que  $A = \pi D^2/4$  ; por lo tanto

$$G = \eta (\pi D/\lambda)^2 = \eta (\pi f D/C)^2$$

donde :

D: diámetro de la antena (m)

**Eficiencia.** La eficiencia es la relación entre la potencia de transmisión de la antena en cuestión con respecto a la potencia de la antena isotrópica. Esta dada por la siguiente ecuación:

$$\eta = P_{tx} / P_{iso}$$

Debemos tomar en cuenta que la potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE), es la potencia radiada de una estación terrena ó el Satélite, y que para el análisis de interferencia se utiliza el PIRE tanto de la E/T transmisora, como de el Satélite interferidos, así como el PIRE de la E/T y del Satélite interferentes. El PIRE de una estación terrena es simplemente la potencia generada por el amplificador de alta potencia multiplicada por la ganancia de la antena, sus unidades son los decibeles (dB) referidos a 1 watt y matemáticamente esta dado por :

$$\text{PIRE} = P_{tx} G_{tx}$$

donde:

$P_{tx}$  : es la potencia generada por el amplificador  
 $G_{tx}$  : es la ganancia de transmisión de la antena

**Relación ganancia a temperatura de ruido (G/T).** La relación ganancia de la antena a temperatura de ruido (G/T), es una figura comunmente usada para indicar el funcionamiento de la antena y el amplificador de bajo ruido en relación a la sensibilidad en la recepción de la portadora proveniente del Satélite. El parametro G es la ganancia de la antena receptora referida al amplificador de bajo ruido. El parámetro T se define como la temperatura de ruido del sistema de la estación terrena referida también a la entrada del amplificador de bajo ruido. G esta dada en decibeles (dB) y T en grados Kelvin (° K).

## ESTANDARIZACION DEL MODEM SEGUN EL CCITT

### Recomendación V19.-

**Modems para la transmisión de datos en modo paralelo utilizando las frecuencias de señalización de los aparatos telefónicos (Ginebra 1976; modificada en Málaga-Torremolinos, 1984)**

Los sistemas para la transmisión de datos en modo paralelo se utilizan de modo económico cuando las estaciones transmisoras (denominadas estaciones periféricas) utilizan las frecuencias de los aparatos telefónicos de teclado para transmitir datos hacia una estación receptora central (denominada estación central) por la red telefónica de conmutación, el teclado permitirá realizar fácilmente transmisiones unidireccionales de datos con velocidades de hasta 10 caracteres por segundo. Los modems se utilizarán en las estaciones que funcionen en la red telefónica general.

El sistema de transmisión utiliza dos juegos de frecuencias. Cada carácter se transmite por medio de dos frecuencias emitidas simultáneamente, las dos frecuencias pertenecen a dos subconjuntos separados. Cada uno de esos dos subconjuntos se compone de cuatro frecuencias.

La transmisión consiste en la emisión de un par de frecuencias durante un periodo superior a los 30ms, seguida de un periodo de silencio con una duración mínima de 25ms.

Los dos grupos de cuatro frecuencias se define como sigue:

- Grupo de frecuencias inferiores: 697, 770, 852, 941 Hz.
- Grupo de frecuencias superiores: 129, 1336, 1477, 1633 Hz.

Para las señales audibles y para la señalización eléctrica, la frecuencia será de 420 Hz. Esta frecuencia puede modularse en amplitud a una velocidad de como máximo 5 baudios.

---

**Recomendación V.20.-**

**Modems para la transmisión en modo paralelo de uso universal en la red telefónica general con conmutación**  
(Antigua recomendación V.30 Mar de Plata 1968; modificada en Ginebra, 1972 y 1980, y en Málaga-Torremolinos, 1984)

Los sistemas de transmisión de datos pueden emplearse económicamente cuando numerosas estaciones transmisoras de precio módico transmitan datos a una estación central receptora por medio de la red telefónica conmutada.

El modem admite como máximo, las combinaciones correspondientes a 16 caracteres con una velocidad de modulación de hasta 40 baudios. El sistema consiste en dos grupos de cuatro frecuencias, transmitiéndose en dos grupos de cuatro frecuencias, transmitiéndose simultáneamente una frecuencia de cada grupo. Su interfaz viene definida por las especificaciones V.30 y V.31.

**Recomendación V.21.-**

**Modem duplex a 300 bps, normalizado para el uso de la red telefónica general con conmutación.**  
( Ginebra 1964, modificada en mar de Plata, 1968 en Ginebra, 1972, 1976, 1980, y en Málaga-Torremolinos, 1984)

- Su utilización se realizará en las comunicaciones telefónicas establecidas por conmutación en la red telefónica.
- La velocidad binaria de transmisión deberá ser menor o igual a 300 bps.
- La modulación deber ser en frecuencia.
- La velocidad de modulación deberá ser igual a la velocidad de transmisión.
- En el canal de transmisión número 1, la frecuencia media nominal será de 1080 Hz, y en la número 2, la frecuencia media nominal será de 1750 Hz.
- Operación en modo síncrono y asíncrono.
- El circuito de comunicación para la transmisión de datos será un circuito duplex, que permita la transmisión simultánea en ambos sentidos.

**Recomendación V.22.-**

Punto a punto a dos hilos.

(Ginebra 1980, modificada en Málaga 1984 y en Melbourne, 1988)

- Funciona en la red telefónica general con conmutación a dos hilos y en circuitos punto a punto.
- Separación de canales por división de frecuencia.
- Funcionamiento duplex.
- Modulación por desplazamiento de fase con transmisión síncrona a 600 bauds. Modem duplex a 1200 bps, normalizado por la red telefónica con conmutación y circuito tipo telefónico
- En la recomendación se especifican tres posibles configuraciones:  
Alternativa A.- síncrono a 1200 y 600 bps. Alternativa B.- modem síncrono o arritmico a 1200 o 600 bps. Alternativa C.- igual a la alternativa B, incluyendo tratamiento de datos anisócronos hasta 300 bps.

**Recomendación V.22 bis.-**

Modo duplex a 2400 bps, utiliza la técnica de división de frecuencia para la red telefónica punto a punto a dos hilos.

- Funcionamiento en modo duplex en la red telefónica y punto a punto.
- Separación de canales por división de frecuencia.
- Modulación por amplitud de cuadratura por cada canal de transmisión en la línea síncrona a 600 bauds.
- Velocidades:  
2400 bps síncrono, 2400 asíncrono, 1200 síncrono y asíncrono.
- La velocidad binaria transmitida a la línea será 2400, 1200, bps con 600 bauds.

**Recomendación V.23.-**

Modem a 600 y 1200 bauds, para el uso de la red telefónica con conmutación.  
(Ginebra 1964, modificada en mar de Plata en 1968, Ginebra 1972, 1976, 1980, Málaga-Torremolinos 1984 y en Melbourne 1988)

- Velocidad de modulación de 600/1200 en el canal de comunicaciones.
  - Para uso en la red telefónica conmutada o punto a punto.
  - Modo de operación semiduplex o duplex completo.
  - Modulación FSK.
-

**Recomendación V.26.-**

Modem a 2400/1200 bps, para la red telefónica con conmutación.  
(Ginebra 1972, modificada en Ginebra 1976, 1980 y Málaga-Torremolinos 1984)

- Velocidad binaria de 2400 con posibilidad de 1200 bps.
- La frecuencia de la portadora será 1800 Hz.
- La velocidad a 2400 bps, tendrá una velocidad de 1200 bauds, y a 1200 tendrá 1200 bauds.
- Tipo de transmisión síncrona.

**Recomendación V.26 Term.-**

Modem duplex a 2400 bps para la red telefónica y circuito arrendado punto a punto a dos hilos.

- Modo de operación duplex y semiduplex.
- Su utilización se realizará en la red telefónica y punto a punto.
- Modulación por desplazamiento de fase diferencial y transmisión síncrona a 1200 bauds.
- Podrá operar el equipo transmisor de datos en los siguientes modos: síncrono a 1200, 2400 y arritmico a 2400 y 1200.
- Podrá operar en el modo duplex a 4800 bps a dos hilos, la frecuencia de la portadora será 1800 Hz.
- A las velocidades binarias de 2400 y 1200 bps operará a 1200 bauds.

**Recomendación V.27.-**

Modem a 4800 bps para circuito arrendado tipo telefónico  
(Ginebra 1972, 1976, 1980 y Málaga-Torremolinos 1984)

- Puede funcionar en modo duplex o semiduplex.
  - Modulación en fase diferencial con modo síncrono.
  - Frecuencia de la portadora 1800 Hz.
  - Velocidad binaria de 4800 bps a 1600 bauds.
  - Funciona en la línea de calidad especial.
-

**Recomendación V.27 Bis.-**

Modem a 4800/2400 bps, para circuitos arrendados tipo telefónico.  
(Ginebra 1976, 1980 y Málaga-Torremolinos 1984)

- Modo de explotación duplex o semiduplex.
- Modulación en fase octavalente a 4800 y modulación en fase tetraivalente a 2400 bps.
- La frecuencia de la portadora será 1800 Hz.
- La velocidad binaria de transmisión a 4800 bps tendrá 1600 bauds, y a 2400 tendrá 1200 bauds.

**Recomendación V.29.-**

Modem a 9600 bps, para circuitos arrendados tipo telefónico punto a punto a cuatro hilos.  
(Ginebra 1976, 1980, Málaga 1984, Melbourne 1988)

- Velocidades reducidas auxiliares 7022 y 4800 bps.
- Posibilidad para semiduplex o duplex.
- Modulación combinada de amplitud de fase y fase en funcionamiento asíncrono.
- La frecuencia de la portadora será de 1700 Hz.
- Para velocidades de transmisión binaria de 9600, 7200, 4800, se utilizar una velocidad de 2400 bauds.

**Recomendación V.36.-**

Para modem de banda ancha  
(Ginebra 1976, Málaga 1980 y Melbourne 1988)

- Transmisión de datos entre clientes por circuitos arrendados.
- Velocidad recomendada 48 Kbps, a modo síncrono.
- Tipo de transmisión síncrona.
- Modo de operación duplex.
- Modulación por banda lateral única.
- Señal transmitida de 60 a 108 Khz a la salida del modem.