

77  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS  
ARAGÓN

***“ CONSIDERACIONES PARA EL ENLACE DE  
REDES DE ÁREA LOCAL MEDIANTE  
TECNOLOGÍA SATELITAL. ”***

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**P R E S E N T A**

**JORGE ZACARÍAS MARTÍNEZ**



**ENEP ARAGÓN**

**MÉXICO, D.F. 1997.**

**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.

# CONSIDERACIONES PARA EL ENLACE DE REDES DE ÁREA LOCAL MEDIANTE TECNOLOGÍA SATELITAL.

## ÍNDICE.

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO 1. REDES DE ÁREA LOCAL.	
1.1. DEFINICIÓN DE REDES DE ÁREA LOCAL.	5
1.2. VENTAJAS DE LAS REDES DE ÁREA LOCAL.	6
1.3. COMPONENTES DE UNA RED.	7
1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS REDES.	10
1.5. TOPOLOGÍAS	11
1.6. SISTEMAS DE SATÉLITES.	17
1.6.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES.	20
1.6.2. ÓRBITA GEOESTACIONARIA.	21
1.6.3. SERVICIOS DE COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE.	23

## CAPITULO 2. TECNOLOGÍA SATELITAL.

2.1. TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA EN SATÉLITES.	26
2.2. SUBSISTEMAS DE UN SATÉLITE.	28
2.2.1. SUBSISTEMA DE ANTENAS	28
2.2.2. SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.	30
2.2.2.1. FRECUENCIAS ASIGNADAS.	37
2.2.3. SUBSISTEMA DE ENERGÍA.	39
2.2.4. SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN.	46
2.2.5. SUBSISTEMA DE POSICIÓN Y ORIENTACIÓN.	49
2.2.6. SUBSISTEMA DE CONTROL TÉRMICO.	52
2.2.7. SUBSISTEMA DE RASTREO TELEMETRÍA Y COMANDO.	53
2.2.8. SUBSISTEMA ESTRUCTURAL.	55
2.3. SATÉLITES MEXICANOS.	57
2.3.1. SATÉLITES MORELOS.	58
2.3.2. SATÉLITES SOLIDARIDAD.	61
2.3.3. CONSIDERACIONES OPERATIVAS Y TÉCNOLOGICAS.	65
2.3.4. CENTRO DE CONTROL DE LOS SATÉLITES MEXICANOS	74

**CAPITULO 3. MÉTODOS DE ACCESO A LOS SERVICIOS SATELITALES.**

<b>3.1. TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE.</b>	<b>78</b>
3.1.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.	85
3.1.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO.	91
3.1.3. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA Y DIVISIÓN DE TIEMPO. (FDMA-TDMA)	96
3.1.4. ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO.	99
<b>3.2. MULTIPLEXAJE.</b>	<b>104</b>
3.2.1. MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.	106
3.2.2. MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO.	107
<b>3.3. PROTOCOLO ALOHA.</b>	<b>108</b>

**CAPITULO 4. CONSIDERACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍA SATELITAL.**

<b>4.1. SISTEMAS VSAT.</b>	<b>117</b>
<b>4.2. DESCRIPCIONES DE LA TECNOLOGÍA VSAT.</b>	<b>123</b>

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA REMOTA VSAT.	126
4.2.2. TERMINAL VSAT.	131
4.2.3. SATÉLITE DE COMUNICACIONES.	135
4.3. TOPOLOGÍAS.	136
4.4. PROTOCOLOS DE ACCESO.	143
4.5. CONSIDERACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS VSAT.	151
4.5.1. FACTORES QUE DETERMINAN SI SE DEBE ADQUIRIR TECNOLOGÍA VSAT.	152
4.5.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.	155
4.5.3. VELOCIDAD DE LA TRANSMISIÓN Y DIÁMETRO DE LA ANTENA.	156
4.5.4. DISPONIBILIDAD DEL SATÉLITE Y BANDAS DE FRECUENCIAS.	159
4.5.5. SELECCIÓN DE EQUIPO.	159
4.5.6. REALIZACIÓN DE UNA PRUEBA PILOTO DE DISEÑO, CON LA AYUDA DE SOFTWARE ESPECIALIZADO	161
4.5. INSTALACIÓN.	169
4.6. MANTENIMIENTO.	174
CONCLUSIONES.	177
BIBLIOGRAFÍA.	

# **CONSIDERACIONES PARA EL ENLACE DE REDES DE ÁREA LOCAL MEDIANTE TECNOLOGÍA SATELITAL.**

**Objetivo:**

**DESCRIBIR LOS BENEFICIOS DE UTILIZAR LA TECNOLOGÍA SATELITAL PARA EL ENLACE DE REDES DE ÁREA LOCAL QUE SE ENCUENTREN EN DISTINTOS PUNTOS GEOGRÁFICOS.**

## **INTRODUCCIÓN.**

Los sistemas de comunicación por satélite son un desarrollo relativamente nuevo en la historia de las comunicaciones ya que éstos sistemas dependen mucho de la tecnología incluyendo mecanismos espaciales, electrónica de estado sólido, radiación de alta potencia y las modernas redes de cómputo.

El objetivo del presente trabajo es analizar la relación que guardan los satélites de comunicaciones en conjunto con los sistemas de cómputo, dándole mayor atención a la tecnología VSAT (terminales de muy pequeña apertura).

La inclinación por realizar ésta investigación es porque las comunicaciones por satélite han alcanzado en la actualidad una etapa muy importante en su desarrollo, ya que tradicionalmente un satélite se usaba para brindar comunicaciones a grandes distancias a través de enormes antenas de entrada conectadas a las redes nacionales de comunicaciones, siendo en la actualidad posible la reducción del tamaño de la antena para nuevos servicios, la posibilidad de enlazar dos redes de cómputo usando como eslabón un satélite, y el uso de terminales móviles para comunicaciones.

Por otra parte, el tema toma gran importancia si se considera que antes de la existencia de los sistemas de satélites Morelos y



Solidaridad. México hacía uso de los satélites del consorcio INTELSAT limitándose en el uso de los mismos. En la actualidad las cosas son diferentes, ya que para impulsar el desarrollo de las comunicaciones nacionales, satisfacer la demanda de servicios, y poder hacer llegar los beneficios de la comunicación vía satélite a poblaciones de difícil acceso, el país cuenta ya con su propio sistema de satélites convirtiéndose en el segundo país en Latinoamérica en lograrlo después de Brasil, iniciando ambos la operación de sus sistemas en el año de 1985.

La relevancia del tema radica también en que en la actualidad ya es posible que una gran compañía pueda conectar sus terminales a una red propietaria de gran escala, usando al satélite como medio de transmisión, obteniendo de ésta forma una solución integral a sus problemas de comunicaciones, arrojando con estos resultados directos para la empresa tales como: disminución en el número de viajes de sus integrantes, y economización de tiempo lo que permite mejorar sus servicios así como su control de producción y operación.

Se tratarán conceptos como son; el tema de redes locales (LANs) y los sistemas de satélites. la definición y clasificación de las redes es importante, ya que es necesario conocer de que se está hablando cuando se menciona el término LAN. Por otra parte, el rápido crecimiento de éstas redes ha sido gracias a la superioridad que presentan con respecto a otros sistemas de

**comunicación, es por esto que se mencionan las principales ventajas de la utilización de las redes LAN.**

**Un aspecto importante de diseño cuando se utiliza una red de cómputo, consiste en considerar como deberá ser la forma de interconexión de sus terminales, motivo por el cual se analizan las topologías de redes.**

**En lo que respecta a los conceptos de comunicaciones vía satélite se explica primeramente que son éstos sistemas, así como la importancia de colocar un satélite en órbita geostacionaria punto importante que simplifica grandemente la comunicación espacial.**

**Siendo el satélite uno de los elementos más importantes de cualquier sistema de comunicación satelital, se describirán todos y cada uno de los subsistemas con los que se cuenta, así como su funcionamiento. El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos, mantenerse en equilibrio, ser capaz de regular su temperatura, resistir al medio ambiente en el que se encuentra, y por supuesto poder comunicarse con la Tierra, logrando todo esto con la ayuda de sus subsistemas siendo analizado con gran cuidado.**

**Por último, ante la necesidad del país de contar con satélites de mayor cobertura y calidad, y con la creación de los nuevos**

satélites Solidaridad se introduce una descripción general de lo que es éste sistema, mencionando su estabilidad, número de transponders bandas de frecuencia, cobertura, y los diferentes servicios que presta.

Se mencionan las principales reglas o protocolos a seguir para la utilización del transponder del satélite, ya que para utilizar la capacidad del mismo se deben considerar los métodos por medio de los cuales ésta capacidad es asignada a usuarios individuales llamados métodos de asignación, y la posibilidad que tienen varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras respectivas al mismo transponder del satélite evitando posibles caos en el ciclo, llamadas técnicas de acceso múltiple.

Existen técnicas principales para que un satélite pueda ser compartido: Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA), Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA), y Acceso Múltiple por Diferenciación de Código (CDMA)

## **CAPITULO I. REDES DE ÁREA LOCAL.**

### **Objetivo:**

**DESCRIBIR LOS DIFERENTES TIPOS DE REDES DE ÁREA LOCAL, ASÍ COMO LAS VENTAJAS QUE PROPORCIONAN EN LA MANIPULACIÓN DE GRANDES VOLÚMENES DE INFORMACIÓN.**

## CAPÍTULO I. REDES DE ÁREA LOCAL.

### 1.1. DEFINICIÓN DE REDES ÁREA LOCAL.

Durante los últimos años, el ordenador personal ha concentrado y seguirá tomando cada vez mayor importancia en nuestra actividad productiva. De la misma manera la introducción de costosas unidades de procesamiento, impresoras láser, o discos duros de gran capacidad y altos tiempos de respuesta hacen difícil su incorporación en un ambiente de computadoras trabajando aisladamente.

La necesidad de la interacción entre usuarios aislados, ha llevado a la industria a desarrollar soluciones para áreas específicas, la respuesta ha sido la red de área local o LAN (Local Area Network).

Una red de área local es un sistema formado por dispositivos de procesamiento de información interconectados por un medio común de comunicación. Una LAN se encuentra limitada en su entorno físico, y por lo general se habla de ella cuando se refiere a su implantación en una oficina, un edificio, o un Campus universitario.

El uso de las redes de área local se destina a conectar computadoras personales, mainframes, impresoras, y sistemas de voz y datos; aunque también pueden conectar entre si sistemas de vídeo, telefónicos, alarmas y equipos industriales y casi todo lo que requiera un intercambio de datos a alta velocidad. La figura 1.1 muestra un ejemplo claro del concepto de una red local en una oficina.

## **1.2. VENTAJAS DE LAS REDES DE ÁREA LOCAL.**

- **Comparación de recursos.** En una computadora personal solo su usuario puede usar los recursos físicamente conectados a su computadora. En una red, diferentes son los usuarios que pueden compartir y usar los recursos de otras computadoras, tales como discos de alta capacidad de almacenamiento, impresoras, bases de datos, etc.
- **Compatibilidad de equipos.** En una LAN que tenga cierta flexibilidad o nivel de conectores, es posible juntar equipo con diferente tecnología.
- **Distribución física de hardware.** Las LANs permiten que la disposición de los equipos se optimize, reduciendo costos de instalación y haciendo más estáticos los lugares de trabajo.

- **Aplicaciones complementarias.** Son aplicaciones como: comunicación entre terminales, acceso a base de datos, y correo electrónico.

### **1.3. COMPONENTES DE UNA RED.**

De una manera simple, podemos clasificar los componentes básicos que constituyen una red local en: el servidor de archivos, estaciones de trabajo, y sistema operativo de red. La definición de estos componentes se da a continuación:

- **SERVIDORES Y ESTACIONES DE TRABAJO:**

Un servidor o gestor (traducido de inglés server) es cualquier computadora de la red que ofrezca sus recursos para ser compartidos por otras computadoras o usuarios de la red. Teóricamente no hay límite en el número de servidores que una red pueda tener.

Dado que el servicio de archivos tiene que atender las diversas peticiones de los usuarios que se encuentren conectados a él deberá poseer una elevada velocidad de procesamiento, es decir, una CPU de alto nivel, un disco duro de gran capacidad, y un bajo tiempo de lectura/escritura, así como una gran cantidad

de sus servicios a varios usuarios al mismo tiempo, y tienen la función de operar como interfaz entre la red y el usuario.

- SISTEMA OPERATIVO DE RED

Es importante que el hecho de conectar todas las computadoras, impresoras, y equipo en general entre sí no significa que trabaja en ambiente red inmediatamente. Es necesario el uso de un sistema operativo de la red para lograr una comunicación eficiente entre los diversos dispositivos y sistemas. Uno de los trabajos fundamentales de un sistema operativo de red es proporcionar esta comunicación.

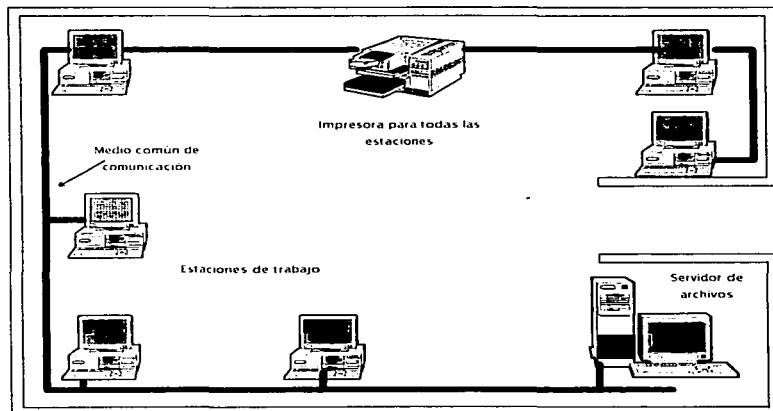
La forma de trabajar del sistema operativo de una red es muy similar a la de un sistema operativo común como lo es MS-DOS, ya que lo que el sistema operativo de nuestra computadora realiza normalmente, el sistema operativo de red debe ser realizado por todas y cada una de las computadoras que estén administradas por él.

El sistema operativo de red funciona conjuntamente con el sistema operativo de la computadora, teniendo que cuando los comandos son locales son atendidos por el sistema operativo de la computadora, y si se ejecuta un comando de red éste será atendido por el sistema operativo de red. Otras de las funciones de este sistema es tener el control de todos los accesos a los



datos, controlar si los usuarios pueden escribir o solo leer, solicitar al usuario una palabra de paso (password) etc.

Como se puede observar el hecho de trabajar con ambiente red simplifica el trabajo en una oficina, especialmente si se tiene la necesidad de compartir recursos entre todos los empleados de la empresa siendo éstos, dispositivos de impresión, almacenamiento y software en general. Facilitando el intercambio de información, evitando la redundancia del software y reduciendo los costos.



*Figura 1.1. Instalación de una red de área local en una oficina.*

#### **1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE CÓMPUTO.**

Las redes de ordenadores se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **REDES DE ÁREA LOCAL(LOCAL AREA NETWORK)**
- **REDES DE ÁREA AMPLIA (WIDE AREA NETWORK)**

Se menciona esta clasificación, ya que es importante diferenciar entre una LAN y una WAN. Los criterios que hay que considerar son: Una red LAN es una red de ordenadores destinada a trabajar en una área limitada, como lo es en una habitación, un conjunto de oficinas, o toda una universidad. Por otro lado una red WAN es una red que se extiende a mayores distancias.

Otro criterio a considerar es que una red LAN el propietario de la misma será dueño del medio de comunicación que utilicen las computadoras y otros equipos para comunicarse entre sí; mientras que en una red WAN se hace uso considerable de comunicación a través de satélites, microondas ó la red telefónica.

Por lo general las redes LAN se comunican a velocidades más altas que las redes WAN. Una LAN comunicándose sobre cable coaxial puede alcanzar velocidades de 10 Megabits por

**segundo, velocidad típica de la red Ethernet o 16 Megabits por segundo en el caso de la red Token Ring.**

**Las WAN que se comunican por satélite o enlaces de microondas pueden alcanzar velocidades similares, pero desgraciadamente la mayoría de ellas utilizan el lento método de la comunicación vía telefónica.**

## **1.5 TOPOLOGÍAS.**

**El concepto de red de área local se basa en la interconexión de computadoras a las que se les llama nodos, la situación de estos y el establecimiento de conexiones entre ellos constituyen los parámetros que definen la topología de una red.**

**Topología es el término para describir la forma de algo, en este caso un modelo de interconexión usando entre varios nodos de una red. Normalmente las redes locales se apoyan en tres topologías principales que son:**

- TOPOLOGÍA EN ESTRELLA.**
- TOPOLOGÍA EN ANILLO.**
- TOPOLOGÍA EN BUS.**

## TOPOLOGÍA EN ESTRELLA

Esta topología se define como un conjunto de computadoras conectadas a través de un controlador/concentrador activo. Todos los mensajes son enviados al centro de conmutación para su reenvío a otros nodos. A éste controlador se le llama también HUB, el cual controlará el flujo de la información por medio de la red hasta todos los nodos.

El HUB o controlador central, limita el tamaño de la red ya que solo puede soportar un número máximo de conexiones. Si deseará aumentar el número de nodos y se sobrepasará la capacidad de control se debe añadir otro HUB al que está operando la red para ampliar la capacidad de la misma.

Debido a la importancia que tiene el HUB en la red éste debe estar bien protegido, en especial contra fallas eléctricas, ya que si un nodo deja de funcionar no perjudicará el funcionamiento de la red, pero si el controlador falla ocasionará grandes problemas afectándose todas las estaciones. De ahí la importancia de incrementar la confiabilidad de una red estrella instalando varios controladores para que en el caso que uno falle se pueda cambiar a otro que este en buenas condiciones. En la figura 1.2a se muestra una topología de este tipo.

## TOPOLOGÍA EN ANILLO

El objetivo de esta topología es tener un número de nodos conectados en forma circular o de anillo, de tal forma que una estación tendrá conexión con otras dos. La red organiza con base en que los datos pasan de un nodo de la red al siguiente usando repetidores conectados entre sí.

Para enviar un mensaje en una red de anillo, el nodo que envía coloca el mensaje en el medio de comunicación, debiendo contener este en un grupo de bits indicando la dirección donde se debe entregar el mensaje dentro del anillo, posteriormente el nodo receptor toma el mensaje destinado a él lo copia y lo vuelve a entregar al medio de comunicación en donde es recibido por el nodo transmisor, dándose éste cuenta que su mensaje fue recibido satisfactoriamente.

Esta topología nos permite aumentar o disminuir el número de computadoras con relativa facilidad, además, como no hay contienda entre las terminales por usar el medio físico de comunicación, la velocidad que manejan estas redes es buena evitándose también las colisiones.

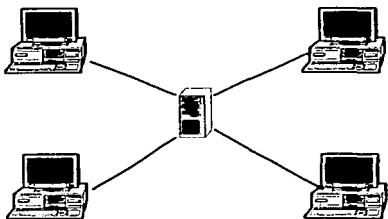
Presenta el control distribuido, es decir, cada elemento de la red tiene la misma jerarquía para transmitir, aunque en casos muy especiales presenta el control centralizado dando a un nodo

atributos mayores en los que respecta a sus facultades de comunicación. La topología en anillo se observa en la figura 1.2b nótese que aquí cada terminal se encuentra conectada a otras dos.

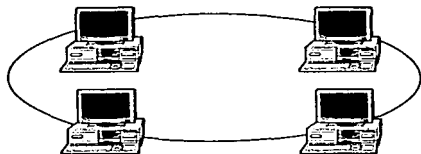
## TOPOLOGÍA EN BUS

La característica principal de esta topología es que cada nodo esta conectado a un medio único de comunicaciones, como por ejemplo un cable coaxial. El control de flujo de tráfico es relativamente simple, ya que el bus o canal común permite a todas las estaciones recibir todas las transmisiones.

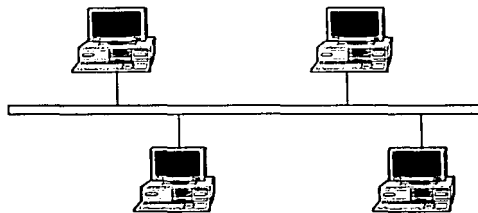
Un ejemplo muy conocido de la topología en bus es Ethernet. Un nodo en el sistema Ethernet es conectado al cable coaxial a través de un cable de interfaz serie a un transceptor. Cuando un nodo desee enviar un paquete de datos por el medio físico, solo podrá hacerlo cuando se detecte ruido en la línea, implicando con esto que primero tendrá que "escuchar" el medio para saber si puede hacer uso del mismo sin problemas. En caso de que más de un nodo envíe mensajes exactamente al mismo tiempo, se podría generar una colisión, teniendo la alternativa de transmitir de nuevo el mensaje. Una ventaja de la topología es la de tener el control distribuido, siendo muy aplicable a la mayoría de las oficinas (ver fig. 1.1). la estructura de ésta topología se muestra a continuación en la figura 1.2c.



*Figura 1.2a*



*Figura 1.2b*



*Figura 1.2c*

***Figura 1.2 Topologías de redes LAN***

TOPOLOGÍA	FORMA DE TRANSMISIÓN	NODOS CONECTADOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ESTRELLA	Punto a punto con un elemento central.	Decenas a miles	Muy conocida. Si falla un nodo en la red no perjudica en la operación de la misma.	El controlador central limita el tamaño de la red, ya que solo está diseñado para soportar un número máximo de conexiones.
ANILLO	Los paquetes giran alrededor del anillo.	Decenas a un centenar.	Presenta el control distribuido. Se puede aumentar o disminuir el número de terminales con relativa facilidad. No presenta colisiones.	Si falla un nodo en la red y éste deja de funcionar perjudicará a toda la red, a menos que cuente con sistemas instalados de seguridad.
BUS	Se realiza a través de un medio común.	Decenas a Centenas.	Aplicable a la mayoría de las oficinas. Cada nodo no depende del siguiente para el flujo de información. Presenta el control distribuido.	Si el canal o bus común falla la red deja de funcionar. Existe la posibilidad de tener colisiones en la transmisión de mensajes entre las computadoras.

*Tabla 1.1 Cuadro comparativo de redes LANs.*



## 1.6. SISTEMAS DE SATÉLITES.

Antes de introducir todo tipo de términos que parezcan complicados en las comunicaciones por satélite, se describirá la idea general de estos sistemas, mencionando que son los satélites de comunicaciones, donde están, y que hacen. Una vez familiarizados con todo el vocabulario se podrá comprender mejor estos sistemas.

Un satélite de comunicaciones es una sofisticada estación repetidora que se muestra localizada a varios miles de kilómetros de la Tierra (aproximadamente 36,000) el cual actúa como espejo en las telecomunicaciones y se encuentra localizado en una órbita geoestacionaria, teniendo el objetivo fundamental de disminuir las barreras geográficas en el establecimiento de una comunicación a grandes distancias. De aquí que un sistema satelital será entonces el conjunto de elementos que intervienen para el establecimiento de una comunicación empleando al satélite como medio de transmisión.

En comunicaciones vía satélite se emplean antenas de microondas para que el satélite pueda recibir las señales de radio que llegan de la Tierra y para que las estaciones en Tierra capten estas señales provenientes del espacio. La transmisión desde el satélite es hacia la Tierra y el haz transmitido es

enviado y enfocado por el satélite con la ayuda de un reflector parabólico, llegando a la Tierra donde "ilumina" el área a la que apunta que puede ser, por ejemplo, todo un continente o todo un país. El área en cuestión es conocida como huella del satélite.

En la figura 1.3 se ilustran los componentes básicos (punto A) transmite información al satélite en una frecuencia específica, típicamente esta frecuencia es de Ghz. Con el objetivo de prevenir un posible caos en el ciclo se han establecido acuerdos internacionales sobre el valor de las frecuencias de telecomunicación vía satélite. Las bandas de 3.7 a 4.2 Ghz y 5.925 a 6.425 se designan como estándares para el uso de estas comunicaciones.

Para el caso de la primera banda de frecuencias, en la actualidad se le conoce como banda C ó banda 4/6 Ghz, significando que el enlace de subida tendrá un valor aproximado de 6 Ghz mientras que el enlace de bajada un valor de 4Ghz, de lo anterior se observa que los valores de las frecuencias de transmisión y recepción son diferentes, esto se hace para evitar posibles interferencias. También existen satélites que pueden trabajar con valores de frecuencias mayores, es decir, usan la llamada banda Ku encontrándose a una frecuencia típica de operación de 14/12 Ghz.

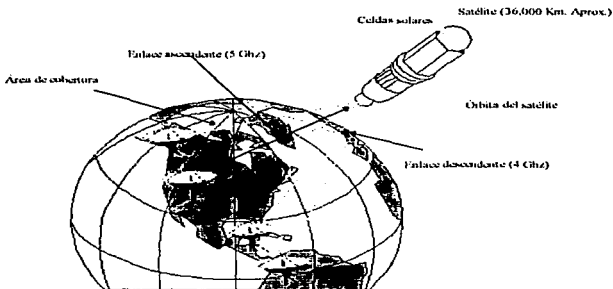
Si la antena del satélite ha sido diseñada para proporcionar radiación a todas las partes de la Tierra visibles por él, con un satélite funcionando a una altura de aproximadamente 35,800 km. de la Tierra, se dice que quedarían expuestos a ésta radiación el 40 % de la superficie de la misma.

Utilizando un satélite a la altura mencionada una estación terrestre "A" podrá mandar información a cualquier estación incluyendo a ella misma, siempre y cuando se encuentre dentro del 40 % del área de cobertura.

En la figura 1.3 se observa que si la estación "A" envía información al punto "B", nada impide que el punto "C" reciba la misma información a menos que se encuentre codificada de tal forma que la estación "C" no pueda identificarla si no conoce la clave adecuada.

Por otra parte es importante mencionar que de acuerdo a la tecnología actual no es deseable tener satélites espaciados a una distancia menor a los 4 grados, aproximadamente 28890 Km. de separación. La consecuencia inmediata es que el haz proveniente de la Tierra considerado separaciones menores a 4° podría iluminar no solo al satélite que se desea sino también los que están próximos a él. Lo anterior se deduce para la banda C, ya que para la banda Ku y debido al valor de las frecuencias la

separación mínima podría ser de  $1^\circ$ . Lo anterior se observa a continuación:



*Figura 1.3*

*Configuración básica de la comunicación vía satélite.*

### 1.6.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES.

Los sistemas por transmisión vía satélite como todo sistema de comunicación presenta ventajas e inconvenientes, en la actualidad se tiene el concepto de que la comunicación por fibra óptica reemplazará a los sistemas de satélites, pero gracias a que éste tipo de comunicación se encuentra en constante evolución se espera una mayor demanda de sus servicios por parte de varias empresas.

A continuación se muestra una tabla donde se enumeran las ventajas de estos sistemas. Obsérvese que aunque existen desventajas los beneficios que se obtienen son aún mayores.

SISTEMAS SATÉLITALES	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estos sistemas poseen una gran capacidad de transmisión al trabajar en la banda de los Ghz.</li> <li>• Proporciona cobertura territorial amplia.</li> <li>• El costo de una transmisión es independiente de la distancia, siempre y cuando la transmisión sea atendida por el mismo transponder (Un transponder determina la capacidad de recepción y transmisión de un satélite), ya que la señal puede ser captada por cualquier estación que se encuentre en la huella del satélite.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si una señal no está correctamente codificada puede haber problemas de seguridad.</li> <li>• Como la señal recorre aproximadamente 36,000 kilómetros cuando es transmitida y otros 36,000 kilómetros en su retransmisión desde el satélite aparecerá un retardo de 2709 ms.</li> <li>• Si la Tierra se interpone entre el sol y el satélite se presentará un eclipse solar, lo que ocasiona que las celdas solares del satélite dejen de producir energía</li> </ul>

*Tabla 1.2. Ventajas y desventajas de los sistemas satelitales.*

### 1.6.2. LA ÓRBITA GEOESTACIONARIA.

Los satélites modernos están ubicados en órbitas geoestacionarias. Una órbita de este tipo mantiene al satélite moviéndose en el mismo sentido que la Tierra y a la misma velocidad que está, pareciendo que los satélites no cambiaran

de posición con respecto a la Tierra. Lo anterior trae varias ventajas, siendo la explicación lo siguiente:

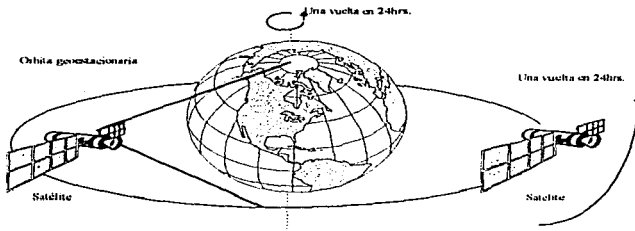
La Tierra gira sobre su propio eje, completando una vuelta cada 24 horas, si colocamos un satélite de tal forma que gire circularmente alrededor de ella en un plano imaginario que la atraviese por el ecuador, y si el satélite también completa una vuelta en 24 horas, entonces, un observador que se encuentra en la Tierra en un punto fijo ve como si el satélite no se moviera.

Lo anterior permite que una estación terrena pueda tener contacto con el satélite las 24 horas del día, superando el problema que se tenía anteriormente del contacto solo por determinadas horas del día.

Para que lo anterior se cumpla deben cubrirse varios requisitos. En primer lugar, el satélite debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la Tierra, además para evitar que pierda altura poco a poco y pueda completar una vuelta cada 24 horas, debe encontrarse a una altura de 35,800 Km. sobre el nivel del mar, para lograr esto el satélite debe tener una velocidad de 3075 m/s siguiendo una órbita circular a través de la Tierra.

Si todo lo anterior se cumple, se dice entonces que un satélite se encuentra en una órbita geoestacionaria. En la actualidad es la órbita más congestionada alrededor de la Tierra por obvias

razones y todos los propietarios de satélites desean instalarlos en ella.



*Figura 1.4 Satélites geoestacionarios girando alrededor de la Tierra.*

### 1.6.3. SERVICIOS DE COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE.

Los servicios que se pueden prestar con los satélites geoestacionarios se dividen en dos grandes grupos:

- SERVICIO FIJO
- SERVICIO MÓVIL

Una red de comunicaciones de servicio fijo consiste en uno o varios satélites así como de las estaciones terrenas que se

comunican a través de ellos, con la características que las estaciones permanecen fijas.

Un caso muy particular de las estaciones llamadas fijas son las llamadas estaciones semi-fijas (que no las debemos confundir con las estaciones terrenas empleadas para el servicio móvil que se menciona más adelante) que consiste en un plano parabólico, el equipo de transmisión y recepción, y una planta propia de energía eléctrica, todo esto montado sobre una camioneta ó camión.

Las redes de este tipo son muy útiles cuando se desea ofrecer un servicio temporal, o cubrir un acontecimiento de corta duración que se desarrolle en un lugar que no cuente con las instalaciones propias de transmisión y recepción.

De cualquier manera una vez que las unidades móviles son llevadas a los puntos donde se va a transmitir o recibir, una vez que sus platos y antenas con orientados al satélite correspondiente, permanecen operando en modo fijo, por lo que se les considera estaciones de servicio fijo de satélite.

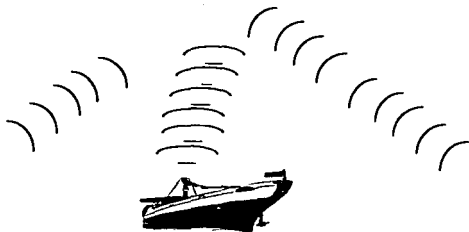
Por otro lado muchos usuarios que se comunican por satélite tienen la característica de que sus equipos no permanecen fijos, sino que estos se mueven o cambian de lugar constantemente, por ejemplo en barcos, submarinos, aviones, etc. Las redes de



comunicación que satisfacen esta demanda pertenecen al servicio móvil de comunicaciones vía satélite.

En cualquiera de los casos anteriormente descritos, el equipo de comunicaciones debe tener una antena capaz de permanecer en contacto con el satélite geoestacionario independientemente de si se está o no moviendo.

Es importante hacer notar que las redes de comunicación de servicio fijo surgieron primero que las móviles, y aunque ya se encuentran operando algunas redes de servicio móvil la mayor parte aún se encuentra en diseño o construcción.



**Figura 1.5. Red de satélite con nodos fijos y móviles combinados**

## **CAPITULO II. TECNOLOGÍA SATELITAL.**

### **Objetivo:**

**RESALTAR LA IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL EN LA MANIPULACIÓN DE GRANDES VOLÚMENES DE INFORMACIÓN, ASÍ COMO SU DESARROLLO EN NUESTRO PAÍS ACTUALMENTE.**

## **CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA SATÉLITAL.**

### **2.1. TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA EN SATÉLITES.**

En un enlace empleando satélites, se tienen básicamente tres sistemas: el sistema terrestre donde se genera la señal hacia el satélite de comunicaciones, que de acuerdo a la definición de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) un satélite de comunicaciones es una estación repetidora situada en el espacio y la estación receptora que capta la señal proviene del satélite.

Un satélite es un sistema muy complejo y delicado integrado por varios subsistemas. Todos los subsistemas son importantes, ya que su probable falla podría causar la inutilidad del sistema. El satélite necesita energía eléctrica, para disipar calor, ser resistente en el medio ambiente en el que vive, ser capaz de regular su temperatura, para poder comunicarse con la tierra, corregir sus movimientos y mantenerse en equilibrio. Todo esto lo logra gracias al conjunto de subsistemas que forman parte de él. A continuación en la tabla 2.1 se describe de forma general la función de cada subsistema.

SUBSISTEMA	FUNCIÓN
ANTENAS	Recibe y transmite señales de radio frecuencia.
COMUNICACIONES	Amplifica las señales y cambia el valor de sus frecuencia.
ENERGÍA ELÉCTRICA	proporciona electricidad con los valores adecuados de voltaje y corriente.
PROPULSIÓN	Proporciona incrementos de velocidad para corregir la posición del satélite.
POSICIÓN Y ORIENTACIÓN	Determina la posición y orientación del satélite.
CONTROL TÉRMICO	Regula la temperatura del conjunto.
RASTREO, TELEMETRÍA Y COMANDO.	Intercambia información con el centro de control en Tierra para conservar el buen funcionamiento del satélite.
ESTRUCTURAL	Alojar todos los equipos y darle rigidez a todo el conjunto.

*Tabla 2.1 Principales subsistemas de un satélite y sus funciones.*

A continuación se describirán todos los subsistemas del satélite y la relación que guardan entre sí.

## **2.2. SUBSISTEMAS DE UN SATÉLITE.**

### **2.2.1. SUBSISTEMA DE ANTENAS.**

El subsistema de antenas tiene la función de recibir las señales de radiofrecuencia provenientes de la Tierra, y después de que son procesadas por el satélite transmitirlas de regreso a la Tierra. Al hablar que la señal es procesada se refiere fundamentalmente a la amplificación y conversión de frecuencia que se efectúa en el subsistema de comunicaciones.

Las antenas que reciben las ondas electromagnéticas son distintas de las que transmiten aunque existen satélites que cuentan con una sola antena para cubrir las dos funciones usando diferentes frecuencias. Este subsistema es muy importante ya que si las antenas no se encuentran bien orientadas hacia la superficie terrestre que deban de cubrir, o en su defecto, si presentará alguna falla, entonces no sería posible transmitir ni recibir señales de estaciones terrenas.

El tipo de antena que deba tener un satélite variará dependiendo la zona geográfica que deba cubrir y las frecuencias de operación a las que trabaje.

Es importante hacer notar que si la antena del satélite es más chica podrá transmitir y recibir dentro de un área geográfica mayor que si lo fuera más grande, es decir, una antena de diámetro mayor cubre una menor zona geográfica. La razón de lo anterior es debido a que cuanto más grandes son los diámetros de las antenas estas tienen la capacidad de concentrar la energía que transmiten en un haz muy angosto ganándose con esto que la antena pueda transmitir la información con mayor potencia aunque se "ilumina" una menor zona geográfica.

Hay satélites que tienen antenas con características diferentes, teniendo todas el objetivo de interconectar varios puntos geográficos, pero existe otro tipo de antena que no tiene nada que ver con la transmisión y recepción de la información radiada. Esta antena es la de telemetría y comando que tiene la función de recibir las señales que contienen ordenes emitidas desde el centro de control en Tierra para corregir alguna falla en satélite, ordenar al sistema de propulsión que se accione para corregir el órbita del sistema, y mediante ella el satélite envía información a la Tierra informando sobre su estado de "salud", es decir, con esta información se puede saber que ocurre en su interior dónde está y cual es su funcionamiento general.

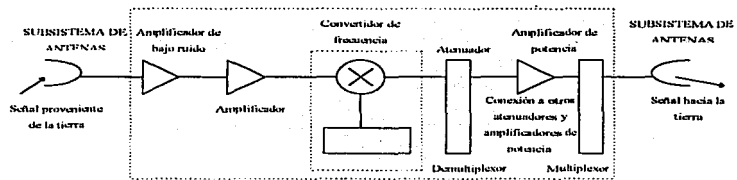
La antena de telemetría y comando debe ser una antena omnidireccional, es decir, que emita más o menos con la misma

intensidad en todas las direcciones de esta manera aunque el satélite cambie bruscamente de posición nunca se perderá contacto con el . Es importante mencionar que en la práctica y en condiciones normales de operación se usan las antenas parabólicas para hacer las funciones de telemetría y comando, la antena propiamente de telemetría se usa por lo regular solo durante el lanzamiento y puesta en órbita del satélite y por su puesto en algún caso imprevisto.

## **2.2.2. SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.**

Las señales de comunicaciones que recibe el satélite entran a él a través de sus antenas, encargándose ellas mismas de retransmitir la información hacia la Tierra después de procesarlas debidamente. Los principales pasos de éste proceso son: Amplificar la señal a un nivel de potencia adecuado para que pueda ser recibida en la Tierra, así como cambiarlas de frecuencia, para que puedan salir por el conjunto de antenas sin inferir con el conjunto de señales que estén llegando simultáneamente.

De lo anterior se puede deducir que el subsistema de antenas esta ligado con el subsistema de comunicaciones, en la figura 2.1 se muestra la relación que existe entre las antenas y el equipo de comunicaciones.



*Figura 2.1. Relación entre los subsistemas de antenas y comunicaciones.*

En la figura se observa sólo una de las posibles trayectorias de los equipos que hay en el subsistema de comunicaciones, aunque es normal que se instalen repetidos, para que en el caso de que alguno llegará a fallar se pueda subsistir con otro que se encuentre en buen estado. Para realizar esta sustitución se usan conmutadores que hacen la conexión de un elemento a otro.

A la trayectoria completa de cada uno de los repetidores en el satélite, comprendiendo todos sus equipos desde la salida de antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre de TRANSPONDER. De aquel se tiene que el subsistema de comunicaciones cuenta con varios transponders dependiendo del diseño del satélite.

La señal proveniente de la Tierra puede tener un solo canal de televisión o cientos de canales telefónicos, todos ellos enviados



en frecuencias diferentes. El rango de frecuencia que hay entre el valor de la frecuencia más baja, y el valor de la frecuencia más alta de las que se transmiten se le da el nombre de ancho de banda. Cuanto más sea el ancho de la banda de un equipo, éste será apropiado para trabajar con un mayor rango de frecuencias.

Cada antena del satélite debe ser capaz de captar al mismo tiempo muchos canales con información que posteriormente será amplificada por separado en diferentes transponders. Es decir tanto las antenas transmisoras como las receptoras deben tener un ancho de banda tal que puedan aceptar las frecuencias que se asigna a la comunicación vía satélite.

Debido a esto la Unión Internacional de Telecomunicaciones divide las frecuencias satelitales en diferentes bandas, las llamadas banda C y banda Ku son las más comunes. En cada una de estas bandas el ancho de banda de operación, o sea, el rango de frecuencias disponibles es de 500 Mhz para la transmisión y 500 Mhz para la recepción. Por otro lado existen satélites híbridos los cuales trabajan con ambas bandas de frecuencia.

El valor de la frecuencia que se utiliza para transmitir de la Tierra al satélite en banda C (enlace ascendente) esta entre 5.925 y 6.425 Ghz. La antena receptora del satélite deberá ser capaz de captar todas las frecuencias, ya que su ancho de banda es de 500 Mhz. Posteriormente la señal llega a los transponders

que tienen la función de cambiar las frecuencias a un valor más bajo pero con el mismo ancho de banda. Este valor será el que tenga el enlace descendente y esta comprendido entre 3.7 y 4.2 Ghz (enlace descendente), por último todas las señales contenidas en estas frecuencias se entregan a la antena transmisora del satélite para su envío a la Tierra.

Un enlace como el descrito anteriormente se presenta por 6/4 Ghz indicando que la señal es enviada al satélite con frecuencias cercanas a 6 Ghz y es regresada por el a frecuencias cercanas a los 4 Ghz. La diferencia de este valor radica en el hecho de enviar al máximo posibles inferencias entre la información que llega al satélite y la que sale de él. Posteriormente se aplican las técnicas de acceso al satélite que junto con esta medida del cambio de frecuencias ayuda a enviar todo tipo de conflictos entre todas las señales que llegan simultáneamente al satélite.

De la misma manera, en la banda Ku las frecuencias que presenta el enlace Tierra-satélite o ascendente se encuentran entre 14 y 14.5 Ghz. Para el enlace satélite-Tierra o descendente las frecuencias están entre 11.7 y 12.2 Ghz representándose de la siguiente manera 14/12 Ghz.

Existen satélites llamados híbridos que trabajan con diferentes bandas de frecuencias al mismo tiempo, es decir, transmiten y reciben simultáneamente en la banda C y en la banda Ku

implicando un aumento en la capacidad de comunicación del satélite, pero también la necesidad de instalación de mayor número de celdas solares para proporcionar más energía eléctrica, y mayor número de antenas receptoras y transmisoras trayendo como consecuencia que el diseño del satélite sea más complejo.

## DESCRIPCIÓN GENERAL A BLOQUES DEL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

Como se observa en la figura 2.1 la señal proveniente de la Tierra es captada por la antena receptora para posteriormente ser tomada por un amplificador de bajo ruido. Como ruido se definen a todas aquellas señales indeseables que no forman parte de la transmisión originada en Tierra.

Como la onda electromagnética ha viajado aproximadamente 36, 000 Km., cuando ésta llega al satélite, su nivel de potencia es muy bajo, siendo necesario amplificarla antes de cambiar su frecuencia para ser retransmitida a la Tierra.

La primera amplificación es muy importante ya que todos los dispositivos electrónicos generan ruido principalmente al calentarse, de aquí. que si éste amplificador genera demasiado ruido la débil señal proveniente de la Tierra se mezclara con el ruido producido por el amplificador, alterándose el contenido de

la información proveniente de la Tierra. Debido a lo anterior se busca que el primer simplificador con el que la señal tiene contacto sea de bajo ruido.

El ancho de banda que tenga el amplificador de bajo ruido debe ser tal que logre captar todas las frecuencias que reciba la antena receptora para su posterior separación por medio de filtros y realizar las diferentes etapas del proceso que se llevan a cabo en el subsistema de comunicaciones. Si este ancho llegara a fallar se podría cambiar de amplificador con la ayuda de un conmutador.

La siguiente etapa por la que pasa la señal es una etapa amplificadora que tiene la función de incrementar aún más el nivel de potencia de la señal, aunque en esta ocasión la señal va un poco reforzada y el nivel de ruido que pudiera generar el segundo amplificador no le afectará demasiado.

Cuando la señal alcanza un nivel de potencia considerable, pasa por otro dispositivo conocido como convertidor de frecuencia, que consta de un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente. Las señales que entrega a su salida éste oscilador son iguales a las que se encuentran en la entrada con la única diferencia de que su frecuencia ha sido disminuida.

El siguiente paso es, mediante un demultiplexor, separar las señales en grupos o bloques. Cada bloque podrá tener uno o dos canales de televisión o cientos de canales telefónicos.

La información completa de 500 Mhz de ancho de banda (si se transmite en la banda C), entra al demultiplexor y en su interior, mediante filtros, ésta se separará por lo regular en un número variable de bloques de 36 Mhz cada uno.

El número de salidas o bloques de un demultiplexor varia dependiendo del diseño del satélite, es decir, el número de salidas será igual al número que resulte al amplificar la división del ancho de banda total de 500 Mhz entre el número de transponders deseados.

Para el caso de la figura 2.1 se tienen 12 salidas en el demultiplexor, número que coincide con la división del ancho de banda total de 500 Mhz y los 12 transponders deseados. De acuerdo a esto cada transponder deberá trabajar a una frecuencia de 36 Mhz para cubrir el ancho de banda total teniendo que  $36 \text{ Mhz} \times 12 \text{ transponders}$  será igual a 500 Mhz de ancho de banda disponibles.

A continuación cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación de potencia para ser entregados finalmente a un demultiplexor en donde se vuelven a juntar las señales ya

amplificadas y con diferente frecuencia en un solo conjunto de 500 Mhz para ser enviadas a la Tierra por la antena transmisora. Es importante observar que a la salida de cada multiplexor se coloca un atenuador dispositivo que tiene la función de actuar como resistencia variable con el fin de disminuir a control remoto la intensidad de flujo de señales que entran al amplificador de potencia. La regulación de ésta intensidad de potencia permite operar al amplificador de potencia en diferentes condiciones de trabajo controlando la calidad de potencia que entregue.

De acuerdo a lo anterior podría pensarse que es un poco ilógico la señal antes de amplificarla por última vez para ser enviada a la Tierra, aún más, considerando que la señal llega muy débil al satélite y está tendrá que viajar otros 36,000 Km. para ser recibida, sin embargo, no siempre es necesario operar los amplificadores de potencia en saturación (entregando su máxima potencia), ya que todo depende de la clase de información que contenga, y el bloque que se va a amplificar.

#### **2.2.2.1. FRECUENCIAS ASIGNADAS.**

La capacidad de tráfico de un satélite depende del ancho de banda y la potencia de los amplificadores. En lo que respecta al

ancho de banda la asignación de bandas de frecuencias satelitales por la UIT ayuda a administrar mejor el uso de éstas.

Además de las bandas C y Ku (que son las más comunes) existen las bandas X y Ka. La forma de representar los enlaces ascendentes y descendentes en orden es la siguiente; En la banda C 6/4 Ghz, para la banda X 8/7 Ghz, en la banda Ku 14/12 Ghz, y para la banda Ka 30/20 Ghz.

Es importante aclarar que la UIT ha dividido al mundo en tres regiones con el fin de coordinar sus trabajos, dependiendo de la región los límites de las frecuencias ascendentes y descendentes pueden variar. Las regiones son:

- REGIÓN 1: África, Europa, CEI y países Árabes.
- REGIÓN 2: América.
- REGIÓN 3: Asia y Oceanía.

El ancho de banda comercial de las bandas C y Ku es de 500 Mhz, aunque se tienen anchos de banda mayores, en especial en las bandas X y Ka en donde son de 1000 y 3500 Mhz respectivamente.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las frecuencias asignadas para comunicación vía satélite en él se observan los diferentes valores de ancho de banda y los valores de los límites

inferior y superior. Las frecuencias asignadas para la comunicación vía satélite son:

BANDA	ENLACE ASCENDENTE (GHZ)	ENLACE DESCENDENTE (GHZ)
C 6/4 Ghz	5,925 - 6,425 (500 Mhz)	3,700 - 4,200 (500 Mhz)
	5,850 - 7,075 (1225 Mhz)	3,400 - 4,200 (1100 Mhz)
X 8/7 Ghz	7,925 - 8,425 (500 Mhz)	7,250 - 7,750 (500 Mhz)
Ku 14/11 Ghz	14,00 - 14,500 (500 Mhz)	10,950 - 11,200 (500 Mhz)
	14,000 - 14,500 (1000 Mhz)	10,700 - 11,700 (1000 Mhz)
	14,000 - 14,500 (500 Mhz)	11,700 - 12,200 (500 Mhz)
Ka 30720 Ghz	27,500 - 31,000 (3500 Mhz)	17,700 - 12,200 (3500 Mhz)

*Tabla 2.2. Resumen de frecuencias asignadas en comunicación satélital.*

### 2.2.3. SUBSISTEMA DE ENERGÍA.

El subsistema de energía eléctrica tiene la función de suministrar la energía para la operación adecuada del satélite, con los niveles de voltaje y corriente adecuados.



La cantidad de potencia que necesita cada satélite dependerá del diseño del mismo, siendo el valor de potencia estándar de 500 a 2000 Watts. El subsistema de energía eléctrica consta de tres elementos principales:

- FUENTE PRIMARIA:

Esta constituida por un conjunto de celdas o paneles solares que proporcionan la energía al satélite durante el mayor tiempo de su vida de operación, es decir, esta fuente cubre casi todas las necesidades de energía, exceptuando aquellas situaciones o imprevistos que el satélite afronta como son eclipses y fallas o desgastes en las celdas solares. La fuente primaria no es usada durante la puesta en órbita del satélite. Para cubrir las necesidades anteriores se cuenta con la fuente de energía secundaria que se describirá en el siguiente punto.

Hasta ahora no se ha fabricado ningún satélite comercial que utilice energía nuclear, pues los combustibles como el curio-244 y el plutonio son muy caros. Por otra parte los combustibles baratos como el estroncio-90 son peligrosos y pueden ocasionar serios daños al medio ambiente. las características principales de una celda solar son las siguientes:

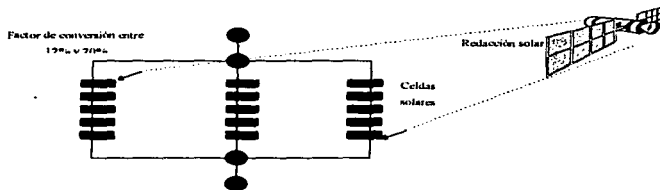
Una celda necesita de la energía radiada por el sol para poder suministrar energía al satélite, éstas funcionan bajo el principio

fotovoltaico; es decir, cuando mayor sea la cantidad de energía solar que capten, mayor será la eficacia en la conservación de energía solar o eléctrica.

La principal desventaja de las celdas es que su factor de conversión de energía es muy bajo, en un principio este factor era del 8%, y posteriormente se mejoro al 12 %. El valor de estos factores se logra con celdas construidas a base de silicio. En la actualidad se ha demostrado que con celdas construidas a base de arseniuro de galio se han logrado obtener factores de conversión de aproximadamente 20 %.

Se dice que cuando el satélite se encuentra a una distancia de aproximadamente 150 millones de kilómetros del sol, la intensidad de la radiación solar sobre sus celdas es de 1350 Watts por cada metro cuadrado de superficie de celdas solares; y si consideramos que el factor de conversión promedio de energía solar es de 10 % y que la mayoría de satélites trabajan con 1 Kilo Watt de potencia es obvio que necesitaremos más de un metro de celdas por cada satélite.

Cada celda tiene una área de 5 centímetros cuadrados, para lograr obtener superficies grandes de celdas se unen varias de ellas en serie y paralelo, generándose así el nivel de energía necesaria. En la figura 2.2 se muestra un arreglo de este tipo:



*Figura 2.2, Panel solar compuesto de varias celdas.*

Como todo satélite, los arreglos solares están expuestos a diversas radiaciones que año tras año van desgastando las celdas, calculándose que al término de 7 años de operación la eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica disminuye en un 30 % con respecto a la eficacia original.

La intensidad de radiación eléctrica no es constante todo el año, ya que el satélite se acerca y se aleja del sol conforme se va moviendo alrededor de él, de aquí que el subsistema de energía eléctrica debe tener la capacidad e mantener los niveles de voltaje y corriente constantes todo el año. Cuanto mayor sea la desviación del ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a una incidencia normal (perpendicular) de referencia, menor será la conversión a energía eléctrica.

En resumen ambos factores la distancia del satélite al sol, y el ángulo de incidencia de los rayos solares ocasionan que en diferentes épocas del año se tenga mayor o menor energía

eléctrica disponible problema que se soluciona con la fuente secundaria de energía.

- FUENTE SECUNDARIA:

La fuente secundaria o de respaldo la constituye un conjunto de baterías que se cargan cuando las celdas solares están expuestas a los rayos del sol, su función principal es la de suministrar la energía al satélite cuando este se encuentre expuesto a situaciones adversas y la fuente primaria se encuentre imposibilitada para trabajar.

Las baterías que más se usan en los satélites geoestacionarios están construidas a base de níquel-cadmio. Hay otro tipo de baterías que aún se encuentran en investigación y son las construidas a base de plata-hidrógeno.

Esta fuente puede operar no solamente cuando el satélite se someta a un eclipse, también en momentos de máxima demanda del satélite.

En lo que respecta a los eclipses, cuando llega a ocurrir uno, el satélite cuenta con una serie de relevadores que detectan la disminución de energía entregada por la fuente primaria, conectándose automáticamente la fuente secundaria que podrá entregar los niveles de energía adecuados.

La fuente secundaria se descarga poco a poco mientras alimenta al satélite, pudiendo operar desde unos cuantos minutos hasta varias horas dependiendo de la duración del eclipse. Una vez que termina el eclipse el satélite queda de nuevo expuesto a los rayos del sol encargándose una vez más la fuente primaria del suministro de energía, al mismo tiempo que las baterías de la fuente secundaria se comienzan a cargar.

- ACONDICIONADOR DE POTENCIA:

Se encuentra integrado por dispositivos como reguladores, circuitos de protección, que permiten regular y distribuir la electricidad con niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.

#### COLOCACIÓN DE LAS CELDAS SOLARES EN EL SATÉLITE

Existen por lo general dos tipos de satélites de comunicaciones geostacionarios; Satélites estabilizados por giro, y satélites estabilizados triaxialmente. Se menciona esto ya que dependiendo del tipo de satélite será que guarden las celdas solares en su estructura.

Los satélites con estabilización por giro asemejan un gran cilindro, las celdas solares van montadas sobre la mayor parte de la superficie del satélite envolviendo casi toda la totalidad de

su perímetro. Por otro lado los satélites con cuerpo fijo y estabilización triaxial no tienen una geometría cilíndrica, asemejando un gran cubo o caja; en este caso los paneles solares se colocan a los costados del mismo pareciendo que emergieren dos grandes alas de la caja.

En los dos casos el término estabilización se refiere a la forma de mantener los satélites geoestacionarios relativamente estables en lo que coinciden a su posición con respecto a la Tierra. los métodos de estabilización por giro y triaxial se definen en el subsistema de posición y orientación.

El problema de los satélites estabilizados por giro es que no todas las celdas están expuestas al sol en todo momento, aprovechándose solo una parte de ellas para efectuar la conversión a electricidad. El porcentaje de celdas aprovechadas en este caso es de  $1/3$  a consecuencia de la parte oculta al sol y la parte curva del cuerpo cilíndrico del satélite sobre la cual están montadas las celdas.

Por otra parte como en los satélites con estabilización triaxial los paneles solares se extienden a los lados del mismo, y cuentan con mecanismos para orientar todo el panel constantemente hacia el sol, las celdas solares son aprovechadas al máximo, ya que la eficiencia en la conversión está en función del ángulo de incidencia de los rayos del sol. De

lo anterior se deduce que las celdas de los usuarios de los satélites con estabilización triaxial generan mayor cantidad de energía eléctrica que los satélites estabilizados por giro.

#### **2.2.4. SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN.**

Desde la puesta en órbita del satélite es necesario controlar sus movimientos para que éste se pueda desplazar por el espacio, objetivo que se logra con el subsistema de propulsión. Las principales funciones de este subsistema son:

- a) Colocar al satélite en su posición final.
- b) Realizar maniobras de corrección de posición y orientación.

Como se mencionó en el capítulo 1, la mayoría de los satélites necesitan trabajar a una altura de aproximadamente 36,000 Km. sobre el nivel del mar. Cuando un satélite se encuentra ahí se dice que opera en la órbita geoestacionaria.

Para la colocación del satélite en órbita geoestacionaria se tienen varios métodos, uno de ellos es el empleado por el sistema de transportación espacial de la NASA de los Estados Unidos. La técnica consiste en colocar al satélite dentro de un transbordador espacial comandado por astronautas y liberarlo a

una altura de aproximadamente 30,000 Km. sobre el nivel del mar en una órbita circular baja.

Es lógico que en está el satélite no podrá operar eficientemente, por lo que es necesario moverlo a control remoto para que poco a poco logre llegar a la órbita geoestacionaria. La separación del satélite se efectúa cuando la nave cruza el plano del ecuador. Los incrementos de velocidad que efectúa el satélite para moverse en el espacio son proporcionados precisamente por el subsistema de propulsión.

Por otra parte, un satélite esta expuesto a fuerzas perturbadoras constantemente que ocasionan su posible cambio de posición. Todos los satélites que operan actualmente tienen asignadas ciertas posiciones en el espacio reguladas por la UTT para evitar el congestionamiento del mismo.

Otra función del subsistema de propulsión es evitar que el satélite salga de su altitud (altura del nivel del mar hacia arriba) y pueda interferir con otros satélites cercanos.

Es importante señalar que todos los movimientos se realizan a control remoto desde la Tierra, y es responsabilidad de las personas que lo controlen la correcta administración del combustible que lleva dentro el subsistema de propulsión, ya que está en función directa con la vida útil del satélite. Cuando



un satélite no tiene combustible se convierte en chatarra en el espacio, y es necesario apagarlo y sacarlo de órbita para que no interfiera con la operación de otros satélites.

## OPERACIÓN DEL SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN

El subsistema de propulsión opera bajo el principio de la tercera ley de Newton, es decir, mediante la expulsión de gases a alta velocidad y alta temperatura por conductos se logran obtener movimientos de igual magnitud pero en dirección contraria. Al gas que se expulsa se llama propulsor, existen propulsores químicos y eléctricos de estos los químicos tiene mayor aceptación ya que proporcionan niveles de empuje mayores que los eléctricos.

La eficacia de un propulsor se caracteriza por su empuje y el impulso que pueda proporcionar el gas que utilice. Cada tipo de gas produce incrementos de velocidad diferentes gastando cierta cantidad de masa. Cuanto menor sea la cantidad de masa gastada por el propulsor para producir un movimiento, se necesita tener los gases que nos proporcionan mayores impulsos.

El principio básico por el cual operan los propulsores químicos es la generación de gases a alta temperatura en el interior de una cámara mediante la reacción de estos. Los gases se aceleran

al pasar por un conducto de escape cuya salida va disminuyendo poco a poco para después agrandarse. Los primeros sistemas de propulsión usaban gases como nitrógeno y peróxido de hidrógeno mismos que fueron sustituidos por la hidrazina monopropelente. Este combustible se inyecta a una cámara donde reacciona con un catalizador dando como resultado que se evapora y genere temperaturas y velocidades altas.

En la actualidad se han popularizado los sistemas bipropelentes, donde no se emplea un catalizador, sino dos propelentes distintos, poniéndose en contacto un combustible y un oxidante produciéndose una combustión instantánea. La sustancia más popular en la hidrazina monometilica (combustible) y el tetróxido de nitrógeno (oxidante).

Es cuanto a los propulsores eléctricos, estos funcionan según el principio de generar un empuje al generar una ionizada dentro de un campo electromagnético, pero aún se encuentran en su etapa de prueba.

## **2.2.5. SUBSISTEMA DE POSICIÓN Y ORIENTACIÓN.**

El subsistema de posición y orientación tiene como objetivo mantener al satélite orientado hacia la zona geográfica a la cuál preste sus servicios para que las señales de radio frecuencia

provenientes de la Tierra lleguen con la máxima intensidad de potencia. Para que tal situación se logre la orientación de la estructura del satélite deberá mantenerse estable con respecto a la superficie de la Tierra. Para mantener estable al satélite existen dos técnicas: La técnica de estabilización por giro y la técnica de estabilización traxial.

Los satélites estabilizados por giro tiene las características de que una parte de ellos y en algunos casos toda su estructura gira para mantener el equilibrio del conjunto, permaneciendo las antenas orientadas al área de servicio. En el primer caso solo una parte del satélite gira mientras que la otra permanece fija incluyendo a las antenas.

Por otra parte, los satélites con estabilización traxial no giran. En estos casos la estabilización se logra mediante volantes giratorios colocados dentro de él.

Independientemente del tipo de estabilización todos los satélites se encuentran expuestos a fuerzas externas que cambian su posición, por lo tanto es preciso determinar donde esta el satélite y cual es la orientación exacta.

Para la determinación de la orientación del satélite se utilizan sensores llamados de Tierra y de sol. Los sensores de sol son dispositivos fotovoltaicos en los que se produce una corriente

eléctrica cuya magnitud depende de la intensidad solar sobre ellos. De esta forma si se conoce la cantidad de corriente generada es posible relacionarla con la posición que se encuentra el sol.

Por otra parte los sensores de Tierra miden la radiación infrarroja que ésta emite, la cantidad de calor que detectan estos dispositivos dependerá de la posición que tenga el satélite con respecto a la Tierra, teniendo que si el satélite cambia de posición los sensores detectan esas variaciones.

Para saber si el satélite ha cambiado de la posición que le corresponde se comparan los valores obtenidos por los sensores de Tierra y del sol con los valores estándares, si se detectan variaciones considerables se calculan las correcciones que deben para reducir las variaciones de posición, y finalmente llevarlas acabo mediante la operación de un volante o giroscopio, cuya velocidad de rotación sea variable para producir la corrección necesaria.

Es importante aclarar que estos volantes únicamente mantienen en equilibrio al satélite, y sus correcciones en la posición del mismo no se comparan con las correcciones que proporciona el subsistema de propulsión.

## **2.2.6. SUBSISTEMA DE CONTROL TÉRMICO.**

El satélite está integrado por un gran número de elementos, cada uno de ellos debe conservar cierto rango de temperatura para su correcto funcionamiento. Por ejemplo, las celdas solares trabajan mejor entre -100 grados centígrados y entre +50 grados centígrados, las baterías solamente entre 0 y +20 grados centígrados, los tanques de almacenamiento de combustible entre -10 y +50 grados centígrados. Por lo tanto, es preciso garantizar que todos y cada uno de los elementos del satélite se encuentren en equilibrio térmico.

La función del subsistema de control térmico es precisamente, mantener el equilibrio la temperatura del conjunto entre la energía que el satélite recibe de fuentes externas (principalmente el sol) y la energía que el mismo disipa internamente. El problema se vuelve mayor si consideramos que la magnitud de la energía varía constantemente.

Con el fin de mantener lo mejor posible el equilibrio térmico, los especialistas usan una gran variedad de materiales para proteger cada una de las partes del aparato. Por ejemplo, una sección del satélite se cubre con cubierta de cuarzo semejante a un gran espejo, que tiene la propiedad de rechazar el calor del exterior y al mismo tiempo lo pasa del interior al vacío, los dispositivos electrónicos que generan mayor calor son los

amplificadores de potencia mismos que se colocan al lado de este material térmico.

Las antenas de transmisión y recepción se cubren también con algún tipo de material de plástico aislante que los protege del calor y cambios bruscos de temperatura.

La elección del color de acabado juega un papel muy importante para el control de la temperatura, al igual que las propiedades de absorción y emisión de los materiales. De esta forma combinando materiales y colores y con el auxilio de reflectores ópticos, el equilibrio térmico se conserva dentro de rangos de temperatura aceptables.

#### **2.2.7. SUBSISTEMA DE RASTREO, TELEMETRÍA Y COMANDO.**

Este subsistema permite conocer y controlar remoto la posición y orientación del satélite. También tiene la capacidad de recibir señales de telemetría y comando para que algún cambio deseable se ejecute.

Aunque el subsistema se encuentra instalado en el satélite trabaja conjuntamente con las llamadas estaciones terrenas. Una estación terrena consiste en una serie de equipos

interconectados entre sí, de los cuales el más conocido es la antena parabólica. El término estación terrena se usa indistintamente para indicar a todo equipo terminal que se comunica desde la Tierra con algún satélite, no importando si la estación esta fija, si es unidad móvil o si esta instalada en un barco, avión o cualquier otro vehículo. Se considera que una estación terrena puede ir desde una simple estación casera receptora de televisión hasta todo un centro de control de satélites.

El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores que miden cantidades tales como voltajes, corrientes, presiones, posición de interruptores y temperaturas. Las lecturas tomadas por los sensores son convertidas en una señal digital que el satélite transmite hacia la Tierra con una velocidad baja, entre 200 y 1000 bits por segundo, ésta información permite conocer el estado de operación del sistema satelital, apoyada por la información de rastreo.

El rastreo se efectúa mediante la transmisión de varias señales denominadas tonos, desde la estación de control hacia el satélite. Normalmente se utilizan de 6 a 7 tonos distintos, cuya frecuencia es de unos cuantos Kiloherztz: el satélite recupera los tonos y remodula con ellos a su propia portadora, para retransmitirlos hacia la Tierra en donde son detectados por el centro de control. Las señales recibidas en Tierra se comparan

con las transmitidas originalmente, y las diferencias obtenidas permiten calcular la distancia a la que se encuentra el satélite.

Las señales de comando son las que permiten efectuar correcciones en la operación y funcionamiento del satélite a control remoto, tales operaciones son: cambiar la ganancia de los amplificadores, cerrar algún interruptor, modificar la orientación de la estructura, o bien, durante la colocación en órbita extender los paneles solares, mover las antenas y encender los motores de propulsión. Es importante hacer notar que todas estas señales de comando van codificadas por obvias razones de seguridad, la mayor parte de los sistemas que operan actualmente utilizan un método en el que el satélite primero retransmite al centro de control los comandos que haya recibido, éstos son verificados en la Tierra y se comprueba que las órdenes fueron recibidas correctamente, entonces, el centro de control transmite una señal de ejecución. Al recibirla, el satélite procede a efectuar los cambios ordenados.

#### **2.2.8. SUBSISTEMA ESTRUCTURAL.**

La estructura del satélite es la armazón que sostienen a todos los equipos que lo conforman y que le da la rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que se ve sujeto desde el momento en que abandona la superficie de la Tierra,



**motivo por el cual éste importante subsistema debe ser durable, resistente, y lo más ligero posible.**

**Durante las diversas etapas de su lanzamiento y transferencia de órbita, el satélite se enfrenta a vibraciones, aceleraciones, esfuerzos aerodinámicos. Cuando llega a su posición orbital final, el satélite se ve afectado por impactos de micro meteoritos, presiones de radiación de las antenas, fuerzas de atracción de la Tierra, la Luna y el Sol, y empujes generados por su propio subsistema de propulsión. En consecuencia, tanto la estructura del satélite como cada una de las demás partes que lo componen deben diseñarse para que soporten esas condiciones.**

**Para ello, el diseñador tiene a su alcance una diversidad de materiales para la fabricación de la estructura, así como muchos conceptos geométricos derivados de la experiencia obtenida en aeronáutica a través de los años.**

**Los materiales más comunes para este fin son aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero y varios plásticos reforzados. Dependiendo del diseño (número y forma de las antenas, tipo de estabilización, número y potencia de los amplificadores), la masa de la estructura puede variar entre 10 y 20 % del total de la masa del satélite.**

### **2.3. SATÉLITES MEXICANOS.**

En el año de 1977, la Dirección General de Telecomunicaciones inicio una serie de estudios y tramites necesarios para hacer uso de satélites de comunicaciones que tuvieran el objetivo de distribuir señales de televisión en toda la República Mexicana.

Desgraciadamente no se contaba con sistemas de satélites propios, por lo que México tenia la necesidad de formar parte del Consorcio Internacional de Telecomunicaciones INTELSAT; INTELSAT tiene como objetivo la explotación sobre una base comercial de satélites dedicados al servicio internacional público de telecomunicaciones. Para la prestación de sus servicios tiene colocados satélites en la región del océano Atlántico, océano Pacífico, y océano Índico. Desafortunadamente la ubicación de estos satélites no permite que ninguno de ellos sea usado para cubrir los servicios del territorio nacional ya que lo hacen sólo cubren parte de México.

Debido a lo anterior, se tuvo la necesidad de contar con un sistema propio de satélites que cubrieran las demandas en materia de comunicaciones nacionales. Desde el primer anuncio oficial de la adquisición de un sistema de satélites para servicio exclusivo de nuestro país, se presentaron diferentes expectativas respecto a los beneficios que traería al pueblo de México, ya que la disponibilidad de la señal en cualquier punto

del país sería un logro muy importante. Ningún otro medio de comunicación conocido en la actualidad podría cubrir casi en su totalidad los aproximadamente dos millones de Kilómetros cuadrados de nuestro territorio. A continuación se da una explicación general de lo que es la primera generación de satélites mexicanos.

### **2.3.1. SATÉLITES MORELOS.**

Los satélites Morelos I y II fueron lanzados el 17 de Junio y el 26 de Noviembre de 1985, respectivamente. El Morelos I, localizado a 113.5 grados de longitud Oeste, se encuentra operando desde Agosto de 1985.

El Morelos II, localizado a 116.8 grados de longitud Oeste fue colocado en una órbita de estacionamiento a fin de permitir que alcanzara su posición orbital nominal aprovechando su deriva natural. Fue puesto en operación casi 4 años después, el 1 de Noviembre de 1989. Estos satélites se encuentran operando en órbitas geoestacionarias a una altura aproximada de 35,680 Km. sobre el ecuador, pertenecen a la serie de satélites para comunicación HS-376.

Los satélites Morelos tienen una forma cilíndrica con un diámetro de 2.16 metros. Su altura, con la antena y el panel

solar telescópico almacenado es de 2.86 metros. En su configuración en órbita y en operación con las antenas y el panel solar telescópico desplegados, la altura del satélite es de 6.60 metros.

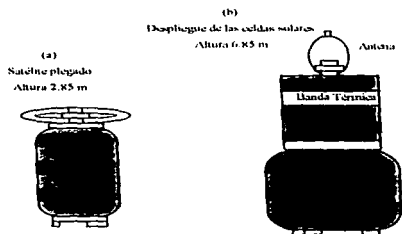
Su peso es de 666 Kg. al inicio de su operación de los cuales 145 Kg. corresponden al combustible que se utiliza para el subsistema de propulsión y ,mantenimiento en sus posiciones correctas. En la figura 2.3 se observa la configuración del satélite Morelos, en (a) se tiene su estado de almacenamiento y en (b) se observa el despliegue telescópico de las celdas solares cuando el satélite está en órbita geoestacionaria.

La mayoría de los satélites modernos en banda C manejan 24 canales. Los Morelos llevan 18 canales de comunicación en banda C, 12 de estos canales tienen un ancho de banda de 36 Mhz. mientras que los 6 restantes tienen anchos de banda de 72 Mhz.

El sistema de satélites Morelos tiene una vida útil determinada. El tiempo de vida depende del gasto de combustible que se efectúa para corregir la posición del satélite. Una vez agotado el combustible el satélite inicia una deriva Este u Oeste, al perder su sincronía con el movimiento de la Tierra. Al salir de su posición orbital asignada deben cesar sus transmisiones para evitar interferencias a otros satélites. En el caso de los satélites

Morelos I y II se tienen calculados tiempos de vida aproximados de 9 años después de colocados los satélites en su órbita de trabajo, por lo que se tuvo que reemplazar al Morelos I en enero de 1994, mientras que el Morelos II se reemplazará a fines de 1998.

La situación de estos satélites se lleva a cabo mediante la segunda generación de satélites mexicanos llamados Solidaridad I y II, sistemas que presentan mejoras con respecto a las anteriores.



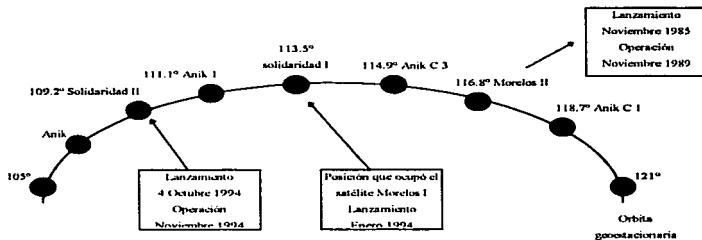
*Figura 2.3. Configuraciones del satélite Morelos.*

### **2.3.2. SATÉLITES SOLIDARIDAD.**

Las funciones principales de la segunda generación de satélites mexicanos, consisten en reemplazar al satélite Morelos I y aumentar la capacidad de servicios del sistema de satélites nacionales. Los nuevos satélites tienen la misión de proporcionar cobertura regional para comunicaciones transfronterizas y para necesidades internas de Centro, Sudamérica y el Caribe, característica que no se podía cubrir con los satélites Morelos. Como opción al nuevo sistema, se incluye la banda L para servicios móviles.

El organismo descentralizado Telecomunicaciones de México TELECOM puso en órbita en Noviembre de 1993 el primero de una serie de dos satélites ya que el Solidaridad II se colocó en órbita tres meses después.

Los satélites Solidaridad I y II ocupan las posiciones orbitales de 109.3 grados y 113 grados al Oeste del meridiano de Greenwich respectivamente. En la figura 2.4 se muestra la posición que guardan los satélites con respecto a otros que se encuentran operando cerca a ellos. Cabe mencionar que los satélites Anik son de propiedad Canadiense.



*Figura 2.4. Posición asignada a los satélites Solidaridad.*

El sistema consta de 2 satélites de comunicaciones estabilizados por giro, la ampliación del centro de control incluyendo un simulador dinámico de los satélites Morelos y Solidaridad, un laboratorio de pruebas de comunicaciones y la aplicación actual del sistema de monitoreo del centro de control, así como un centro de control alternativo que será un respaldo del actual, en la Ciudad de Hermosillo Sonora.

## DESCRIPCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS DE LOS SATÉLITES SOLIDARIDAD

- EL SUBSISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Consta de un arreglo de celdas solares en forma de "alas" se encuentran localizadas en el lado norte y sur del cuerpo del satélite. El subsistema está compuesto por tres pares de paneles solares de 2.25 X 2.5 mts. el arreglo de paneles solares total contiene 56 circuitos de celdas solares de silicón K4- ¾, produciendo 4 Kwatts de potencia hasta el final del tiempo de vida del satélite.

El subsistema secundario de energía eléctrica está formado por 4 paquetes de baterías, cada uno diseñado con calentadores y un disipador a base de espejos, los cuales proveen el control térmico para las baterías independientemente de las funciones del subsistema de control térmico.

Las baterías están construidas a base de Niquel-Hidrógeno capaces de suministrar un voltaje promedio en eclipses de 33.5 Volts. Presentan también el sistema de control de descarga automática.

- **EL SUBSISTEMA DE ANTENAS.**

Se encuentra formado por 2 reflectores montados a Este y Oeste del cuerpo del satélite así como un arreglo de antenas para la banda I.



Durante la puesta en órbita de los satélites se pliegan al cuerpo del mismo las "alas" así como las antenas de comunicaciones, esto con el fin de que el satélite se adapte a la nave que lo transporta.

- **SUBSISTEMA DE POSICIÓN Y ORIENTACIÓN.**

La características de estos subsistemas son el operar al satélite automáticamente sin comandos de Tierra entre maniobras, así como darle estabilidad al cuerpo del satélite mediante el método de estabilización triaxial.

- **EL SUBSISTEMA DE CONTROL TÉRMICO.**

Tiene el objetivo de mantener constante las variaciones de temperatura a la que se expone el satélite, para esto cuenta con sistemas de disipación de calor con carga útil, y materiales para formar toda la superficie del satélite a fin de que la carga solar que soporta sea mínima.

- **EL SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.**

Como se detallará más adelante esta equipado con transponders capaces de cubrir las bandas de frecuencias C y Ku. Además presenta la cobertura de banda L para comunicaciones móviles. Todo esto para la cobertura de diferentes zonas geográficas.

### 2.3.3. CONSIDERACIONES OPERATIVAS Y VENTAJAS TECNOLÓGICAS ADICIONALES.

- CONSIDERACIONES OPERATIVAS

La nueva generación de satélites mexicanos nació en un momento que se caracterizó entre otras cosas por lo siguiente:

- \* Alta ocupación de la órbita geoestacionaria.
- \* Alta demanda de capacidad en banda Ku.
- \* Terminación de la vida útil de satélite Morelos I.
- \* Demanda estable de capacidad en banda C.

En lo que respecta a la alta ocupación de la órbita geoestacionaria México ha estado coordinado con Canadá y los Estados Unidos una tercera posición orbital que se ubica a los 109.2 grados de longitud Oeste, previendo que, al ocupar y realizarse el reacondo de satélites en los próximos años no se tengan problemas de consideración.

El incremento en la demanda de servicios en banda Ku obliga a maximizar la capacidad de ésta dentro de límites razonables de consumo de energía. Por otra parte, en el sistema de satélites Solidaridad se han mejorado algunos de los inconvenientes operativos encontrados en el sistema Morelos. Como son la

necesidad de que existan varios canales de televisión dentro de un mismo transponder en banda C.

• **VENTAJAS TECNOLOGICAS ADICIONALES**

Los satélites Solidaridad tuvieron mejoras en todos los subsistemas, las más importantes son:

- \* Vida de 12 años en el lugar de 9 en el sistema Morelos.
- \* Transponders de más potencia.
- \* Menor sensibilidad a los efectos del ruido
- \* Mejor relación G/T en los receptores de los satélites.
- \* Baterías de níquel-hidrógeno de mejor desempeño.

Este resumen se puede decir, que el sistema de satélites Solidaridad debe cumplir con el compromiso de mantener la continuidad del servicio del satélite Morelos I y proporcionar a los usuarios los beneficios tecnológicos que es posible introducir en el sistema de satélites nacionales.

**CUADRO COMPARATIVO DE LOS SATÉLITES MORELOS Y SOLIDARIDAD**

Las principales diferencias entre las características de diseño de los sistemas de satélites se muestran en la tabla 2.3

SATÉLITE MORELOS	CARACTERÍSTICA	SATÉLITE SOLIDARIDAD
HUGHES AIRCRAFT Co.	FABRICANTE	HUGHES AIRCRAFT Co.
HS-376	MODELO	HS-601
POR GIRO	ESTABILIZACIÓN	TRIAXIAL
940 WATTS	POTENCIA ELÉCTRICA	3370 WATTS
9 AÑOS	VIDA ÚTIL	12 AÑOS
C Y Ku	BANDAS DE FRECUENCIA	C, Ku Y L.
666 kg.	PESO TOTAL	2772 Kg.
521 Kg.	PESO SECO	1282.6 kg.
145 Kg.	COMBUSTIBLE	1489 Kg.
2.16 mts. Diámetro 6.66 mts. Longitud	DIMENSIONES	11 mts. Antena-antena 25.5 mts. CON PANELES SOLARES PLEGADOS

*Tabla 2.3. Principales diferencias de los satélites mexicanos.*

#### PATRONES DE COBERTURA DE LOS SATÉLITES SOLIDARIDAD

Como ya se mencionó los Solidaridad cuentan con 4 bandas de operación, cada una de ellas tienen diferentes objetivos en lo que respecta a la cobertura que tenga los servicios que preste así como su capacidad en los transponders. A continuación se describen los objetivos que se buscan alcanzar en cada banda apoyándose con figuras ilustrativas de cobertura.

- **Banda C.**

\* Ampliar la cobertura geográfica a los países del Caribe, Centro América, incluyendo algunos del Sur, como Bolivia, Ecuador, Colombia, Perú, Uruguay y Venezuela. Esto se logra mediante la

subdivisión de la banda C en tres regiones diferentes, cada región se ocupará de ciertos países únicamente.

\* Aumentar proporcionalmente el número de transponders de 36 Mhz con respecto a los de 72 Mhz, para mejorar las condiciones de operación de los canales de televisión.

\*Radiar la menor potencia al mar.

\* Mejorar las características de transmisión del territorio mexicano aumentando la potencia de los transponders.

Patrones de cobertura para la banda C en la región 1(R1), (Transponders 36 y 72 Mhz).

#### SERVICIOS PRINCIPALES

- Distribución de televisión y radio
- Enlaces de telefonía pública
- Redes corporativas de voz y datos

#### CAPACIDAD DE CADA SATELITE

- 12 transponders de 36 Mhz
- 6 transponders de 72 Mhz
- Vida útil 14 años, 58 % más que los Morelos

## **COBERTURA**

- **Territorio Mexicano**
- **Sur de Estados Unidos**
- **Guatemala**
- **Parte de Belice, el Salvador y Honduras**

**Patrones de cobertura para la banda C en la región 2(R2).**

## **SERVICIOS PRINCIPALES**

- **Distribución de televisión y radio**
- **Enlaces de telefonía pública**
- **Redes corporativas de voz y datos**
- **Redes digitales publicas y privadas**

## **CAPACIDAD DE CADA SATÉLITE**

- **4 transponders de 36 Mhz de la región 1 se pueden conmutar a la región 2 o región 3**
- **Antenas de recepción de 2 a 3 mts.**

## **COBERTURA**

- **Territorio Mexicano**
- **Sur de Estados Unidos**

- Centroamerica
- Cuba y el Caribe
- Colombia y Venezuela

**Patrones de cobertura para Ku en la región 4(R4).**

**SERVICIOS PRINCIPALES:**

- Distribución de televisión y radio
- Enlaces de telefonía pública
- Redes corporativas de voz y datos

**COBERTURA:**

- Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Chile  
Argentina, oeste De Brasil, Sur de Colombia.

**CAPACIDAD DE CADA SATELITE:**

- 4 transponders de 36 mhz de la region 1 se puede conmutar a la región 2 o a la región 3
- Antenas de recepcción de 2 a 3 mts.

**Patrones de cobertura para la banda C en la región 3 (R3).**

## **SERVICIOS PRINCIPALES**

- **Redes corporativas de voz y datos**
- **Distribución de televisión**
- **Redes digitales publicas y privadas**

## **COBERTURA**

- **Territorio Mexicano**
- **Sur de Estados Unidos**
- **Guatemala**

## **CAPACIDAD DE CADA SATÉLITE:**

- **16 transponders de 54 mhz**
- **Potencia 4 veces mayor al morelos**
- **Antenas de recpción de tv entre 60 y 90 cms. Con señal digital; 1.0 a 1.5 m. con señal analogica.**

- **BANDA Ku.**

**\* Radiar la menor potencia al mar.**

**\* Reutilización de frecuencias.**



\* Ampliar la cobertura geográfica para incluir además del territorio de México, las ciudades norteamericanas de: Washington, Tampa, Sn. Fco., Nueva York, Miami, Houston, Los Angeles, Dallas y Chicago, mediante la subdivisión de regiones dentro de la misma banda.

\* Mejorar la distribución de potencia dentro del territorio de México con el propósito de mejorar la comunicación en las zonas más lluviosas del país.

Patrones de cobertura para la banda Ku en la región 5(R5).

#### SERVICIOS PRINCIPALES:

- Redes corporativas de voz y datos
- Distribución de televisión

#### COBERTURA:

- Algunas ciudades de los Estados Unidos de América

#### CAPACIDAD DE CADA SATÉLITE:

- Capacidad de la región r4 se pueden conmutar a la región r5
- BANDA L.

**\* Establecer servicios móviles por satélite en una banda exclusiva para este fin.**

**\* Cubrir el territorio nacional, el mar patrimonial y las zonas que lo rodean.**

**Patrones de cobertura para la banda L del sistema de satélites.**

#### **SERVICIOS PRINCIPALES**

- **Comunicación móvil de telefonía y datos para vehículos terrestres, aéreos**
- **Telefonía rural**

#### **CAPACIDAD DE CADA SATÉLITE**

- **1 transponder de 15 Mhz**
- **Antenas pequeñas especiales para vehículos terrestres aeronaves y embarcaciones**

#### **COBERTURA**

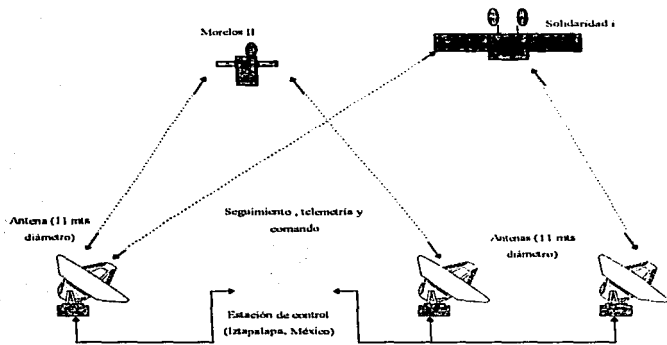
- **Territorio Mexicano y su mar patrimonial**
- **Zonas fronterizas**

#### **2.3.4. CENTRO DE CONTROL DE LOS SATÉLITES MEXICANOS.**

Debido al ingreso de México a la comunicación vía satélite se hace necesario la instalación de un centro de control en la Tierra para efectuar las maniobras necesarias para el control de sus satélites.

El centro de control en Tierra instalado en el conjunto de Telecomunicaciones CONTEL, ubicado en la Ciudad de México, se compone de una antena de seguimiento completo para el rastreo del satélite, dos antenas para comunicaciones de 11 metros de diámetro, el equipo de telemetría y comando, la consola del control de operaciones y monitoreo, y el equipo de cómputo necesario para procesar los datos que llegan y se transmiten al satélite. En la figura 2.5 se muestra la configuración del centro de control.

En este centro se realizan las funciones de seguimiento, telemetría y control que apoyaron la misión de lanzamiento durante la operación que se llevo a cabo para ubicar los satélites en la órbita de transferencia y posteriormente en la órbita geostacionaria en donde se verifica el correcto funcionamiento antes de iniciar su operación comercial.



*Figura 2.5. Configuración del centro de control de los satélites.*

Entre otras tareas que efectúa el centro de control, están la medición de altitud de los satélites, posición, análisis de los parámetros orbitales, envío de señales de comandos de control, y recepción de información relativa a las condiciones de funcionamiento de los satélites, así como el registro de toda la información en pantallas, papel, discos y cintas magnéticas para su uso inmediato y la conformación de un archivo.

## **CAPITULO III. MÉTODOS DE ACCESO A LOS SERVICIOS SATELITALES.**

### **Objetivo:**

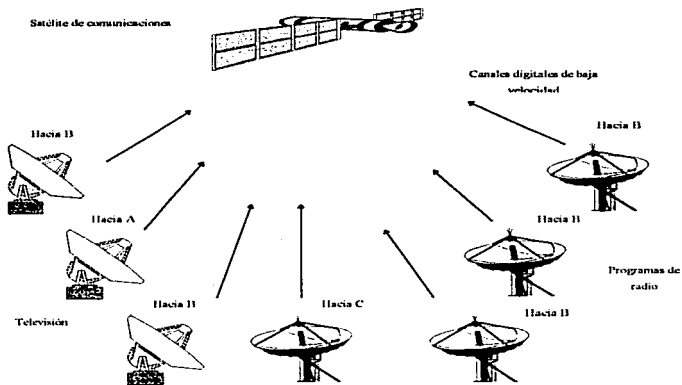
**ENUMERAR Y DESCRIBIR LOS DISTINTOS MÉTODOS DE ACCESO A LOS SERVICIOS QUE PRESTA LA TECNOLOGÍA SATELITAL.**

### **CAPÍTULO 3. MÉTODOS DE ACCESO A LOS SERVICIOS SATÉLITALES.**

**Cuando se pretende establecer un enlace de comunicaciones entre dos distantes mediante la utilización de un satélite se deben seguir varios pasos los cuales determinan la disponibilidad del satélite, la forma de tener acceso a él, y la técnica empleada para hacerlo.**

**En la mayoría de los casos varias son las estaciones terrenas que desean hacer uso del satélite al mismo tiempo para entablar alguna comunicación en otro punto de la Tierra. Para poder realizar el enlace múltiple al satélite primeramente es necesario hacer que todas las estaciones terrenas interesadas en enlazarse proyecten el haz de su señal sobre el satélite, de esta forma el satélite tiene la facilidad de tener conectadas todas las estaciones y poder seleccionar un camino en su equipo para establecer el enlace.**

**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 desea enviar, esta información proviene de diferentes lugares geográficos y llega simultáneamente al satélite como se muestra en la figura 3.1.**



*Figura 3.1. Ejemplo de una red de estaciones terrenas enlazadas con un satélite.*

Con base en lo anterior, se pueden detectar tres tipos de enlaces diferentes; punto-punto, punto-multipunto, multipunto-punto, el primero uno solo a dos puntos geográficos, por ejemplo, cuando se tiene una conversación telefónica, en donde se presenta un enlace bidireccional. El segundo corresponde a un sistema de difusión o distribución de información, en donde la señal es generada en un sólo punto, por ejemplo un estudio de televisión, en una cabina de radio o en un centro de cómputo que maneje un conjunto de terminales enlazadas a él y se desea

que la información sea recibida en otros puntos sin necesidad que estos respondan, teniendo un enlace unidireccional, en forma de estrella. El tercero es el caso inverso al anterior donde un lugar de esparcir la información en varios puntos se desea concentrada en un sólo punto específico.

Como se puede observar en los casos anteriores se tiene una combinación complicada de formas de comunicación, para que no ocurra ningún tipo de conflicto entre las señales que llegan simultáneamente al satélite se establece un orden mediante una técnica de ACCESO MÚLTIPLE, de la cual hay tres tipos: por división en frecuencia , por división en el tiempo, y por diferenciación de código. Estas técnicas determinan el modo en que un elevado número de estaciones terrenas interconectan simultáneamente sus enlaces de transmisión respectivos por conducto de un transponder de satélite común.

### **3.1. TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE.**

El acceso múltiple es la posibilidad proporcionada a varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras respectivas al mismo transponder del satélite. Los satélites del sistema de servicio fijo actúan como estaciones relevadoras y constituyen puntos que conectan las estaciones terrenas participantes. Por otra parte, cada satélite dispondrá de



## **ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA**

uno o más transponders capaces de efectuar el cambio de frecuencias, amplificación, y retransmisión de las señales recibidas. El número de transponders dependerá del sistema que se trate.

En general la capacidad de transmisión de información disponible por transponder es mayor que la que necesitan la mayoría de las estaciones terrenas consideradas aisladamente. Por consiguiente a fin de aprovechar al máximo la capacidad de estos, se permite el acceso de más de una estación terrena a un transponder. Es por eso que a la utilización de varias estaciones terrenas en un mismo transponder se le menciona como acceso múltiple.

Las técnicas de acceso múltiple son aquellas que permiten al satélite recibir y transmitir un gran número de portadoras de radio frecuencia para proporcionar interconexión entre muchas estaciones terrenas utilizando el mismo satélite, basándose en un acceso múltiple.

Para utilizar la capacidad de un satélite se debe considerar dos puntos: los sistemas de acceso múltiple, y el método del cual la capacidad del satélite se asigna a usuarios individuales, en términos tanto del tamaño de la capacidad del satélite, como del tiempo en el cual está disponible. Primero se examinarán los métodos de asignación para posteriormente introducir el tema

de multiplexación (íntimamente ligado al acceso múltiple) una vez comprendidos los temas se podrá abordar las características principales de cada una de las técnicas de acceso múltiple.

## **MÉTODOS DE ASIGNACIÓN**

Los métodos de asignación determinan la forma en que la capacidad del transponder es asignada a los usuarios en términos de la cantidad de tráfico, la duración del tiempo en que una estación terrena capta el transponder y, si la asignación es programada o varía dinámicamente de acuerdo a la demanda. Los principales métodos de asignación son:

- **FIJO PRE-ASIGNADO**
- **ACCESO MÚLTIPLE ASIGNADO POR DEMANDA, (DAMA)**
- **ALEATORIO (ALOHA)**

El método empleado depende de las características de los servicios ofrecidos por el satélite, aunque uno u otro de estos métodos pueden ser empleados en combinación con los sistemas de acceso múltiple no todas las combinaciones son posibles.

## MÉTODO DE ASIGNACIÓN FIJO PRE-ASIGNADO

Con este método, cantidades fijas de la capacidad de transponder son asignadas a un usuario, ya sea en un período de tiempo continuo, digamos 24 horas o en tiempos programados. Los sistemas pre-grabados en general se adaptan mejor para cargas de tráfico relativamente constantes. Los sistemas de asignación continua o fija están asociados particularmente con cargas de alto tráfico en rutas fijas.

## ACCESO MÚLTIPLE ASIGNADO POR DEMANDA (DAMA)

El acceso múltiple por asignación fija se encuentra enfocado a sistemas comerciales de alta capacidad. Sin embargo hay ocasiones que el tráfico generado en los puntos geográficos que comparte un transponder es intermitente y esporádico, en estos casos la capacidad del transponder no se estaría aprovechado con eficacia si se emplease la técnica anterior para sistemas con poca demanda de tráfico, por lo que es necesario usar otra versión de acceso múltiple pero enfocada a la demanda que presente la estación terrena.

El Acceso Múltiple Asignado por Demanda (DAMA) permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencia y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones

terrenas solamente durante un tiempo que las necesitan para establecer la comunicación; en el momento en que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquiera de las estaciones del sistema que la solicite temporalmente.

Cada minuto u horas después la estación terrena que liberó una ranura quiera transmitir más información, podría darse el caso de que la ranura de frecuencia que usó previamente dentro del amplificador esté ocupada en ese instante por la señal de otra estación; pero puede haber otras ranuras vacías en ese momento, y de ser éste el caso, la estación terrena en cuestión podría utilizar cualquiera de ellas. Es decir, la frecuencia de la portadora transmitida por cada estación terrena cambia en el tiempo, moviéndose de lugar en el espectro radio eléctrico del amplificador y por su puesto, la estación debe estar debidamente equipada para hacerlo.

Por otra parte, la ocupación de cualquier ranura vacía se puede hacer en forma arbitraria, si no por medio de una estación central que coordina la cantidad de frecuencias disponibles. Cada vez que una estación terrena desee iniciar una transmisión, debe solicitarle antes al banco de frecuencias que le asigne una de ellas para su portadora; este mismo banco de frecuencias se comunica con el punto destinado para informarle

que se le va a transmitir y en qué frecuencia debe sincronizarse para que reciba la señal.

Solamente hasta que la estación transmisora y receptora hayan recibido a la asignación de sus frecuencias de operación, se puede iniciar el enlace. Existen muchos sistemas en la actualidad con servicio por demanda, uno de ellos es el denominado SPADE usado por INTELSAT para darle servicio telefónico o estaciones que tiene poco tráfico entre sí, pero que necesita comunicarse ocasionalmente.

#### MÉTODO DE ASIGNACIÓN ALEATORIO

En este método de asignación, en lugar de que la capacidad del transponder sea compartida entre las estaciones terrestres de una manera estrictamente ordenada, las estaciones compiten una con otra por el acceso al mismo.

Las estaciones mandan usualmente una pequeña ráfaga de información a un tiempo, pero lo hacen de forma aleatoria e inevitablemente las ráfagas de información de diferentes estaciones chocaran y se dañaran unas a otras. Sin embargo cada estación tiene facultades para saber cuando ha sido colisionada su ráfaga y podrá volver a retransmitir su información.

Los principales esquemas de acceso aleatorio están basados en el concepto *ALOHA* del cual existen tres variantes: *ALOHA* puro, *ALOHA* ranurado, y *ALOHA* de reserva. Este sistema es ampliamente usado en las redes *FSATs* concepto que se examinará posteriormente.

## **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE**

Como se menciono anteriormente, para acceder y utilizar la capacidad de un satélite se deberá considerar dos aspectos, el método de asignación y las técnicas de acceso al satélite. Por lo que se refiere a las técnicas mencionadas se tienen 3 formas principales de lograr tener acceso al satélite, estas formas son:

- **ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA.** Método en el cual cada estación terrena tiene asignada una frecuencia portadora.
- **ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO.** En el cual todas las estaciones utilizan la misma frecuencia portadora y ancho de banda, pero con distribución en el tiempo.
- **ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO.** En la cual las estaciones comparten simultáneamente el mismo ancho de banda, teniendo la capacidad de recorrer solamente

las señales que son enviadas a ellas por distintos procedimientos tales como la identificación de los códigos.

A continuación se detallarán más los conceptos antes mencionados.

### **3.1.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA).**

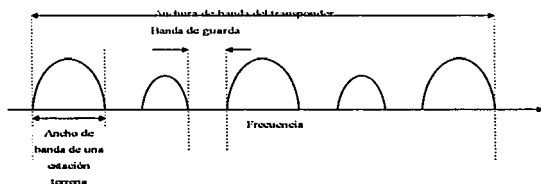
Los sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia (*FDMA*) cuyo acrónimo viene de las palabras inglesas "FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS" representan las técnicas de acceso múltiple de uso más común en los sistemas de comunicaciones por satélite.

En el acceso múltiple por división de frecuencia se le asigna a cada estación terrena una frecuencia específica (con el ancho de banda necesario) para la emisión de una portadora multidespacho con varios canales multiplexados. Cada estación receptora tiene que recibir esta portadora y extraer los canales o subportadoras que están destinados a ella.

En esta técnica el transponder del satélite se encuentra dividido en pequeñas secciones o ranuras de frecuencia y cada estación terrena puede transmitir por una parte una de estas secciones. A

cada ranura le es asignada una banda de frecuencia, con una pequeña banda de guarda para evitar que se interfieran o mezclen algunas señales que estén empleando ranuras adyacentes.

En la figura 3.2 se muestra el plan de frecuencias para un transponder de satélite empleando la técnica FDMA, nótese que el ancho de banda de las subportadoras no es el mismo en todos los casos.



*Figura 3.2. Plan de frecuencias para un transponder de satélite para transmisión FDMA.*

Para este caso, el transponder del satélite lleva todas las señales en su ancho de banda, luego las amplifica y las retransmite hacia la Tierra. Una desventaja de este sistema es que el paso simultáneo de muchas estaciones por el mismo transponder del satélite, origina ruido de interferencia debido a la intermodulación entre estas señales. A fin de evitar los



efectos de la intermodulación es importante mantener la potencia de salida de transmisión considerablemente por debajo del punto de saturación. Además la potencia de salida de los transmisores de las estaciones terrenas ha de controlarse con precisión.

Por otra parte un sistema de estaciones terrenas usando la técnica FDMA, se observa como un conjunto de estaciones terrenas transmiten portadoras las cuales son retransmitidas por el satélite a diferentes estaciones receptoras. En el esquema se le asigna a cada portadora una banda de frecuencias dentro del espacio disponible del satélite.

Las estaciones transmisoras. A,B... n se encuentran en puntos diferentes de la Tierra teniendo las estaciones receptoras que poder captar solamente una de las transmisoras en este caso la estación A pudiera estar transmitiendo información a la estación receptora 1 (Rx 1), solo que todas las demás estaciones también pueden captar la información que se destina a Rx 1. Para que solo esta estación capte la señal proveniente de A debe sincronizar y filtrar la porción adecuada del espectro que le corresponda.

FDMA representa la forma más simple de acceso al satélite, de aquí que la tecnología y el equipo requerido para el sistema son

los más comunes y disponibles en el actual mercado de telecomunicaciones.

Cada portadora ascendente puede originarse en una estación separada o varias portadoras pueden ser transmitidas por una estación en particular. La selección de la banda de frecuencias a utilizarse por los diversos usuarios puede ser fija o variable dependiendo de la demanda. Una forma de FDMA en operación es llamada técnica *SCPC* o canal único por portadora.

En los sistemas *SCPC* se subdivide el ancho de banda del transponder de tal forma que cada subdivisión tiene su propia frecuencia y su ancho de banda es ocupado por un solo canal de banda base, de aquí el termino canal único por portadores. En forma general *SCPC* se utiliza para comunicar puntos con tráfico ocasional, como zonas rurales o de poco tráfico entre sí. Un ejemplo de este sistema es el denominado *SPACE*.

Los sistemas *SCPC* son rentables para las redes que constan de un gran número de estaciones terrenas, cada una de las cuales disponen de un reducido número de canales.

#### **SEPARACIÓN DE LAS PORTADORAS EN UN SISTEMA FDMA**

Las portadoras en un sistema *FDMA* deben estar suficientemente separadas unas con otras para prevenir que los

componentes espectrales de una interfieran de la banda de otra (crosstalk) y al mismo tiempo para prevenir el correcto filtrado en las estaciones terrenas receptoras.

Sin embargo, una separación excesiva causará el desperdicio innecesario del espectro de frecuencia por lo que se debe determinar la correcta separación entre las portadoras.

La cantidad de portadoras empleando FDMA pueden utilizar simultáneamente un mismo transponder, y se pueden calcular dividiendo el ancho de banda total disponible entre el ancho de banda de la portadora considerando además el espaciamiento de frecuencia.

#### EJEMPLO TÍPICO APLICANDO FDMA

Como conclusión a todo lo mencionado anteriormente se expondrá el siguiente ejemplo, que si bien, no detallada todo el procedimiento a seguir para el uso de FDMA, es muy ilustrativo para tener un concepto claro de la técnica de acceso FDMA.

Consideremos que en el país se tienen 3 ciudades, una demasiado grande (como la Cd. de México), otra de tamaño medio, y una población rural con unos cuantos miles de habitantes y supongamos que las tres desean hacer uso de un sistema satelital para establecer comunicación.

Es razonable suponer que en la primera hay una mayor demanda de conversaciones telefónicas por su mayor densidad de población, en la segunda existe una demanda menor y en la tercera menos todavía. Por lo tanto las señales que se generan a cada instante en cada una de estas tres estaciones requerirán de diferentes anchos de bandas para que puedan transmitirse.

Podría ser, que en la gran ciudad haya tanto tráfico telefónico de larga distancia que el bloque resultante al combinar todos los canales telefónicos y modularlos tengan en efecto un ancho de banda de 36 Mhz, en cuyo caso ocuparían todo un transponder en el satélite.

Pero en realidad, este es un caso muy especial, y es mucho más común tener agrupaciones de canales telefónicos que ocupan menos de 36 Mhz de ancho de banda.

Si designamos a la gran ciudad por la letra A, la de tamaño medio B, y la población rural por C, es evidente que si las tres poblaciones quisieran transmitir al mismo tiempo, deben hacerlo con frecuencias portadoras diferentes para que no haya interferencia entre ellas.

En lo que respecta al ancho, si la suma que requieren las tres estaciones individualmente da un total que se acerque a los 36 Mhz entonces las tres ciudades ocuparán simultáneamente el

mismo transponder del satélite, separadas por bandas de guarda, como se ilustra en la fig.3.2.

De lo anterior se deduce que la forma de uso simultáneo del transponder por varias estaciones terrenas, estén o no situadas en la misma ciudad se les da el nombre de Acceso Múltiple por División en Frecuencia ya que el espectro radio del transponder se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas.

La configuración de este sistema es rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia central o portadora, y es aceptable cuando se puede garantizar que, durante la parte del tiempo cada estación ocupará el ancho de banda que se le asignó, siendo el sistema de este ejemplo del tipo acceso por división en frecuencia con asignación fija.

### **3.1.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA).**

Este tipo de acceso es parecido al de división de frecuencias, sin embargo, aquí el tiempo que necesita cada estación terrena puede ser controlada dependiendo de sus necesidades para comunicarse. Con TDMA a cada estación terrena se le permite transmitir un paquete de datos a alta velocidad por un breve

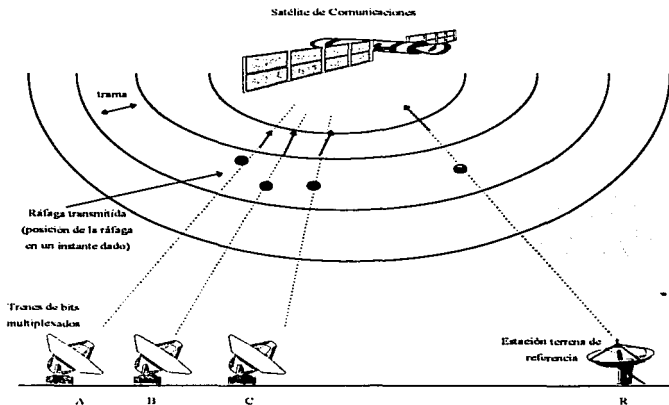
periodo de tiempo. El tiempo se controla para que la información que cada estación deseé enviar no se traslape.

En la figura 3.3 se puede observar la configuración típica de una red con TDMA, en la cual cada ráfaga de alta velocidad binaria, llega al satélite en el intervalo de tiempo que tiene asignado. No existe intermodulación ya que en cada momento entra al transponder del satélite una sola señal.

La técnica TDMA es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas emplean u ocupan un transponder o parte de él. A diferencia del acceso múltiple por división en frecuencia, en donde cada estación transmisora tiene asignada una ranura de frecuencias dentro del transponder normalmente con un ancho de banda diferente, en esta nueva técnica todo un grupo de estaciones tienen asignada la misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo T para transmitir lo que guste dentro de la ranura, y cuando su tiempo se agota se debe dejar de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

El tiempo T asignado a cada una de las estaciones no es necesariamente igual en todos los casos, puesto que algunas estaciones conducen más tráfico que otras, y por lo tanto la

ranura de tiempo que se le asigne debe ser más larga que las de las estaciones pequeñas. Lo anterior se ilustra en la figura 3.3.



*Figura 3.3. Configuración de una red TDMA.*

Los tiempos asignados pueden ser fijos por estación, en cuyo caso se tendrá acceso múltiple por división en el tiempo con asignación fija, o bien puede variar con el tiempo cuando algunas estaciones tengan exceso de tráfico.(horas pico).

En estas condiciones, es preciso reorganizar la distribución de los tiempos con una nueva estructura de las tramas de transmisión, dándole ranuras de tiempo más largas a las

estaciones con exceso de tráfico y ranuras más cortas a las de poco tráfico; la nueva estructura de la trama se repite secuencialmente hasta que haya necesidad de hacer otro cambio.

En cualquiera de los casos anteriores, la duración usual de marco o ciclo es de unos cuantos mili segundos y se requiere contar con un mecanismo confiable de sincronización, para que no existan traslapes entre las transmisiones de las diversas estaciones. Un sistema TDMA es más complejo que un sistema FDMA y necesita de una buena coordinación entre todas las estaciones terrenas de la red que lo usen así como de una estación de referencia.

La sincronización de ráfagas permite que cada ráfaga mantenga una diferencia de tiempo preestablecida con respecto a la posición de la ráfaga de referencia en el transponder del satélite.

Las estaciones de referencia son para la sincronización y adquisición de las ráfagas de tráfico. Estas estaciones están dotadas de los elementos suficientes para proporcionar un alto grado de fiabilidad. Además, como las estaciones transmiten en forma de ráfaga a intervalos con duración de una pequeña fracción de mili segundos, las estaciones deben contar con módulos de almacenamiento de información digital, que



funcionan como memorias teniendo la función de liberar la información por paquetes en cada ráfaga.

La modalidad de TDMA que más se usan en la práctica es la de ocupación del transponder completo por la portadora modulante; como solo hay una portadora presente en cada instante dentro del amplificador de potencia del transponder, no hay ruido de intermodulación y se puede aprovechar al máximo la potencia de salida, beneficiándose de esta forma todas las estaciones terrenas que lo utilizan.

#### **DIFERENCIAS Y VENTAJAS ENTRE TDMA Y FDMA**

Las diferencias principales entre estas dos técnicas de acceso al satélite estriba en la forma que cada una utiliza los anchos de banda del transponder, explicándose esto de la siguiente manera.

Para un sistema TDMA tenemos que utilizar la totalidad del ancho de banda de un transponder pero solo intervalos de tiempos específicos para cada usuario o señal. En cambio, en un sistema FDMA también se utiliza la totalidad de ancho de banda de un transponder pero la diferencia es que este ancho de banda es dividido para que cada usuario o cada señal disponga de un espacio y con un servicio permanente como es el caso de un sistema SCPC.

Por otro lado existen algunas ventajas de TDMA sobre FDMA, las cuales son:

1. El TDMA es altamente flexible. La capacidad de los canales puede diferir grandemente.
2. El máximo de canales punto a punto con el sistema TDMA es más grande que con FDMA.
3. El sistema TDMA no presenta problemas de interferencia causadas por intermodulación de las portadoras, consecuentemente la potencia del transponder puede ser utilizado al máximo.

### **3.1.3. TÉCNICA DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA Y DIVISIÓN EN EL TIEMPO (FDMA-TDMA).**

El acceso múltiple por división de frecuencia y división en el tiempo es una técnica por la cual grupos de estaciones terrenas que funcionan en un modo TDMA de banda estrecha comparten el transponder empleando un método FDMA. Mientras las transmisiones TDMA puras usan normalmente velocidades de 60 a 120 Mbits/seg y ocupan toda la anchura de banda del transponder, las transmisiones *TDMA-FDMA* emplean velocidades binarias inferiores a 10 Mbits/seg. y ocupan fracciones de esa anchura de banda.

La ventaja de esta técnica radica en su flexibilidad para atender a los cambios en las pautas del tráfico, especialmente en lo que se refiere a los datos. Otra ventaja es la posibilidad de proporcionar asignación por demanda de los canales dentro de cada trama TDMA.

Un ejemplo en el uso de esta técnica es la siguiente.

#### ACCESO MÚLTIPLE AATDMA/TDM.

En fecha muy reciente, como consecuencia directa de las técnicas de acceso mencionadas anteriormente, y con el fin de atacar el creciente mercado de las redes de datos (que en su forma más común presenta una topología de estrella) interactivas ha sido desarrollada una técnica de acceso híbrida (*AATDMA*:ASSIGNEMENT ACCESS TDMA), que permite integrar las ventajas tanto de FDMA como de TDMA con el fin de resolver las necesidades de comunicaciones de redes tipo estrella.

Este tipo de acceso es ideal para las redes en las cuales existe un control centralizado y la comunicación con las estaciones remotas es del tipo de consulta interactiva.

Pueden mencionarse cierto tipo de empresas que cumplen con las características anteriores y que en la actualidad utilizan esta tecnología:

- \* BANCOS.
- \* FABRICAS CON UNA SOLA MATRIZ.
- \* UNIVERSIDADES.
- \* CADENAS DE SUPERMERCADOS.
- \* EL EJERCITO Y LA ARMADA
- \* EMPRESAS AUTOMOTRICES.
- \* CASAS DE BOLSA.

El sistema funciona de la siguiente forma:

Existe una estación central que procesa toda la información proveniente de las estaciones remotas, normalmente están conectadas a ellas una o varias computadoras (*HOST*). Esta estación central se comunica con las remotas *VSATs* multiplexando toda la información dirigida a ellas en una sola portadora digital TDMA; esta viaja al satélite y este la transmite a todas las estaciones remotas.

Todas las estaciones remotas están sincronizadas a la misma portadora TDMA proveniente de la estación maestra, y obtienen la información dirigida a ellas demultiplexando y procesando únicamente la parte que contiene su dirección (*ADDRESS*).

De esta manera la estación maestra se comunica con todas las estaciones remotas usando una sola portadora, las estaciones remotas se comunican hacia la maestra de la siguiente forma:

- Grupos de estaciones VSATs transmiten hacia una sola portadora cada una usando la técnica de acceso TDMA, estas portadoras son pequeñas, no ocupan todo el transponder (típicamente son a velocidad de 64 Kbps.)
- La estación maestra esta sincronizada para captar todas las portadoras TDMA provenientes de la VSAT, recibe toda la información procedente de la red y en ruta esta hacia la computadora HOST adecuada.

### 3.1.4. ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO (CDMA).

Ya se examinó que en el Acceso Múltiple por División de Frecuencia el transponder del satélite amplifica las señales de cada una de las estaciones simultáneamente pero a frecuencias diferentes. Por otra parte, el Acceso Múltiple por División de Tiempo las estaciones utilizan la misma frecuencia pero en tiempos diferentes.

Existe otra forma menos usada de tener acceso al satélite, en la cual el transponder completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica se denomina *ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO (CDMA)*.

La idea es asignar un código característico a cada una de las señales transmitidas al satélite. La estación a la que va dirigido el mensaje reconoce por su código la señal que le está destinada, entre todas las señales que recibe, y extrae la información correspondiente.

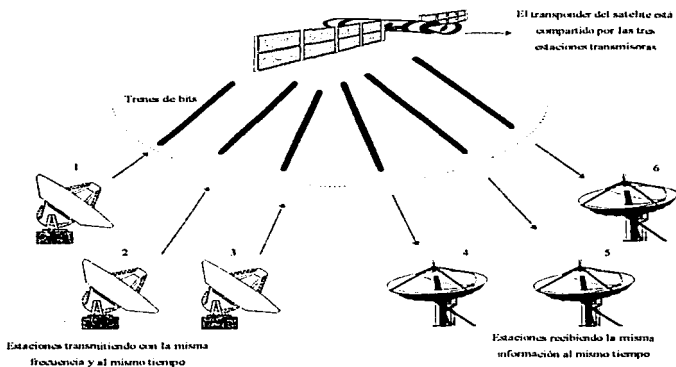
Parecería que esta técnica resulta imposible, ya que se ocupa el transponder con la misma frecuencia y al mismo tiempo, pero no es así. El método se hace posible gracias a la asignación del código característico de cada señal enviada al satélite.

La técnica CDMA es particularmente útil en las transmisiones donde se necesite un alto grado de seguridad, o en donde las señales sean altamente sensitivas a las interferencias. Esta técnica al igual que TDMA es totalmente digital, presentando la ventaja de que las antenas transmisoras y receptoras pueden ser de diámetro reducido, no importando que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación amplios.

La principal desventaja es que ocupa demasiado ancho de banda (por lo regular un transponder completo), ya que cada uno de los bits de información se transforma en un tren de bits mayor de acuerdo con el código determinado previamente.

En la figura 3.4. se observa una red de estaciones usando CDMA, obsérvese que las estaciones 1.2 y 3 transmiten la información

al mismo tiempo y a la misma frecuencia, mientras que las estaciones 4.5 y 6 reciben todas al mismo tiempo la información.



*Figura 3.4. Concepto de transmisión CDMA.*

Se observa también en la figura anterior que cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información, de las estaciones terrenas receptoras, sólo la destinataria de cierta información determinada conoce el código con el que se transmitió y es capaz de construir el mensaje original aunque llegue superpuesto con todos los demás mensajes que se transmitieron

simultáneamente, pues estos últimos sólo se detectan como ruido tolerable.

Los sistemas con CDMA se concibieron inicialmente con fines militares dada su capacidad "ocultar" información, el principal inconveniente del sistema es su reducida eficiencia en la utilización del espectro en comparación con FDMA y TDMA, aunque también pueden presentar ciertas características interesantes para fines comerciales las cuales son:

- A diferencia de lo que sucede en los sistemas con TDMA y FDMA, no se necesita la coordinación entre los transmisores.
- El sistema puede incorporar fácilmente nuevos usuarios; en realidad, no se necesita ningún control para la asignación de canales, y al aumentar la carga del transponder sólo se produce una pequeña degradación en la calidad de la transmisión (relación señal/ruido).
- El CDMA proporciona automáticamente cierta protección del secreto de las comunicaciones, gracias a la codificación.
- Las señales de CDMA no están expuestas a la intermodulación.



Como una conclusión al concepto de técnicas de acceso satélital se pueden hacer los siguientes comentarios:

La técnica FDMA al igual que TDMA, no es más que una forma mediante la cual las estaciones terrenas comparten un transponder o parte de él. Independientemente del tipo de acceso que utilice, es necesario a partir de su estado original de banda base, principalmente las etapas de multiplexaje y modulación, de las cuales hay una gran diversidad.

Por ejemplo, un enlace FDM/FM/FDMA significa que en la estación terrena transmisora primero se multiplexen o combinen en frecuencia varios canales originados en banda base (FDM), después el resultado modula en frecuencia a una portadora (FM), finalmente ésta accesa al transponder del satélite con Acceso Múltiple con División en Frecuencia (FDMA).

Cabe hacer mención que aquí acaba el proceso de transmisión, ya que en el punto receptor o destino se tiene que efectuar el proceso inverso para recuperar los canales en su forma original o banda base, es decir demodular en frecuencia y posteriormente demultiplexar en frecuencia.

En lo que respecta a CDMA se puede decir que además de su empleo en sistemas de comunicaciones militares (confidenciales), la técnica puede hallar aplicaciones comerciales

como la constitución de redes especializadas para la distribución de datos de baja velocidad a estaciones pequeñas y las comunicaciones con terminales móviles.

Por último, cabe mencionar que además de todas las técnicas de acceso estudiadas anteriormente en donde todas y cada una de ellas seguían un orden para tener acceso al transponder, existe otra técnica en la cual se usa el acceso aleatorio, y puede ser usada en redes de área local, es decir, todas las estaciones transmitirán aleatoriamente al transponder del satélite y si la trama de alguna de ellas llega a "encontrarse" con la de otra estación que se encontraba transmitiendo al mismo tiempo estas colisionaran teniendo que retransmitir el mensaje. Este será el punto de estudio del siguiente tema.

### 3.2. MULTIPLEXAJE.

Antes de iniciar el estudio de las técnicas de acceso al satélite es necesario conocer el concepto de multiplexaje, ya que estos temas están íntimamente ligados. La definición es la siguiente:

Se conoce como *multiplexaje* a la técnica que permite a más de una señal hacer uso de un mismo medio de comunicación, trátase de un cable coaxial, fibra óptica, o incluso medios inalámbricos como radio frecuencia y satélites. El objetivo de

compartir varios canales o señales portadoras en un mismo medio de comunicación es el de hacerlo más eficiente y aprovecharlo al máximo para formar una señal única.

El dispositivo que hace posible la multiplexación se determina *MULTIPLEXOR* o multicanalizador de comunicaciones. Este dispositivo permite la concentración de líneas en un solo medio para economizar componentes de comunicaciones y concentrar líneas que operan a diferente velocidad.

Las señales que se combinan en un multiplexor provienen regularmente de fuentes independientes tales como diferentes abonados en una red telefónica. Antes de realizar la multiplexación cada una de las señales recorren trayectos eléctricos separados con un par de hilos o un cable, mientras que la señal multiplexada puede transmitirse por un medio de comunicación único de capacidad suficiente.

La operación inversa del multiplexaje permite recuperar las señales originales, que por lo regular tienen diferentes destinos en el extremo receptor del enlace de transmisión, esta operación inversa para obtener una sola señal de entre un conjunto de varias se les denomina *DEMULTIPLEXAJE*.

El acceso múltiple puede considerarse de tipo muy especial de multiplexaje en donde dos o más señales provenientes de

lugares diferentes se envían por radio frecuencia (medio de comunicación inalámbrico) a un mismo transponder de satélite. No obstante el término multiplexaje por lo regular se reserva a los casos en que las señales que han de combinarse se reciben por circuitos electrónicos.

Por otra parte, no es de sorprender que las técnicas más comunes empleadas para el acceso múltiple se basen en principios comunes: la división en frecuencia y la división en el tiempo, de tal manera que la multiplexación se clasifica en:

- MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDM)
- MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDM)

### **3.2.1. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA.**

En este tipo de multiplexación varias señales comparten el ancho de la banda de un medio o canal de comunicación. Cada señal se modula con la frecuencia portadora diferente. Es importante observar que las diferentes portadoras se separan adecuadamente para evitar posibles interferencias entre las diferentes señales moduladas.

Todas las señales que viajan por el medio de comunicación reciben el nombre de subcanales o subportadoras, y es posible

que cada uno de ellos pueda usar un tipo diferente de modulación.

Los espectros de las señales moduladas se separan mediante una pequeña banda de guarda que no es más que un espacio en el espectro radio eléctrico sin usarse para evitar interferencias, y facilitar la separación de las señales en el receptor o demultiplexor.

Como conclusión se puede decir que un sistema FDM dispone de una serie de canales adyacentes, lo que permite incorporar en un sistema de transmisión único de banda un gran número de canales de banda estrecha.

### **3.2.2. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO.**

Como su nombre lo indica este tipo de multiplexaje consiste en la comparación, en el tiempo, de medios de comunicación comunes por varias portadoras.

En este método todas las señales comparten el mismo medio de comunicación sobre la base de selección en el tiempo, dividiendo a este en intervalos.

### 3.3. PROTOCOLO ALOHA.

A principios de los años 70' se creo, en la Universidad de Hawai una técnica para conseguir que varios usuarios no coordinados compitiesen de manera eficaz por el uso de un canal. Este método se bautizó con el nombre de ALOHA.

La técnica ALOHA original no estaba destinada al uso de canales de satélites, ya que la idea era enviar paquetes de información a través de enlaces de radio terrestres, pero su concepto es igual aplicable para el uso de satélites en el que varios usuarios tengan que compartir por el uso del enlace, es decir, el sistema ALOHA es un sistema implementado para interconectar computadoras vía satélite y enlaces de radio terrestres.

El sistema ALOHA es en esencia una forma de Acceso Múltiple por División en el Tiempo con asignación por demanda, pero sin control de quien debe empezar a transmitir un paquete de información en el medio de comunicación.

Se puede decir, que este tipo de acceso a un canal en donde cualquier estación puede intentar transmitir en cualquier momento ya ha sido moldeado y utilizado en el control de acceso al medio para el caso de redes de área local (LAN), en las que las estaciones pueden hacer uso de un canal en el momento que tengan información para transmitir y el canal no este

ocupado. El medio de transmisión en éste caso será por ejemplo un cable coaxial, o fibra óptica, y las redes que usan éste método son las llamadas redes tipo Ethernet, o basadas en el estándar IEEE 802.3.

## CONTROL DE ENLACE DEL PROTOCOLO ALOHA

Existen diversas variables del esquema ALOHA. Una de ellas coincide con el protocolo de detección de colisiones con escucha, y es determinada *ALOHA ALEATORIO*, la otra variante del esquema ALOHA se denomina *ALOHA RANURADO* en donde el acceso limita a las estaciones transmisoras a iniciar la transmisión solamente al inicio de determinados tiempos, la sincronización de los tiempos de transmisión llega a las estaciones remotas por medio de la portadora TDM enviada de la estación central. Existen variantes del aloha ranurado las cuales se examinarán posteriormente.

Para el caso del esquema ALOHA ALEATORIO es común referirse a él simplemente como ALOHA o ALOHA SIMPLE. El control de enlace de los dos esquemas se detalla a continuación.

- CONTROL DE ENLACE DEL SISTEMA ALOHA ALEATORIO

La premisa en que se basa ALOHA es que todos los usuarios tienen idéntica jerarquía para transmitir, es decir, todos pueden

aceptar por igual al canal. El método permite a cualquier estación iniciar la transmisión en el momento en que tenga información disponible para ello; si la estación receptora recibe el mensaje adecuadamente mandará un acuse de recibo al transmisor (ACK).

En el caso en que dos o más estaciones deseen transmitir al mismo tiempo se produce una colisión. Una colisión se traduce como mensajes ilegibles, ya que las señales de las estaciones que usan el canal se interfieren distorsionándose mutuamente durante su cambio al transponder del satélite. En el caso de que se efectúe una colisión. La estación receptora envía un recibo de no acuse de llegada, indicando con esto a las demás estaciones que no recibió ninguna información.

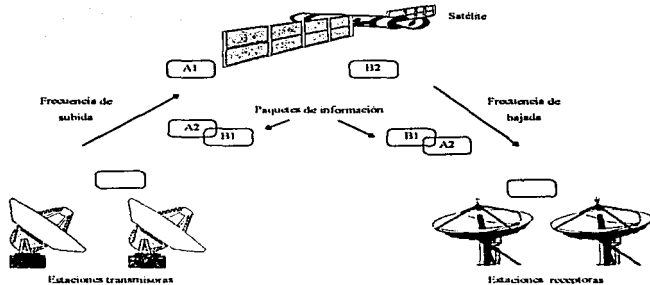
Por otra parte, cuando la terminal transmisora sabe que su mensaje ha sido colisionado es necesario que transmita los paquetes tanto dañados (en el esquema ALOHA se usa el término "paquete" en lugar de "trama"). Como un usuario sabe exactamente que es lo que transmite bastará con que "escuche" el canal de bajada para saber si su mensaje colisionó o llegó en buenas condiciones.

La forma de saber si existe o no una colisión es escuchar el canal de bajada durante un período de tiempo al retardo tanto de subida como de bajada después de haber empezado la



transmisión. Si el paquete transmitido ha quedado destruido el nodo emisor espera un periodo del tiempo aleatorio ( de aquí el nombre de ALOHA aleatorio) y volverá a enviarlo. El hecho de que el tiempo de espera sea aleatorio ayuda a evitar una nueva colisión entre las mismas estaciones, ya que los tiempos de espera variaran de una estación a otra, con lo cual cada una intentará transmitir en cortos periodos de tiempos diferentes.

En la figura 3.5 se puede observar un sistema ALOHA típico vía satélite. Las estaciones A y B transmiten paquetes de información por un canal compartido cuando lo desean. En el canal de bajada se observa que el paquete 1 de la estación A ha subido y bajado sin problemas; lo mismo ha sucedido con el paquete 2 de la estación B. Sin embargo, el segundo paquete de A y el primero de B se han enviado casi al mismo tiempo. Como las transmisiones de las dos estaciones circulan por un mismo canal y fueron enviadas casi al mismo tiempo, las señales han sufrido una colisión. La figura 3.5. presenta la anterior.



*Figura 3.5. Sistema ALOHA simple en enlaces vía satélite.*

Es importante señalar que el satélite no es responsable de la detección y corrección de errores, ya que lo único que él hace es transmitir hacia la Tierra la información que llega del canal de subida. Por su parte, en el canal de bajada las estaciones A y B comprueban que sus paquetes han colisionado y después de esperar unos cuantos milisegundos intentan retransmitir.

El esquema ALOHA ALEATORIO puede mejorarse para disminuir hasta cierto punto el número de colisiones que presentan las estaciones no coordinadas, el método en cuestión se denomina ALOHA ranurado.

## CONTROL DE ENLACE PARA EL SISTEMA ALOHA RANURADO

En este esquema se exige el establecimiento de sincronismos comunes tanto para las estaciones terrestres como para el satélite. ALOHA ranurado obliga a las estaciones a transmitir solamente durante determinados instantes de tiempo.

Para lograr la transmisión en determinados tiempos, cada estación cuenta con un reloj que marca un tiempo de transmisión, estos relojes están sincronizados para enviar tráfico en períodos concretos. Los relojes se pueden sincronizar de tal forma que los mensajes salgan únicamente cada 20 milisegundos. Para este caso, el incremento de 20 milisegundos es porque el canal trabaja a una velocidad de 50,000 bits por segundo y los paquetes son de aproximadamente 1,000 bits de aquí que  $1,000/50,000 = 0.020$  seg.

En este esquema todas las estaciones han de transmitir al comenzar una ranura de tiempo, por lo que para lograr una transmisión sin problemas no se podrá enviar más de un paquete por una ranura de tiempo.

Una ventaja de ALOHA ranurado es que si una estación logra mandar un paquete después de cierto tiempo de sincronización por una ranura de tiempo, y este paquete no se encontró con otro, se garantiza la buena transmisión del mismo. Por otra

parte, la desventaja es que si dos estaciones transmiten en el mismo período del reloj usaran la misma ranura de tiempo trayendo con esto la transposición completa de sus paquetes. Como en el esquema ALOHA simple, ambas deberán esperar un período de tiempo de longitud aleatoria antes de intentar tomar de nuevo una ranura para transmitir.

Como se observa, aquí también existen colisiones, una técnica de refinamiento del sistema ALOHA ranurado se explica a continuación.

#### **CONTROL DE ENLACE PARA EL ESQUEMA ALOHA RANURADO CON CAPTURA.**

En el esquema ALOHA ranurado con captura; las ranuras de tiempo del canal se combinan dentro de una única trama ALOHA. En esta trama un paquete de 1,000 bits que dure 20 milisegundos exigirá un mínimo de 12 ranuras para la conformación de la trama ALOHA, lo anterior se deduce de:  $12 \text{ ranuras} \times 20 \text{ milisegundos} = 240 \text{ milisegundos}$ , que es el período de tiempo que representa el retardo de subida y bajada.

En este esquema una estación ha de seleccionar cualquier ranura vacía de la trama, una vez que la estación logro capturar una ranura, queda a disposición del usuario para enviar

paquetes de información sucesivos hasta que éste renuncie a ellas.

Para que las demás estaciones sepan que la ranura ha quedado vacía, el usuario que la tenía un su poder renuncia a ella enviando un determinado código de control del protocolo, como EOT (END OF TRANSMITION) fin de transmisión. Después de recibir un EOT la siguiente trama ALOHA es una trama vacía en esa ranura en concreto.

Las únicas colisiones que se pueden dar en ALOHA ranurado con captura aparecen cuando dos estaciones capturan una misma ranura de la trama de 240 ms.

#### **CONTROL DE ENLACE DEL ESQUEMA ALOHA RANURADO CON RESERVA.**

Otra variante del ALOHA ranurado es el ALOHA RANURADO CON RESERVA, en donde cada una de las ranuras de la trama es propiedad de un determinado usuario al cual se le asigna el uso exclusivo de la ranura siempre y cuando tenga información que enviar.

De la misma forma que en el caso anterior si el usuario renuncia al uso de la ranura lo indicará mediante un código preestablecido, de esa manera la ranura quedará vacía y a

disposición de quien quiera capturarla. Una vez que otro usuario toma esa ranura, ahora es él quien adquiere uso exclusivo de la misma, siempre y cuando el legítimo propietario no quiera hacer uso de la ranura, ya que este podrá empezar a transmitir en su ranura cuando lo desee.

También existen colisiones, pero esas sólo se pueden dar cuando el legítimo propietario de la ranura quiera transmitir por primera vez, y su ranura este siendo ocupada por otra estación, pero en la siguiente trama el único que transmitirá será el propietario legítimo.

En lo que respecta a la estación expulsada deberá buscar entonces otra ranura libre o acudir a las que sean de su propiedad si es que existe alguna.

## **CAPITULO IV. CONSIDERACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍA SATELITAL.**

**Objetivo:**

**ENUMERAR LAS CONSIDERACIONES PRINCIPALES QUE SE  
DEBEN DE TENER EN CUENTA PARA LA INSTALACIÓN Y  
UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA SATELITAL.**

## **CAPÍTULO 4. CONSIDERACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA SATÉLITAL.**

### **4.1. SISTEMAS VSAT.**

El avance en la tecnología de transmisión por satélite ha llevado al desarrollo de estaciones terrenas de bajo costo y compactas llamadas terminales de muy pequeña apertura *VSAT* . Las terminales de muy pequeña apertura o *VSAT* son un símbolo perfecto de las comunicaciones a larga distancia en esta considerada la "era de la información".

Los cambios tan dramáticos en la tecnología de comunicaciones como lo es la velocidad, primeramente introducidos por la industria de la computación, pueden ahora ser soportados por un pequeño y rápido equipo *VSAT*.

La tecnología *VSAT* se caracteriza por la transmisión de datos y voz a través de grandes distancias, por lo que es óptima para organizaciones que tengan varias redes separadas grandes distancias 500 Km. unas de otras y requieran conexión entre todas ellas además de contar con su propio servicio de transporte. También es ampliamente usada por organizaciones dedicadas a la explotación o construcción de obras civiles en lugares de difícil acceso. Estas características hacen que esta



tecnología presente múltiples ventajas con las redes terrestres convencionales; costos bajos de operación. facilidad de instalación y mantenimiento, soporte para multiservicios, facilidad para enlazar localidades donde el costo de líneas rentadas es exorbitante y facilidad para el crecimiento de la red.

Probablemente no es posible dar una definición totalmente satisfactoria de lo que es un sistema VSAT, esto se debe a dos principales razones. Desde el punto de vista técnico se trata de un concepto en constante evolución, para el que continuamente aparecen nuevas soluciones. Desde el punto de vista comercial muchas veces aparecen en el mercado distintas variedades de sistemas VSAT que si bien presentan características similares tienen algunas variantes. Estas pequeñas diferencias se examinarán más a fondo en temas posteriores.

Aunque, por sistemas VSAT se entiende generalmente al conjunto formado por un grupo de estaciones con reflectores parabólicos disponibles en diámetros pequeños no superior a los 2.4 metros (aunque existen antenas de 3.5 metros llamadas TSAT) los cuales se encargan de recibir la información proveniente del satélite. También están formadas por una estación central normalmente denominada HUB con una antena de mayor tamaño, típicamente entre 6 y 9 metros de diámetro que ejerce funciones de control de sistema. Se asume además

que estos sistemas han de ser rápida instalación, reconfiguración, y fácil mantenimiento.

La antena de la estación terrena normalmente transmite información a velocidades comprendida entre 9.6 Kbps y 1.544 Mbps, la cual transmite y recibe información a través de un satélite geostacionario a la estación central o HUB.

La estación central o HUB es normalmente en las oficinas centrales de la organización o la compañía. Si una estación ubicada en un sitio remoto quisiera comunicarse con otra ubicada en un lugar diferente el mensaje debe pasar antes por la estación central, a esta configuración de red se le llama red en estrella.

La principal desventaja de las comunicaciones entre dos estaciones VSATs es que presentan tiempos de retardo considerables, ya que la señal debe hacer un doble "salto" entre el satélite y la estación central.

La combinación de una antena con diámetros grandes como lo es la de la estación maestra y muchas antenas de apertura muy pequeñas, proporcionan enlaces de transmisión eficientes, llevando a redes de alto rendimiento económico, y una alta aceptación por parte de las compañías.

Debido a todo lo anterior, se examinan en el presente capítulo los elementos principales que constituyen una estación terrena VSAT, así como la estación maestra, y en general todo lo relacionado a la adquisición, instalación, operación, y mantenimiento de un sistema de este tipo.

## RAZONES PARA EL USO DE REDES VSAT

La popularidad de estos sistemas va creciendo cada día más, y en esencia en las principales razones de lograr la comunicación con otra VSAT sin que existan colisiones entre los mensajes transmitidos y un relativo corto tiempo de respuesta (aproximadamente 3 seg.) razón por la cual ésta tecnología se hace atractiva para las empresas.

Otra razón importante es que estos sistemas son buenos para la transmisión punto-punto digitales, la principal razón para su uso es la facilidad para su instalación y el costo relativamente bajo que presentan comparados con las redes terrestres.

Estos sistemas son muy usados por empresas que tienen sucursales esparcidas en grandes áreas geográficas por ejemplo en todo un Estado o un país entero, resultando un sistema de comunicación terrestre, prácticamente incosteable si se desea tener un sistema de comunicación y con la capacidad de enlazar sucursales remotas separadas a una gran distancia.

A continuación se describen las principales razones que hicieron que esta tecnología se consolidara:

- 1.- Avances en los protocolos de control de enlace como lo es DAMA.
- 2.- Mayor experiencia en la administración de redes y sistemas de control.
- 3.- Creación de mejores microprocesadores.
- 4.- Mayor capacidad para la comunicación en la banda Ku.
- 5.- Reducción de costos de los componentes involucrados, y una alta calidad de antenas.

Por otra parte los clientes de estos sistemas son:

1. Cualquier organización con requerimientos de comunicación para operar en diferentes lugares.
2. Instituciones financieras, compañías hoteleras, petroleras, constructoras, compañías con sucursales distribuidas y administración centralizada etc.

#### **CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DEL SISTEMA VSAT.**

Las principales características de estos sistemas se enumeran a continuación:

1. Proporcionan servicios de datos de alta calidad.

2. Flexibilidad para los cambios y el crecimiento.
3. Facilidad en el mantenimiento y transportación del equipo.
4. Fácil instalación y puesta en operación.
5. Los tamaños de las antenas de las estaciones terrenas se encuentran entre 1.2 y 2.4 metros de diámetro.
  - Para regiones con alto porcentaje de lluvia se emplean de 2.4 metros.
  - Para redes en estrella con concentrador se usan antenas de 1 metro.
  - Para redes tipo malla sin concentrador se emplean antenas de 2 metros.
6. Potencia de transmisión: 0.5 - 3 Watts.
7. Temperatura de ruido: 200 - 300 grados Kelvin.
8. Velocidad de datos en el enlace satélital:
  - En la transmisión: 1.2 Kbps a 256 Kbps.
  - En la recepción: 9.6 Kbps a 1.664 Mbps.
9. Soporta datos, voz, y ampliaciones de vídeo.
10. Técnicas de acceso que soporta:
  - TDMA, SCPC. TDM. CDMA. ALOHA.
11. El sistema puede ser usado en redes públicas y privadas.
12. Soporta los protocolos X.25 y SDLC.

De todo lo anterior se tiene los beneficios de las redes VSAT incluyen la cobertura de una : amplia áreas geográficas, costos de operación más bajos que los sistemas terrestres, así como un alto rendimiento independiente de la distancia. Ventajas significativas son:

- 1.- Maneja altos volúmenes de información de manera rápida y confiable.
- 2.- La arquitectura de VSAT permite que una simple computadora personal maneje la red.
- 3.- Soluciona rápidamente la congestión de tráfico.
- 4.- En enlace directo a las instalaciones del usuario.

#### 4.2. DESCRIPCIONES DE LA TECNOLOGÍA VSAT.

Son varios los elementos que constituyen todo un sistema VSAT, la principal división que se puede hacer es:

- A) Componentes de la estación VSAT remota.
- B) Componentes de la estación central o HUB.
- C) Satélite de comunicaciones.

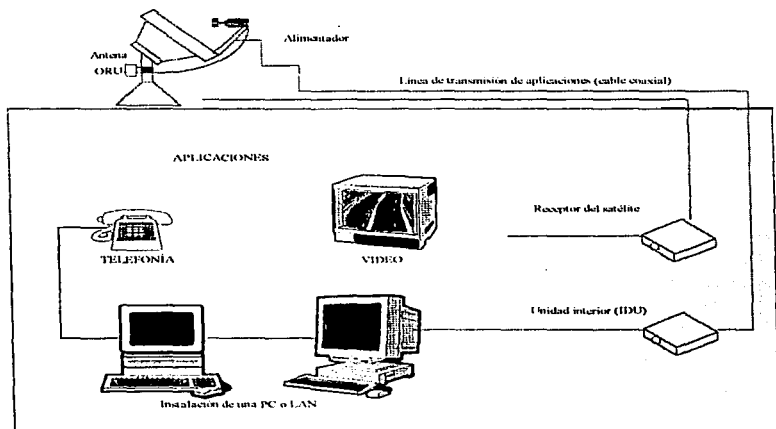
Cada VSAT remota esta equipada con una antena de diámetro pequeño (no mayor a 2.4 m.) denominada ORU (Outdoor Reflector Unit) la cual está diseñada para minimizar las

interferencias de satélites adyacentes ajustándose a la norma de 2º de espaciamiento entre satélites. Otro elemento es una unidad interior llamada IDU (Indoor Unit) o unidad de procesamiento de datos, y un cable de enlace de interfaz que conecta a estas unidades. Las estaciones remotas VSAT cuentan también con un amplificador de bajo ruido en la recepción y con un amplificador de baja potencia en la transmisión. El cable de enlace es un cable coaxial que conecta diferentes elementos de la estación a la antena, es decir, puede conectar servicios de vídeo, datos, telefónicos, y voz.

Como se mencionó la estación remota VSAT transmite a baja potencia, por lo que la red de comunicaciones debe contar con un elemento que compense la baja potencia para proporcionar una buena calidad en el servicio, este elemento es una estación central, esto implica que en las redes VSAT que maneja el control centralizado ésta estación sea el corazón de la misma.

Por otra parte, la estación central maestra o HUB tiene la función de comunicar a todas y cada una de las VSAT transmitiendo y recibiendo información en la banda de frecuencia Ku a una velocidad de 64 Kbps de acuerdo a un conjunto de protocolos de acceso múltiple que regula el uso de un canal compartido, es decir, realiza funciones de enrutamiento y administración.

A continuación se describirán más a fondo los elementos que forman el sistema VSAT, teniendo especial cuidado en la estación VSAT remota. Esta estación se muestra en la figura 4.1 se muestran las partes constitutivas de la misma observándose también la gama de servicios que puede proporcionar este sistema.



*Figura 4.1. Componentes de un sistema VSAT.*

Es importante aclarar que la variedad de equipos y marcas de sistemas VSAT instalados es amplia, pero, estos elementos son considerados los principales en el manejo de información vía



VSAT, por ejemplo, se puede tener antenas con características y diámetros diferentes pero su uso cae dentro del sistema VSAT, por otro lado las terminales en Tierra pudieran variar un poco en lo que respecta a estaciones generales siendo algunas más eficientes que otras pero no se salen del uso de sistemas SAT.

#### **4.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA REMOTA VSAT.**

Las antenas son platos fabricados de fibra de vidrio con un diámetro que oscila entre 1 y 2.4 (aunque existen antenas de 0.6 mts. llamadas USAT). La relación del tamaño será de acuerdo a las aplicaciones que se requieran o si la estación remota se encuentra en zonas de alta concentración de lluvia.

Los diámetros mencionados son los más conocidos en la actualidad, aunque el avance en la tecnología ha hecho posible la fabricación de antenas VSAT con diámetros de 0.75 metros. El principal factor que ha influido para la reducción del tamaño de las antenas es el logro en el aumento en la potencia de los satélites, es decir, la alta potencia radiada por estos da como resultado la disminución del diámetro de las antenas.

Una antena pequeña ofrece menor recepción en su superficie, con lo cual ésta entrega menor ganancia a los equipos

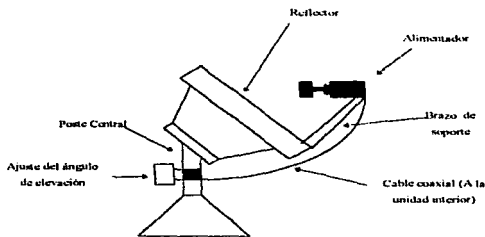
terrestres, consecuentemente se necesita que los satélites radien con mayor potencia para la recepción de información en antenas pequeñas con la misma calidad que si se tuviera una antena de dimensiones mayores. Cabe hacer notar que se podría pensar en llegar a obtener antenas con diámetro de unos cuantos centímetros si se aumentara la potencia del satélite al infinito, la respuesta a lo anterior es que estos sistemas resultarían incosteables. Debido a esto, y para estandarizar los diámetros de las antenas la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) en los Estados Unidos limita la potencia que puede ser transmitida por bit limitándose también los diámetros de las antenas.

La combinación del tamaño de la antena y la potencia por bit transmitido traen como resultado que para las antenas con diámetros menores a 1 metro la velocidad de los datos se limite a 64 Kbps en el enlace de entrada, y 1.28 Kbps en el enlace de salida.

En conclusión la disminución en el tamaño de la antena coloca a la tecnología VSAT como una tecnología de punta, y fácil de instalar. También se puede incorporar a redes multifuncionales con aplicaciones interactivas como son la transferencia de archivos o la interconexión entre LANs.

En la figura 4.2 se muestran los elementos principales que constituyen una antena para el servicio VSAT. Los elementos son: poste central, reflector, alimentador, ajuste de la polarización, ajuste de la elevación, y brazo de soporte. Cabe mencionar que los materiales de construcción de la antena o unidad exterior pueden variar dependiendo del proveedor, también los diámetros del reflector se fijan de acuerdo a la aplicación.

La figura 4.2 así como la aplicación de los elementos de la antena se muestran a continuación.



*Figura 4.2. Elementos de la antena VSAT*

\* *El poste central* se encarga de soportar el plato de la antena y darle rigidez al sistema, debe estar construido con un material altamente resistente (acero galvanizado) capaz de darle el

soporte necesario al plato para resistir vientos con velocidades hasta de 150 km/hr. También se encarga de soportar los controles de ajuste de elevación de la antena debiendo oscilar este entre los 10 y 90 grados.

*\*El reflector* es un plato constituido a base de fibra de vidrio moldeado a base de compresión. Es el encargado de recibir las señales electromagnéticas provenientes del satélite, así como de reflejarlas cuando el sistema se encuentra transmitiendo.

*\* El alimentador* es el encargado de direccionar la onda electromagnética recibida por el reflector para proporcionarla a la unidad interna cuando el sistema se encuentra en modo de recepción. El diseño de alimentar permite en la mayoría de los casos tener sistemas que pueden ser usados para aplicaciones de recepción-transmisión o solamente recepción. Por otra parte cuando el sistema se encuentra en modo de transmisión el alimentador tiene la función inversa, es decir, proporciona la señal proveniente de la unidad interior al reflector para que esta sea transmitida al satélite.

*\* Los ajustes de polarización y elevación* son para perfeccionar la polarización y el ángulo de elevación de la antena respectivamente. Estos ajustes deben de presentar la mayor sensibilidad posible, ya que como se explicó en el capítulo 2 existen satélites espaciados solamente a unos cuantos grados.

*\* El brazo de soporte* esta fabricado de acero galvanizado teniendo la función de servir para la colocación del alimentador.

#### **UNIDAD INTERNA (IDU).**

Esta unidad sirve como interfaz entre el equipo exterior o antena y el equipo del usuario. Es decir, conecta la aplicación ya sea de vídeo, telefónica, de comunicación con una PC, vía cable coaxial con la antena VSAT. Se considera la unidad de procesamiento de datos y presenta las siguientes características:

- 1.- La mayoría de las unidades tienen disponibilidad para manejar más de 4 puertos.
- 2.- Las tarjetas de voz y datos instaladas en las unidades pueden mezclarse.

En el modo de recepción, primeramente la unidad exterior (ORU) de la estación VSAT recibirá las señales provenientes del satélite, por su parte la unidad interior demodulará ésta información, una vez que realiza la demodulación procede a realizar la identificación de protocolos y entregarla a los puertos de las computadoras.

Por otra parte, en el modo de transmisión de la estación VSAT la información llegara de los puertos en la cual primero se

identifica la información a través de un protocolo para posteriormente modularla. Una vez modulada la información ésta envía por la línea de transmisión (cable coaxial) a la unidad anterior (ORU) que se encarga de transmitirla hacia el satélite.

Como se mencionó anteriormente el cableado juega un papel muy importante, ya que una falla en él ocasionará problemas al sistema, el cable más usado es de tipo coaxial debido a su inmunidad al ruido y su capacidad para la transmisión de vídeo. Esta se encarga de conectar todos los elementos del sistema con la antena. De lo anterior se puede decir que en general en la unidad exterior se realiza las funciones de radio frecuencia, mientras que en la unidad interior, las de procesamiento de datos.

#### **4.2.2. TERMINAL VSAT.**

Existen otros elementos de una estación remota VSAT que amplían la gama de aplicaciones de estos sistemas. A continuación se describen las características de una terminal VSAT para múltiples aplicaciones, que si bien es necesario en una estación remota, ayudan a mejorar los servicios de ésta.

La terminal VSAT plus para múltiples aplicaciones fue introducida al mercado por la compañía proveedora *Spar*

*Aerospace's Comunicación* (posteriormente se analiza el papel de los proveedores en ésta tecnología), esta terminal puede trabajar con diferentes topologías de redes así como altas y bajas velocidades de transmisión. Todas las tarjetas son intercambiables con otros modelos de terminales para negocios. La terminal se puede configurar para trabajar en estrella, malla o en redes híbridas estrella/malla. La terminal VSAT plus opera con ventajas de alimentación de 115 ó 220 volts de corriente alterna.

Al hablar de terminal VSAT, se refiere a una computadora personal y una unidad VSAT plus, la antena deberá soportar las múltiples aplicaciones.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DE LA ESTACIÓN MAESTRA CENTRAL

El corazón de una red VSAT es una estación central, la cuál es precisamente el centro del control de una compañía. En las compañías que usan control centralizado la estación maestra central se encuentra localizada por lo regular en las oficinas generales, la cuál enruta y administra la red. La estación maestra central tiene como objetivos entre otras cosas: Compensar el nivel de potencia de las transmisiones, ya que como se mencionó las estaciones remotas VSAT cuentan con amplificadores de baja potencia en la transmisión así como de

administrar, monitores, y controlar el flujo de información por toda la red.

Las partes principales de una estación central son:

- 1.- Antena transmisora/receptora.
- 2.- Subsistema de comunicación.
- 3.- Subsistema de control.

La antena de la estación maestra central presenta diámetros mayores a los presentados en las estaciones remotas, típicamente tienen diámetros de 6 a 9 metros. El tamaño de la antena dependerá del tamaño de la red, aunque por lo general, se instalan antenas con diámetros mayores a los requeridos inicialmente con el fin de futuras expansiones a la red. El hecho de tener mayores diámetros también se debe a que ésta puede recibir las señales de baja potencia que transmiten las estaciones remotas VSAT.

En el subsistema de comunicaciones la señal a transmitir es alimentada a un convertidor de subida el cual convertirá la señal a los valores de frecuencias utilizados dependiendo de la banda de transmisión. Para banda C se convertirá a un valor de 6 Ghz y para la banda Ku a un valor de 14 Ghz.



En éste subsistema se encuentra un amplificador de alta potencia (HPA) para que la señal transmitida al satélite llegue con suficiente intensidad, y un amplificador de alta ganancia (LNA) para recibir información, permitiéndole a las estaciones VSAT remotas tener amplificadores de menor potencia y complejidad.

El subsistema de control soporta el manejo total de la red VSAT, ya que proporciona niveles diferentes de información y alarma para el equipo de soporte ambiental como aire acondicionado, alarmas de fuego, seguridad, etc. También proporciona el monitoreo constante del equipo para saber si algún elemento de la estación central presenta fallas en su funcionamiento aislándolas si fuera necesario activando sistemas de respaldo. Lo anterior se logra con una serie de equipos electrónicos en especial computadoras de gran capacidad.

Este subsistema también soporta las técnicas de acceso múltiple, implicando tener una relación maestro-esclavo con la terminal remota VSAT. Estas técnicas permiten a la estación central tener un control sobre las comunicaciones. La estación identifica a través de la técnica de acceso de flujo de datos será recibido por cada estación remota VSAT, usualmente agregando la dirección de la terminal al inicio de la trama de información.

#### **4.2.4. SATÉLITE DE COMUNICACIONES.**

El último de los componentes de un sistema de comunicación VSAT es un satélite de comunicaciones, su funcionamiento así como las partes que lo forman se detallaron en el capítulo 2, ahora sólo se darán algunas características adicionales para su uso en redes VSAT.

Las redes VSAT usan satélites geoestacionarios de comunicaciones, el tipo de satélite a usar dependerá principalmente de la región a la cual se presente el servicio, por ejemplo: Si una terminal remota de un banco, o cualquier otra entidad quisiera enlazarse con su homóloga o incluso con la misma estación maestra central en la Cd. de México, Estados Unidos, o Sudamérica muy seguramente utilizará el satélite Solidaridad, ya que cuenta con las características propias y coberturas para el uso de sistemas que emplean la banda Ku en estas zonas, banda usada por la tecnología VSAT.

Por otra parte, las bandas de frecuencia C y Ku son las más comúnmente empleadas para la transmisión y recepción de señales en sistemas VSAT, acentuándose el uso de la banda Ku debido a las siguientes características:

- 1.- Es una banda dedicada al servicio fijo de satélites.
- 2.- Elimina en gran medida interferencias terrestres.

3.- Proporciona altas ganancias en las antenas.

4.- Su uso trae como consecuencia que los componentes de RF sean pequeños.

#### 4.3. TOPOLOGÍAS.

Los sistemas VSAT se pueden clasificar según diversos parámetros. Así, las comunicaciones pueden ser unidireccionales en los sistemas más sencillos, o direccionales, en el caso más general.

En lo que respecta con topología, ésta dependerá de los requerimientos del usuario ya que no siempre se tienen las mismas necesidades de comunicación. Existen básicamente dos formas de configuración de redes, sistemas con topología en malla y sistemas con topología en estrella.

Los sistemas con topología en malla son sistemas que permiten la conexión directa entre estaciones remotas VSAT. Es decir, cada terminal podrá entablar un enlace con cualquier otra terminal de la red sin necesidad de tener una estación maestra central. Esta configuración es particularmente aplicable para redes de voz. Son sistemas bidireccionales.

Los sistemas con topología en estrella permiten conexiones directas entre estaciones remotas y central. Esta topología ya ha sido mencionada y utiliza una estación central maestra la cual administra la red. El mensaje de una terminal tendrá que pasar forzosamente por la estación central antes de que éste llegue a la estación remota receptora trayendo consigo un retardo de transmisión respecto a las redes en malla.

La comunicación en estas redes es de tipo bidireccional, es decir, las estaciones remotas podrán transmitir y recibir información con la estación central y cualquier otra remota cuando lo deseen.

Existe una tercera manera de comunicarse por una red VSAT, denominada de *radio difusión*, la cual no es precisamente una topología al 100 % ya que se considera un caso especial de sistema en estrella, en donde la información también pasa por una estación maestra central antes de llegar al nodo remoto pero con las características de que el sistema es unidireccional. Estas redes se usan para compañías que no necesitan interacción entre si instalaciones remotas, por ejemplo: cuando la dirección general sólo manda información sobre eventos o datos importantes de la empresa para conocimiento del personal.

También es ampliamente usada en casas de bolsas en donde se requiere al día sobre los cambios bursátiles que se general en un país o en el extranjero y mediante grandes pantallas o pizarrones electrónicos se informa al público los cambios registrados. A continuación se explican los componentes asociados a estos sistemas.

#### ARQUITECTURA DE LA RED VSAT EN ESTRELLA.

Se considera que el uso de redes VSAT en estrella es para compañías que necesitan interconectar 20 ó más instalaciones remotas con una estación central que requieran enlaces punto-multipunto, las partes que constituyen estos sistemas son:

- ESTACIÓN CENTRAL.

Ya se menciona que las partes que la constituyen son la antena, el subsistema de comunicaciones y el subsistema de control. Aquí se mencionará que ésta deberá mantener la señal con alto nivel de potencia para que la estación remota receptora capte la señal con una buena intensidad.

Por otra parte, los equipos de la estación deben estar diseñados para soportar comunicaciones arriba de 64 Kbps. De la misma manera la interfaz de conexión de los mismos debe soportar la misma velocidad. En estos casos se hace uso de los estándares EIA- 323, RS- 422 que son reglas que especifican las

características eléctricas de las interconexiones en lo que respecta a la velocidad de transmisión entre computadoras.

- **INSTALACIONES REMOTAS**

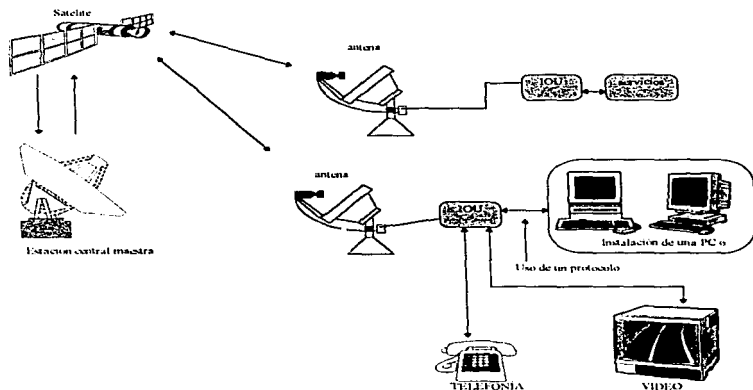
Prácticamente son las sucursales de la compañía o tienda de ésta, las conexiones de estos también deben estar especificados por los mismos estándares EIA- 232 y RS 422. Deben soportar también protocolos de control de enlace como lo es SDLC. Cada instalación remota a su vez contendrá los elementos descritos anteriormente como son: antenas de diámetro pequeño, unidad interior, cableado, etc. En el caso de que el sistema sea usado por compañías que necesiten mover sus equipos constantemente, como las empresas constructoras o petroleras, sus equipos también se consideran como instalaciones remotas.

- **TRANSPONDER DEL SATÉLITE**

Los satélites usados tienen transponders para soportar entre 10 y 15 clientes de red, por lo general un transponder tiene un promedio de servicio para 500 VSATs. El satélite toma un papel muy importante en estos sistemas, ya que el conecta mediante dos enlaces de radio las estaciones remotas con la central. El primer enlace se tiene de la estación maestra central a las terminales remotas y se denomina enlace de salida o simplemente *outroute* . El segundo enlace se presenta cuando las estaciones remotas transmiten a la central y es llamado enlace de entrada o simplemente *inroute* . En el enlace de salida

los datos viajan con una velocidad de 64 Kbps a 512 Kbps, mientras que para un enlace de entrada se tienen velocidades de 64 Kbps a 128 Kbps.

En la figura 4.3 se ilustran los componentes de una red VSAT con topología en estrella. obsérvese que los componentes de las estaciones remotas pueden variar dependiendo de la aplicación que se le asigne a la red. Exceptuando la antena y la unidad interior el equipo de aplicación podrá ser un monitor, computadoras personales, líneas telefónicas, etc.

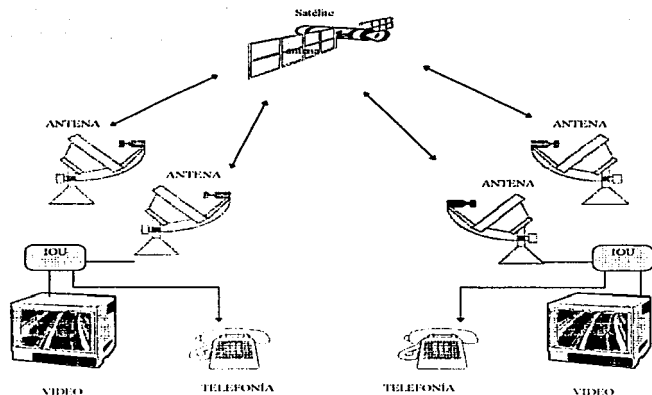


*Figura 4.3. Arquitectura de la red estrella VSAT.*

## ARQUITECTURA DE LA RED VSAT TIPO MALLA.

Como se observa en la figura 4.4 los elementos se disponen de tal manera que un nodo remoto pueda entablar comunicación directa con cualquier otro nodo que pertenezca a la red. Es usada por compañías que requieran comunicación punto-punto, es decir, los enlaces se establecen entre las propias estaciones remotas. Típicamente los enlaces en una topología en malla son más rápidos que en una topología en estrella, ya que no se necesita dar un doble salto entre estaciones remotas disminuyendo considerablemente el retardo de transmisión. Debido a sus facilidades para la transmisión a grandes velocidades estas redes se usan para aplicaciones en donde se requiera alta velocidad, un ejemplo son las vídeo conferencias.





*Figura 4.4. Arquitectura de una red tipo malla VSAT.*

Puede incorporarse un centro de control en la red tipo malla (no configurar con estación maestra central) la cual solo tenga funciones de asignación de canales o de mantenimiento de la red. Sin embargo, una vez asignado el canal entre estaciones remotas ellas mismas podrán asumir el control de la transmisión.

#### 4.4. PROTOCOLOS DE CONTROL DE ACCESO.

Estos protocolos definen los procesos para el intercambio de información entre las estaciones remotas y la estación maestra central dentro de una topología en estrella. La información se puede dividir en dos partes: información para monitores y controlar la red, e información de los usuarios.

Cuando los sistemas VSAT se introdujeron al mercado los protocolos de control de acceso al medio más comúnmente empleados utilizaban técnicas de acceso de tipo aleatorio, como lo es ALOHA o ALOHA RANURADO en las que cada estación remota compite por el medio sin coordinarse con las demás. En la actualidad aún se puede usar estas técnicas presentando las mismas ventajas que cuando fueron creadas,; su gran sencillez y su relativa descentralización del control, pero con el paso del tiempo y aún más, con la popularidad que va tomando el sistema VSAT éstas técnicas han sido desplazadas por otras, ya que presentan las desventaja de que parámetros como el caudal o el retardo se degradan severamente cuando el tráfico cursado es superior a un nivel dado.

Debido a lo anterior se ha desarrollado nuevos protocolos de acceso, tanto aleatorios como por demanda o combinaciones de ambos que exigen un control centralizado en la gestión de los recursos disponibles. Además, existen sistemas con protocolos

de acceso múltiple basados en técnicas de código como lo es CDMA. También para redes de topología en malla se emplea la división en frecuencia fundamentalmente SCPC (Canal único por portadora) . En general son varios los sistemas que presentan estas características o una combinación de dos o más técnicas permitiendo al usuario configurar el canal que va a utilizar.

Probablemente la combinación de técnicas de control de acceso VSAT más común sea la arquitectura TDM/DMA debido a que son los métodos de mayor efectividad en el costo para las comunicaciones. Esta forma de transmisión usa una portadora única. TDM difundida desde una estación maestra a varias VSATs remotas usada para indicar el inicio de cada trama TDMA, la trama TDMA consta de ranuras y cada ranura contiene la información de cada VSAT. Una vez que la trama TDMA llega al satélite, éste se encarga de difundirla hacia todas las estaciones remotas. Este enfoque combina las técnicas SCPC y TDMA en una arquitectura común.

Por otra parte en los enlaces de salida (outroute) se usa una combinación de TDMA y FDMA. FDMA divide la asignación de frecuencias en pequeños segmentos, por su parte los filtros selectivos de frecuencia que se encuentran en las estaciones receptoras y transmisoras aíslan esos segmentos, permitiendo su uso independiente. Cada segmento de frecuencias se refiere a una transmisión separada, este segmento entonces puede ser

dividido usando TDMA. Por último, cada estación remota decodifica solo los mensajes que llevan su dirección.

## VARIETADES DE SISTEMAS VSAT

Como se menciona al inicio de este capítulo el concepto VSAT se encuentra en constante evolución de aquí que existan diferentes tipos de sistemas instalados. Son varios los parámetros que se toman en cuenta para la clasificación de estos sistemas, uno de ellos es el diámetro de la antena ya que en gran parte es el que limita la velocidad de transmisión. Otros puntos que hay que tomar en cuenta en la clasificación de un sistema VSAT son:

- Banda de frecuencia
- Velocidad de entrada (Inroute)
- Velocidad de salida (Outroute)
- Acceso múltiple de salida
- Acceso múltiple de entrada
- Protocolos que soporta la red
- Estándares de nivel físico (RS - 322. V.35)
- Operación de la red.

El diámetro de la antena toma gran importancia cuando se opera en una zona con alto nivel, este es uno de los factores más importantes a considerar por las razones antes mencionadas.

Las bandas de frecuencias más empleadas son la banda C y Ku, siendo la banda Ku la más común. En el punto sobre protocolos de control de acceso se menciona que se emplean una serie de combinaciones de éstos tanto en el modo de transmisión de entrada como en el de salida todo esto para la mejor utilización del canal ya que los sistemas tradicionales como lo es ALOHA se degrada cuando la carga de tráfico aumenta.

Otro aspecto importante es que los sistemas actuales soportan gran variedad de protocolos de comunicaciones de datos, y estándares de conexión física entre los más conocidos se encuentran:

SNA.- (Arquitectura de sistemas de red). Arquitectura creada por IBM para la interconexión de sus computadoras, este nombre también se les da a una serie de productos de red conocidos por IBM.

HDLC.- (Control de enlace de datos de alto nivel). Este protocolo fue creado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) para la definición de ciertos campos de control que deben ser agregados a ambos extremos de un paquete de datos resultado de transmisión llamado "frame" o enmarcado.

SDLC.- (Control de enlace de datos sincronos). Es un predecesor de HDLC definido por IBM y usado en los productos para su red SNA.

X.25 Estándar creado por CCITT que describe como son transmitidos los datos y como las computadoras pueden tener acceso a la red de switcheo de paquetes.

V.35.- Estándar que especifica las características eléctricas de las conexiones entre varias computadoras, la especificación limita la velocidad y la distancia a la que quisiera transmitir datos. Es usada para puertos seriales. El mismo estándar creado por CCITT es el llamado V.24.

Haciendo una combinación de los parámetros antes mencionados se considera que las variedades de sistemas VSAT son:

- SISTEMAS VSAT (terminales de muy pequeña apertura).

Esta categoría consta de terminales VSAT con diámetros de antenas de 1.2 a 1.8 metros. Éstas terminales operan a alta velocidad y son interactivas en ambos sentidos. Operan en la banda de frecuencias Ku.

- SISTEMAS VSATs. (Con espectro expandido)

Esta categoría consta de terminales VSAT con diámetros de antenas de 0.6 a 1.2 metros, y operan en la banda C proporcionando comunicaciones del tipo unidireccional sin intercambio de datos.

- SISTEMAS USAT (Terminales de ultra pequeña apertura).

Estas terminales se han denominado terminales de ultra pequeña apertura, debido a que los diámetros de sus antenas van de 0.3 a 0.5 metros. Trabajan en la banda Ku y en ésta categoría están incluidas las estaciones VSAT remotas más pequeñas disponibles para comunicación de datos.

Las VSAT fueron desarrolladas en un principio por sistemas para comunicación móvil y posteriormente fueron modificadas para aplicación en sistemas de comunicación fija.

- SISTEMAS TSAT (Terminales de apertura pequeña).

Estas terminales utilizan diámetros de antena entre 1.2 y 3.5 metros, pueden operar en la banda Ku y en la banda C, son utilizadas para comunicaciones punto a punto, pero permite su uso en otro tipo de configuraciones. Las estaciones TSAT operan sin necesidad de una estación maestra.

- SISTEMAS TVSAT ( Terminales para vídeo, audio, datos TVRO, BTV)

Esta última categoría de sistemas VSAT utiliza diámetros de antenas que oscilan entre 1.8 y 2.4 metros. Trabajan en la banda C y Ku son principalmente usadas para la transmisión de televisión de entretenimiento (TVRO) y de negocios (BTV). TVSAT puede recibir también programas de audio y datos a alta velocidad.

Para tener una idea más clara de como es que se agrupan estos sistemas se presenta la tabla 4.1, en lo que se refiere al punto de operación de la red se considera si tiene estación maestra central compartida o dedicada, esto quiere decir que no siempre una compañía cuenta con su propia estación central teniendo en ocasiones que arrendar el servicio y compartir la estación maestra con otros usuarios. En el caso de contar con su propia estación maestra se tendrá un servicio dedicado. La tabla 4.1 es la siguiente.



PARÁMETRO	VSAT	VSATs	USAT	TSAT	TVSAT
DIÁMETRO DE LA ANTENA (m.)	1.2 -1.8	1.6- 1.2	0.3-0.5	1.2-3.5	1.8-2.4
BANDA DE FRECUENCIAS	Ku	C	Ku	Ku/C	Ku/C
VELOCIDAD DE ENTRADA Kb/seg	16-128	1.2-9.6	2.4	56-1544	
VELOCIDAD DE SALIDA Kb/seg	56-512	9.6-32	56	56-1544	
ACCESO MÚLTIPLE DE SALIDA Kb/seg	TDMA	CDMA	CDMA	TDMA	CDMA
ACCESO MÚLTIPLE DE ENTRADA	ALOHA R-ALOHA	CDMA	CDMA	CDMA	
PROTOCOLOS QUE SOPORTA EL SISTEMA	SDLC X.25,SNA	SDLC X.25.RS232	SNA V.35		
OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN CENTRAL	RENTA DEDICADA	RENTA DEDICADA	RENTA DEDICADA	DEDICADA	RENTA DEDICADA

*Tabla 4.1. Tipos de sistemas VSAT.*

#### 4.5. CONSIDERACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS VSAT.

Después de haber descrito los elementos que constituyen un sistema de comunicación VSAT las ventajas que estos presentan, sus topologías, control de accesos servicios, y las variedades de sistemas existentes, se continuará mencionando algunos criterios que hay que tomar en cuenta tanto para la adquisición de una tecnología como ésta, como para la instalación, operación y mantenimiento, es decir, los conceptos aquí tratados ayudarán a cualquier persona u organización a conocer los puntos más importantes que debe considerar si desea hacer uso de un equipo VSAT o si desea contratar los servicios de venta e instalación de los proveedores.

El diseño de cualquier sistema VSAT supone la búsqueda del equilibrio entre la máxima sencillez posible (que significa tener equipos de reducido tamaño y bajo costo) y la mayor eficiencia de sus servicios . Son varios los criterios a considerar para la adquisición, instalación, o mantenimiento de un sistema como éste, los más significativos y los que se describirán son:

- 1.- Criterios relativos a la empresa que desee hacer uso de la tecnología.
- 2.- Comparación de proveedores y análisis de costos.

- 3.- Distribución geográfica de las estaciones remotas y la estación central.
- 4.- Visitas y evaluación de instalaciones.
- 5.- Velocidad de la transmisión, y diámetro de la antena.
- 6.- Disponibilidad del satélite y bandas de frecuencias.
- 7.- Selección de equipo.
- 8.- Realización de una prueba piloto de diseño, con la ayuda de software especializado.
- 9.- La instalación.
- 10.- Mantenimiento.

#### **4.5.1. FACTORES QUE DETERMINAN SI SE DEBE ADQUIRIR TECNOLOGÍA VSAT.**

Una compañía competitiva requerirá siempre de medios de comunicación que cubran sus necesidades actuales y futuras. Cuando ésta empieza a crecer tiene la necesidad de incrementar entre otras cosas sus sistemas de comunicación, es entonces, cuando se encuentran entre otras cosas sus sistemas de consultar sobre tecnologías más avanzadas que constituyan a la actual, también se encuentra con diversos factores que determinan si amplía o no su red de comunicaciones.

Los dos factores a considerar son los llamados de fuerza motriz, o sea los que mueven a la empresa a comprar servicios o

equipos sofisticados de comunicaciones, y los factores de ahorro cuantificable que se refieren a los gastos de operación actuales. Estos factores se describen a continuación.

**a) Factores de fuerza motriz:**

- **Negocios no realizados por falta de medios de comunicación adecuados y oportunos.**
- **Oportunidad de la información.**
- **Presencia de la empresa.**
- **Tiempos de entrega largos en otros medios de comunicación o imposibilidad de obtenerlos.**
- **Movilidad de estaciones remotas en caso de cambio de domicilio, emergencia. o de información en el lugar en donde se genere (por ejemplo periódicos, noticias, compañías constructoras etc.).**
- **Confiabilidad de los enlaces.**
- **Calidad de los servicios.**
- **Concentración de los servicios en uno solo.**
- **Concentración de las comunicaciones e internacionales en un solo medio.**
- **Crecimiento flexible.**
- **Independencia de instalación y operación.**

**b) Factores de ahorro:**

- Gastos de operación en medios actuales de comunicación.
- Gastos de viajes que se pueden reemplazar o disminuir al tener un medio adecuado de comunicación.

En ésta fase, habrá que hacer una comparación de la operación de la empresa atendiendo especialmente los puntos 1 al 4 de los factores de fuerza motriz, poniendo de manifiesto las ventajas que se obtendrían con la instalación de la red VSAT y evaluar económicamente los costos producidos para ver la conveniencia de un sistema como éste.

Una vez justificado el proyecto habrá que determinar la medida en que la empresa intervendrá el con su personal en cuanto a: diseño, instalación y mantenimiento del equipo. En este punto, se tendrá que decidir si se compra el proyecto en su totalidad, o bien si se forma un equipo interdisciplinario para llevarlo acabo.

En el caso de que la empresa desee instalar equipos altamente sofisticados, con varias estaciones remotas VSAT podría se necesario tomar varios planes de compra los cuales son:

- 1.- Arrendamiento puro.
- 2.- Arrendamiento financiero.
- 3.- Compra total.

#### 4.5.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

Este aspecto principalmente se refiere a la distancia que se encuentran separadas las estaciones remotas de la estación central maestra. Para el caso de comunicaciones vía satélite no es un factor de mucha importancia en lo concerniente al costo, ya que mientras la comunicación sea atendida por el mismo transponder no importa si la comunicación se establece a 50 ó a 500 Km. debido a la gran zona de cobertura que proporcionan estos sistemas.

Por el contrario, si el aspecto a considerar es la calidad de enlace, o posición de la dirección de la compañía la distribución geográfica toma un papel muy importante ya que se deberán seleccionar los lugares más adecuados, por ejemplo, con bajo porcentaje de lluvia y buenas vías de comunicación.

Si el centro de procesamiento de datos se encuentra localizado en una zona pequeña y si la empresa no maneja grandes volúmenes de información, tal vez una red VSAT no sería lo adecuado para la solución del problema: en este caso una red de área local resolvería satisfactoriamente las necesidades de comunicación.

En el caso de que los lugares a comunicar se encuentren básicamente alejados la tecnología VSAT resulta óptima para las comunicaciones.

#### **4.5.3. VELOCIDAD DE LA TRANSMISIÓN Y DIÁMETRO DE LA ANTENA.**

Un espacio importante a considerar no solo en redes VSAT si no en cualquier red de computadoras es la velocidad de la transmisión también llamada velocidad del bit transmitido, ya que la capacidad de rendimiento y la respuesta de un sistema de comunicación es determinada por este parámetro.

La velocidad del bit transmitido en sistemas VSAT depende principalmente de los servicios o aplicaciones que se requieren en la red, tomando en cuenta que muchos proveedores de sistemas VSAT presentan diversas terminales para diversas aplicaciones, la velocidad de la transmisión juega un papel muy importante y tendrá que ser considerada de acuerdo a los servicios que se deseen instalar en la red VSAT. El diámetro de la antena también depende de la aplicación; por ejemplo, para aplicaciones de vídeo es necesario aumentar el diámetro de la antena de 1.2 a 1.8 metros.

Una terminal típica VSAT podría soportar velocidades de entrada y salida comprendidas entre los 1.2 y 512 Kb/seg. Para servicios como lo es el correo electrónico , los parámetros de transmisión serán de 64 Kb/seg.

Los servicios de FAX tienen en redes VSAT importantes aplicaciones, y para esto existen una gran variedad de velocidades de transmisión las cuales dependen del tipo de sistema usado que es generalmente función de la calidad del documento a transmitir. Para usos generales una velocidad de 2.4 Kb/seg. puede ser suficiente, pero para sistemas de fax que necesitan una alta velocidad y calidad de copiado es necesario usar una velocidad de 56 Kb/seg. Por otra parte, cuando se manejan gráficos que requieran alta resolución en fax será necesario una velocidad de 448 Kb/seg.

El hecho de aumentar la velocidad de la transmisión trae como consecuencia directa el incremento de costos en los equipos ya que la complejidad de las terminales receptoras y transmisoras aumentará.

Sin embargo, no se debe pensar que a mayor velocidad la transmisión se realizará en menos tiempo, ya que la transmisión entre el satélite y las estaciones terrenas toma algunos cientos de milisegundos presentándose el inevitable retardo en la transmisión, jugando éste un papel muy importante en todas las



transmisiones vía satélite. De aquí que sea necesario elegir los protocolos de control de acceso y código de detección de errores correctos, ya que se consideran las principales fuentes de retardo en sistemas VSAT.

Entre otras fuentes de retardo las más importantes son:

1.- ESTABLECIMIENTO DEL CIRCUITO: Se refiere al tiempo necesario para asignar una frecuencia del transponder a la estación terrena para poder transmitir y recibir.

2.- CONVERSIÓN DE PROTOCOLOS: Es el tiempo necesario para convertir protocolos del Equipo Terminal de Datos (ETD) al enlace del satélite.

3.- SONDEO: Es el tiempo empleado para esperar un turno para transmitir cuando están disponibles los datos.

4.- RETRANSMISIÓN: Es el tiempo que toma el detectar mensajes con errores y retransmitirlos correctamente.

5.- COLA DE ESPERA: Ocurre como consecuencia de la capacidad de almacenamiento en algunos sistemas VSAT.

#### **4.5.4. DISPONIBILIDAD DEL SATÉLITE Y BANDAS DE FRECUENCIAS.**

El diseñador deberá conocer las áreas de cobertura que se espera tener, para así determinar cuál será el mejor satélite a emplear y si este se encuentra disponible o no. El satélite a elegir deberá soportar también los métodos de acceso que se requieren en sistemas VSAT, en este caso la técnica CDMA es variable para tal elección.

En general, el diseño deberá ser capaz de soportar las bandas de frecuencias C y Ku en el rango de 4/6 y 11/14 Ghz respectivamente. Aunque se nota un mayor incremento en el uso de la banda Ku debido a la saturación de la banda C y por la reducción en el espaciamiento entre satélites a 2° de área orbital entre otras razones.

#### **4.5.5. SELECCIÓN DE EQUIPO.**

La selección del equipo a utilizar es un sistema VSAT es un proceso delicado que debe efectuarse con cuidado, esta selección deberá hacerse principalmente cuando se hayan comparado los proveedores y sean conocidas las necesidades del sistema, los servicios que prestará, los protocolos de acceso

y técnicas de corrección de errores que deba soportar, así como las bandas de frecuencias a usar.

Una mala selección del equipo podrá tener consecuencias graves, como son el no poder expandir el sistema cuando sea necesario o no poder obtener fácilmente las relaciones o el personal necesario para reparar y operar el equipo respectivamente.

Debido a lo anterior la selección de las antenas y unidades internas, así como los componentes de la estación central maestra debe hacerse en base a un estudio detallado del sistema. La parte del equipo que debe tener un especial cuidado es la antena, debiendo presentar características eléctricas como la frecuencia de operación, ganancia así como características mecánicas como: diámetro del reflector, estructura, superficie, material de fabricación, peso total, resistencia al viento, etc.

Todos los factores mencionados deberán ser tomados en cuenta por el diseñador del sistema para el máximo aprovechamiento de la red.

#### 4.5.6. REALIZACIÓN DE UNA PRUEBA PILOTO DE DISEÑO, CON LA AYUDA DE SOFTWARE ESPECIALIZADO.

En este punto ya se cuentan con los elementos más importantes para la puesta en marcha del proyecto, una vez seleccionado el equipo habría que realizar una prueba piloto de la configuración propuesta, con las mismas condiciones para todos los proveedores seleccionados y determinar si realmente se cubren las necesidades del sistema.

Por otro lado, se debe hacer una simulación ( si se cuenta con un equipo necesario) de la forma en que el sistema de funcionamiento en condiciones normales de trabajo. La simulación se podrá hacer mediante la utilización del software especializado para estos fines, el cuál ayudará a disminuir los costos maximizando el rendimiento del diseño. Esta prueba piloto podría causar gastos a la empresa (aunque hay proveedores que cubren este gasto). pero bien vale la pena realizarlo y no incurrir en el pudiera realizarse si se hace una incorrecta selección de equipo y proveedor.

Contar con una herramienta de análisis como este software especializado entre otras cosas la utilización óptima de los segmentos terrestres y espaciales en el establecimiento de una red VSAT. A través de estos procesos de simulación se permite

utilizar la infraestructura de comunicaciones de manera óptima, haciéndose un uso más eficiente de los recursos humanos, dado que el tiempo necesario para dimensionar la red y asociar costos se disminuye considerablemente.

El hacer uso de esta opción permite también el análisis de varias configuraciones que presenten distintas alternativas de solución para diferentes aplicaciones; las cuales son en este caso: transmisión de datos, voz y de vídeo . Este tipo de software puede ser elaborado por el mismo diseñador o en su defecto se podrá conseguir en otro lugar. Si realmente se esta interesado en hacer estas pruebas pilotos la empresa podrá dirigirse a las oficinas generales de TELECOM en donde mediante la renta del servicio de diseño se hace uso de este programa.

Debido a la importancia que tiene TELECOM en las comunicaciones mexicanas se hace necesario la explicación de las características principales de este software así como la estructura del programa empleado por ellos.

a) CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROGRAMA:

*VSAT-TELECOM-DISEÑO* es un programa cuyo propósito es el de realizar el diseño de una nueva red o analizar una red VSAT ya existente, y mediante la simulación, lograr una estructura final que entregue al usuario los mejores resultados. El programa esta

convencido especialmente para aplicaciones de redes de datos multipunto mediante el uso de una estación central maestra, y de una a cientos de estaciones terrenas remotas VSATs.

Es la implementación del programa se utiliza un archivo de datos con los nombres de las 44 principales ciudades de la República Mexicana así como sus datos geográficos particulares, como su latitud, longitud, y elevación sobre el nivel del mar. También se introducen los valores técnicos específicos de cada una de las localidades con respecto al satélite Morelos II, como por ejemplo: Su valor de potencia equivalente al patrón de huella de satélite, y PIRE.

Con la introducción de todos los datos anteriores en una computadora se pueden establecer enlaces entre todas y cada una de las ciudades, y se pueden utilizar a cada una como estación central o remota. Esto significa que no necesariamente se requiere de un sistema centralizado en México D.F., si no también en cualquiera de las 43 otras ciudades restantes. Dentro del propio programa en cualquier momento se puede obtener o alterar información respecto a la configuración de la red, sin que esto cause problemas al usuario.

Otra característica del programa es que está estructurado de manera que se presenta en forma amigable con el usuario

mediante una serie de "ventanas" o "menús" interactivos, donde se pueden alterar datos sobre el sistema.

#### **b) ESTRUCTURA DEL PROGRAMA:**

La figura 4.5 muestra la portada o menú principal de la estructura del programa. Se puede observar que se cuenta con cuatro áreas principales que son:

- APLICACIÓN.
- ESTACIONES TERRENAS.
- PARÁMETROS DEL ENLACE.
- COSTOS.

Estas áreas reúnen todos los datos técnicos y económicos que se requieren para el diseño de una red de datos mediante el uso de sistemas VSATs, haciéndole de una manera más adecuada a las necesidades y recursos del usuario final de la red. A continuación se explicará cada una de las áreas.

#### **1.- ÁREA DE APLICACIÓN:**

Este concepto trata la aplicación que la persona que quiera instalar una red VSAT le de a su sistema, es decir, el uso que se le dará a la red de comunicaciones estará contemplando en este punto.

Esta definición se requiere dado que cada aplicación tiene distintos parámetros a conjugar, aunque todas impliquen transmisión digital. Como se mencionó anteriormente la aplicación influye en parámetros tan importantes como la velocidad de la transmisión o del diámetro de la antena, siendo por esto importante considerarla en el programa de diseño. En la misma figura 4.5 se observan las cuatro posibles aplicaciones del programa.

## 2.- ÁREA REFERENTE A LAS ESTACIONES TERRENAS

Aquí es donde se emplean las bases de datos antes mencionadas con el fin de configurar la red, la estación central y estaciones remotas que formarán parte en ella, así como las funciones que desempeñaran cada una de ellas. La figura 4.6 muestra la representación final de la configuración.

## 3.- PARÁMETROS DEL ENLACE

Aquí es donde se establecen los parámetros comunes a todo enlace de comunicaciones vía satélite, así como las distintas técnicas de acceso al satélite. Se establecen parámetros como:



a) **ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE.-** Es el debilitamiento sufrido por las señales transmitidas debido a la expansión en todas direcciones del frente de onda radiado desde la antena.

b) **POTENCIA ISOTRÓPICA RADIADA EQUIVALENTE (PIRE):** La potencia isotrópica radiada equivalente de una antena en una dirección determinada, es la potencia que radiaría una antena isotrópica que tuviera la misma intensidad de radiación en esa dirección condición considerada.

Una antena isotrópica es una antena ideal sin pérdida la cual radia igual potencia en todas direcciones de una antena en una dirección determinada, es la potencia igual a 1. Esta antena no puede constituirse al 100 % en la práctica, sin embargo para aplicaciones de diseño es común utilizarla.

c) **RELACIÓN PORTADORA- RUIDO (CN):** Es una relación frecuentemente utilizada para establecer la calidad de un enlace de comunicaciones vía satélite.

d) **TEMPERATURA DE RUIDO DEL RECEPTOR ( $T_r$ ):** Es el ruido total recibido que se obtiene por los efectos de la contribución de los componentes activos del sistema.

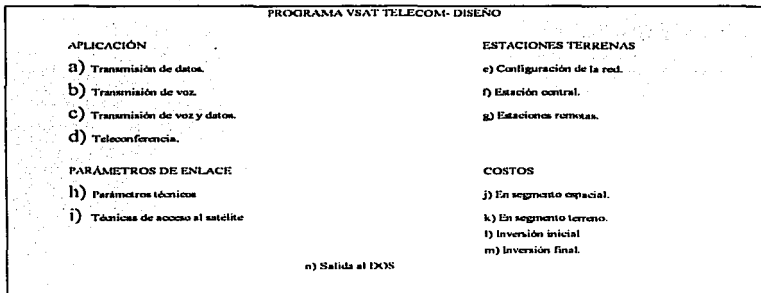
e) **FIGURA DE MÉRITO DEL SISTEMA (G/T):** Es la eficiencia que existe entre la relación de la ganancia de la antena receptora del satélite y la temperatura de ruido.

Una vez analizados los resultados del enlace como los que se muestran en la figura 4.7 el diseñador del sistema podrá tomar decisiones sobre el funcionamiento de la red VSAT para cambiar algún dato o dejarlo igual.

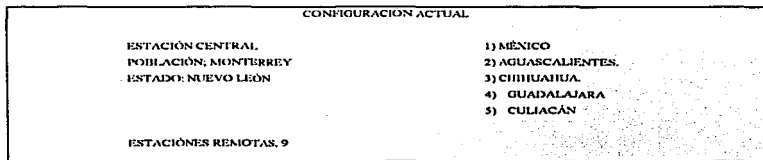
#### **4.-COSTOS**

El programa incluye una lista de parámetros económicos a considerar en una aplicación de este tipo de sistemas de comunicaciones. Esto se hace con el fin de dar al usuario una idea de los costos asociados a la implementación de un sistema como el aquí descrito. Los costos son desglosados por etapas de enlace como lo muestra la figura 4.5

A continuación se muestran las figuras que ilustran la estructura del programa:



*Figura 4.5. Estructura general del programa VSAT.*



*Figura 4.6. Procedimientos para el cálculo y configuración de la red.*

RESULTADOS DEL ENLACE	
ESTACIÓN CENTRAL MONTERREY	RENOTAS 9 ESTACIÓN REMOTA MÉXICO
ATENUACIÓN. _____	ENUACIÓN. _____
PIRE _____	G/T _____
RELACION (C/N) _____	RELACION (C/N) _____
PERDIDAS VARIAS _____	PERDIDAS VARIAS _____
C/N TOTAL _____	
PRESIONE ENTER PARA CONTINUAR ...	

*Figura 4.7. Ventana que muestra los resultados del enlace entre la estación central y una terminal remota.*

#### 4.5. INSTALACIÓN.

Aquí es cuando el proyecto toma su verdadera forma, siendo un proceso crucial para la implementación del sistema de comunicaciones de la empresa que lo requiera. En este punto se deberá contar con la configuración de la red, el equipo tanto interior como exterior, el cableado, el software necesario para las aplicaciones.

La industria de las comunicaciones ven a las estaciones terrenas VSAT como una opción agradable debido a su tamaño y ventajas tecnológicas. Desafortunadamente, los propietarios de edificios y grupos locales no comparten este punto de vista, esto es debido en gran parte a sus experiencias con las estaciones de

**TVRO (Televisión recepción only) que se caracterizan por su bajo costo y grandes diámetros de sus antenas.**

**La mayoría de las estaciones VSAT utilizan antenas de 1.8 metros de diámetro y la primera posibilidad que se toman en cuenta para su instalación son los techos de las construcciones. La necesidad de desarrollar técnicas de instalación fácil y efectiva en costo, es crucial durante el periodo de maduración de la industria VSAT, debido a que una instalación con pocos beneficios en costos puede cancelar este proyecto.**

**Es importante señalar que para tener el mínimo de atraso posible en la instalación se deberán haber realizado las siguientes actividades desde el inicio del proyecto:**

- 1.- Preparación de la instalación de la unidad exterior. (obra civil y pedestal).**
- 2.- En el caso de contar con varias terminales y equipo en un nodo remoto se deberá hacer la preparación para la instalación de los componentes de la unidad interior (ductos, cableado, gabinetes y distribución del equipo).**
- 3.- Trámites para el desplazamiento de los equipos a los lugares de instalación así como para la obtención de frecuencias, contratos. y permisos ante la S.C.T. La coordinación de**

frecuencias de la estación es importante para asegurar que no exista interferencia con otras aplicaciones que especifiquen el ancho de banda y la potencia con que se va a realizar la transmisión.

Los puntos considerados en los inicios 1 y 2 deberán considerar aspectos como requerimientos de ventilación y respaldo eléctrico en caso de fallas en el suministro, a demás la instalación de la antena tanto remota como central deberá elegirse en lugares donde no se impida su línea de vista directa con el satélite.

4.- Aprobación del propietario. La aprobación del propietario puede ser un factor principal para detener la instalación. El propietario debe ser informado de las bondades del sistema y de la instalación del sistema como una necesidad del negocio.

5.- Acceso al techo. El acceso al techo es un punto importante de consideración, ya que es necesario saber si el equipo, la antena y el personal pueden llegar fácilmente al techo. Muchos edificios tiene un acceso como escotilla mientras otros presentan acceso a través de escaleras, amoldándose ésta última a las necesidades de la instalación.

Si desde el inicio del proyecto se tomaron todas estas recomendaciones se podrá estimar un plazo aproximado de no

**mayor a 3 días para la instalación de estaciones remotas y 2 semanas para estaciones maestras centrales, tomando en cuenta las siguientes actividades:**

- 1.- Armado de la antena maestra central.**
- 2.- Instalación de la antena VSAT remota.**
- 3.- Colocación de los equipos correspondientes.**
- 4.- Cableado del sistema.**
- 5.- Alineación de las antenas.**
- 6.- Realización de pruebas de operación.**

**Los costos de la instalación pueden estimarse entre un 10 % ó 15 % del que tuviera el equipo debido al acondicionamiento de la instalación, y entre un 20 % a 25 % debido a asesoría de expertos en el campo. Se puede dar el caso de que el propio proveedor del equipo absorba los gastos de instalación siendo también este un punto importante a considerar en la elección del mismo.**

**Por otra parte se tiene instalación de cualquier sistema VSAT normalmente cubre 3 puntos principales: La antena, el acceso a la ruta del cable, y la unidad interior. A continuación se describen en forma general estos pasos:**

## **MONTAJE DE LA ANTENA.-**

Como se comento anteriormente un alto porcentaje de sistemas VSAT tienen el objetivo de instalar la antena en el techo, Los métodos más comunes de asegurar al techo es del tipo no permanente para la mayoría de los techos planos, y montajes penetrantes que se fijan en la estructura del edificio debajo de la cubierta del techo. También el montaje de la antena en Tierra será necesaria en algunos casos.

## **RUTA DE ACCESO DEL CABLE.-**

Cuando se prepara la instalación de la líneas de transmisión se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Si existe una entrada para el cable o perforación que pueda ser utilizada o se requiere de una nueva entrada.
- Si existen suficientes detalles para seguir la ruta del cable a través de conductos interiores de las paredes y techos o se requiere seguir columnas y esquinas.

Considerar los códigos del edificio, ya que puede requerirse cierto tipo de color que afecta la selección del forro de los cables. Cuando la ruta va por los techos falsos, se puede requerir un forro de teflón al 100 %.



**El uso de una entrada de cable existente reducirá los costos de instalación, y será la opción preferida por el propietario del edificio. La relación de la distancia entre la antena y la unidad interior debe ser minimizada durante la instalación del cable.**

**El lugar de instalación de la unidad interior estará definido por la interfaz del equipo de comunicación existente. Cuando se define una localización particular, se deben considerar los siguientes puntos:**

- Se debe colocar la unidad interior en un cuadro de comunicaciones cuando sea posible. La temperatura ambiental será mayor preocupación, se debe buscar la temperatura requerida por la unidad.**
- Asegurarse de seleccionar un lugar con suficiente espacio de protección para evitar que la unidad sea golpeada o movida bruscamente.**
- Se debe seleccionar un lugar con voltaje suficiente y estable.**

#### **4.6. MANTENIMIENTO.**

**Una vez instalado el equipo y realizado los trámites correspondientes la empresa podrá hacer uso del sistema VSAT.**

Debido al uso de las terminales y equipo en general deberá considerar etapas de mantenimiento preventivo y correctivo para el buen funcionamiento del mismo, para esto se contará con personal especializado que labore dentro de la compañía o en su defecto contratar el servicio.

El mantenimiento de un equipo esta atento a las fallas del mismo y a su reparación, que en conjunto forman la confiabilidad de éste. La mayoría de las estaciones VSAT operan en conjunto con una estación central maestra, y la confiabilidad del equipo para la red es el resultado de la confiabilidad de la estación central y de las estaciones remotas.

Generalmente la estación central utiliza equipos de respaldo con intercambio automático por si se presenta una falla en el sistema, tiene personal las 24 horas del día, obteniendo con esto una confiabilidad de un 99.9 %, pero no por eso de dejará de aplicar el mantenimiento al equipo.

En el caso en que se deseé contratar un servicio de mantenimiento y para evitar la suspensión del servicio hay que tomar en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Tiempo de falla.
- 2.- Tiempo promedio de la reparación.
- 3.- Confiabilidad de la empresa contratada.

**Si bien los puntos son de suma importancia , también deben considerarlas aspectos que se encuentren dentro las instancias legales en el marco de las telecomunicaciones como son:**

- 1.- Actualización de permisos y contratos ante la S.C.T.**
- 2.- Revisiones periódicas de costos de las telecomunicaciones.**
- 3.- Mantenerse informado de los cambios en la tecnología VSAT para futuras mejoras.**

**Estos han sido los criterios importantes a considerar para la instalación y uso de un sistema de comunicaciones VSAT, recuérdese que lo anteriormente expuesto puede servir como ayuda u orientación a personas que desean hacer uso de una tecnología como lo es VSAT aumentando la eficiencia de su compañía.**

## CONCLUSIONES.

Toda compañía competitiva requerirá siempre de medios de comunicación que cubran sus necesidades actuales y futuras, cuando ésta empieza a crecer tiene la necesidad de actualizar o modernizar entre otras cosas sus sistemas de comunicación, es entonces, cuando se encuentra ante la necesidad de consultar sobre tecnologías más avanzadas que sustituyan a la actual logrando obtener con esto calidad en sus servicios, concentración de las comunicaciones nacionales e internacionales en un solo medio y presencia de la empresa entre otras cosas.

La importancia de trabajar en ambiente red arroja ventajas diversas como son: compartir recursos, compatibilidad de equipos, distribución de hardware y aplicaciones complementarias.

El sistema VSAT es una tecnología que puede solucionar muchos de los problemas de comunicaciones en una empresa,

La importancia de contar con sistemas de comunicación actualizados es primordial, ya que esto representa para la empresa el seguir siendo competitivo o no, debido a esto, se presenta a continuación una descripción del sistema VSAT como una alternativa dividiendo sus principales partes en:

- **Estaciones VSAT remotas:** Equipadas con antenas de diámetros pequeños (no mayores a 2.4 metros) en donde la elección del tamaño dependerá de las aplicaciones, así como de unidades internas o de procesamiento con su línea de transmisión.
- **Estación central maestra:** Donde se realizan funciones de enrutamiento y administración de la red.
- **Satélite de comunicaciones:** Encargado de enlazar las comunicaciones entre los elementos descritos.

Por otra parte las ventajas directas de estos sistemas son:

- Son de fácil instalación.
- Pueden ser empleados para varios fines como vídeo, voz, y datos.
- Manejan amplios volúmenes de información de manera rápida y confiable.
- Cubren amplias zonas geográficas.
- Soportan varias técnicas de acceso. (TDMA, CDMA, ALOHA)
- Soportan protocolos como el X.25, SDLC.
- Soportan estándares de nivel físico como RS-232 entre otros.

Como complementación se presenta una serie de criterios para adquirir y operar esta tecnología tomando punto que van desde

**los factores de fuerza motriz o que muevan a la empresa a comprar servicios o equipos sofisticados de comunicaciones, comparación de proveedores, hasta la propia instalación.**

**El trabajo en general aporta la manera en que se puede conocer una forma viable de resolver las comunicaciones en una empresa, siendo éstas tan esenciales en los actuales tiempos donde la información fluye a grandes volúmenes. Empleando la comunicación vía satélite se pueden reducir tiempos de transmisión y costos.**

## BIBLIOGRAFÍA

Walter, L Morgan, Comunications Satellite Handbook, ed. Wisley Interciencia.

Eugene Cacciamani, Colloquium on VSAT Satellite Communications, March 11, 1990.

Jame Martín, Comunicactions Stellite System, ed. Prentice Hall.

Tri. Ha, Digital Satellite Communications, ed. Mc-Graw-Hill, 2ª edición.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Manual sobre telecomunicaciones por satélite (Servicio fijo de satélites). Ginebra, 1985.

Antonio Cebrain Ruz, Eduardo Borraz Faci, Guía práctica de comunicaciones y redes locales, Colección: Informática de gestión, ed. G-G.

Don L. Cannon, Gerald Lucke, A fondo, sistemas de comunicaciones, Ediciones araya multimedia, 1988 España.

**Nestor González Sainz, Comunicaciones y redes de procesamiento de datos, ed. Mc-Graw-Hill.**

**Neri Vela Rodolfo, Satélites de Comunicaciones, ed. Mc-Graw-Hill.**

**Secretaria de Comunicaciones y Transportes (S:C:T), Sistema de Satélites Solidaridad**

**Revista TELEDATO, Órgano de información tecnológica Telecom, obra 223, 1993.**