



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SATELITES EN ORBITA NO GEDESTACIONARIA.
ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS
PRINCIPALES SISTEMAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA ELECTRONICA

P R E S E N T A N:

GERARDO ENRIQUE ISUNZA DIAZ
KORCHAGUIN JIMENEZ CALVO



283480

DIRECTOR DE TESIS:
ING. LUIS G. CORDERO BORBOA

MEXICO, D. F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

No se puede decir mucho cuando hay tanto que agradecer, el sentimiento hacia todos ustedes, ustedes lo conocen mejor de lo que cualquiera pudiera entender, baste mencionarlos para que sepan todo lo que les agradezco y valoro su compañía y apoyo, se que no hará falta decir nada mas.

A aquellos que por mi descuido, mas que por falta de reconocimiento no los he mencionado, bueno entiendan que unas horas no me bastan para recordar y agradecer tantas cosas y personas buenas que la vida me ha dado.

Todo mi agradecimiento, cariño y respeto hacia ustedes...

Mama

Papa

Erie

Abuela Irene

Abuela Chayo

Milenko y Kevin

Tios: Hugo, Miguel, Gustavo, Alejandro, Angélica, Soledad, Teresa

Julisa

Gerardo, Migue, Edgar, Mao, Joe

Alberto Robles

Mis maestros

Korchaguin

A mi madre, por haberme heredado una excelente educación, por todo el amor y dedicación en su apoyo durante toda mi vida profesional. Por todas las noches de desvelo y preocupación y principalmente por su firmeza y tenacidad en su afán por formar un hombre.

A mi padre, por ser siempre mi principal apoyo, ejemplo e inspiración. Por su fuente inagotable de conocimientos compartidos. Por su entrega para sacar adelante una familia. Por ese inmenso amor y por los innumerables y bellos momentos vividos a su lado. Por ser el mejor padre.

A mis hermanas: Adriana por ser mi mejor amiga y mi confidente. A Lorena por todos sus cuidados y por su ejemplo de dedicación. A Laura por su eterna compañía.

A Miguel por ser como un hermano durante los mejores años de mi vida, por su incondicional amistad en los buenos y malos momentos, por todas las vivencias y por ser una persona admirable, un ejemplo. A Korchaguin, amigo y compañero de muchos años, fuerte eslabón en la cadena de mi vida. A Olivia, Edjar, Mau y Joe.

A todos los maestros y profesores que compartieron su sabiduría. A cada una de las escuelas por las que pase.

A todas aquellas personas no mencionadas, amigos y familiares, que me han apoyado e impulsado.

A dios, por la oportunidad de ser y agradecer.

Gerardo

CONTENIDO

1. CASO DE ESTUDIO

1.1	Objetivo	1
1.2	Requerimientos de Negocios	1
1.3	Requerimientos de Comunicación	3

2. TECNOLOGIAS SATELITALES

2.1	Comunicaciones Vía Satélite	6
2.2	Satélites de Orbitas Geoestacionarias	8
2.3	Principales Métodos de Acceso al Satélite	11
2.1.1	Consideraciones de Ingeniería	14
2.1.2	Método FDMA	16
2.1.3	Método SCPC-DAMA	17
2.1.4	Método TDM/TDMA	20
2.1.5	Método CDMA	23
2.1.6	Método de Acceso Múltiple por División en el Tiempo con Conmutación en el Satélite	24
2.4	Satélites de Orbitas no Geoestacionarias	25
2.5	Sistemas GMPCS	27

3. DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE SATELITES NO GEOESTACIONARIOS

3.1	Sistema Global Star	28
3.2	Sistema Teledesic	41
3.3	Sistema Iridium	50
3.4	Sistema Ico	57
3.5	Sistema Leo One	66

4. COMPARACION ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS SATELITALES

4.1	Comparación Tecnológica	74
4.2	Comparación de Servicios Ofrecidos	79
4.3	Comparación de Aplicaciones	84

5. SOLUCION PROPUESTA	
5.1 Análisis del Requerimiento	87
5.2 Diseño de la Solución	91
5.3 Consideraciones para la Implementación	95
6 CONCLUSIONES	100
7 BIBLIOGRAFÍA	103

1. CASO DE ESTUDIO

1.1. OBJETIVO:

Cierto grupo de inversión, requiere de un servicio eficiente de comunicaciones para tres de sus principales empresas que brindan servicios a nivel nacional de Mensajería, Transporte de Pasajeros y Transporte de Carga.

El principal objetivo de esta red de comunicaciones, es el de proporcionar un medio seguro, eficiente y confiable para la transferencia de información entre las oficinas de Cada una de las empresas filiales y el corporativo. De la misma manera, se requiere de un sistema que permita comunicar y ubicar las unidades móviles encargadas del transporte, tanto de pasajeros, como de carga y mensajería.

A continuación se proporciona una descripción de la organización corporativa y de las necesidades de comunicación.

1.2. REQUERIMIENTOS DE NEGOCIOS

Debido a las características del servicio que debe proporcionar la empresa de mensajería, como es el garantizar la entrega del paquete en cualquier parte del territorio nacional, en un lapso no mayor a 24 horas después de solicitado el servicio, se decidió la implementación de un sistema de comunicaciones acorde con las necesidades y calidad del servicio requerido. Esta es la empresa que depende mas del servicio de comunicaciones, ya que para optimizar tanto los tiempos de entrega, como los tiempos de atención a cliente es indispensable una comunicación en tiempo real entre todas las entidades participantes en el proceso de recepción - entrega de paquetes. Existen tres tipos de oficinas: El corporativo, las oficinas estatales y las oficinas regionales.

En el corporativo reside el sistema computarizado de entregas, el cual cuenta con una base de datos y un sistema en el que se capturan todas las entregas asignadas, las cuales son canalizadas y distribuidas por medio de un controlador de comunicaciones y un repetidor que tiene un sistema discriminador de información. Por medio de terminales, los despachadores tienen acceso a la información y así pueden asignar rutas de entrega optimas.

Las oficinas estatales se encuentran localizadas en sitios estratégicos de la república. Estas oficinas están en los aeropuertos y/o en las centrales camioneras y su función principal es la de recibir todos los embarques de cada una de las

oficinas regionales y despacharlos hacia las oficinas estatales de destino. Dependiendo de la zona en la que se encuentre, hay diferente número de oficinas Regionales que dependen de una Oficina Estatal. Estas oficinas tienen mostrador para la recepción de paquetes, donde se capturan datos como dirección de origen y destino del paquete, nombre del destinatario y del remitente así como las características principales del paquete, como son: peso, valor comercial, seguro, etc. Todos estos datos se asocian automáticamente a un código de barras dentro del sistema y desde ese momento este código se utilizara para dar seguimiento al paquete.

Las oficinas regionales tienen la función de recibir y entregar paquetes de las unidades móviles y/o directamente del cliente, por lo que cuentan con el mismo sistema de captura de datos que las oficinas estatales. En las oficinas regionales se almacenan los paquetes y son enviados a las oficinas estatales, ya clasificados y capturados, dos veces por día; así como también se reciben los paquetes a ser entregados correspondientes a la zona en las que están ubicadas.

Cuando un cliente solicita se recoja un paquete en determinado domicilio, este es recogido por una unidad móvil, la cual lo entregará a la oficina regional a la que pertenece. Esta oficina regional, recibe los paquetes y los envía hacia una oficina estatal. La oficina estatal está encargada de recibir todos los embarques de las N oficinas regionales y despacharlos a la oficina estatal de destino. Una vez que llega un embarque a una oficina estatal, esta lo debe despachar a la oficina regional correspondiente la cual lo entregará por medio de las unidades móviles a su destino.

La empresa de mensajería cuenta con camionetas utilizadas como unidades móviles en cada una de las oficinas regionales y avionetas para el transporte entre oficinas estatales. Tanto los autobuses de pasajeros del grupo, como las avionetas, serán utilizados para realizar las entregas entre oficinas estatales. El medio por el cual se haga este traslado será principalmente por medio terrestre, en el caso de que el tiempo de traslado no brinde la oportunidad de entregar el paquete en su destino en el plazo de tiempo establecido, la transportación se realizará por aire.

Necesidades del servicio de mensajería:

- Reducir el número de equivocaciones en cuanto a entregas por medio de un sistema que sea capaz de manejar información más precisa y exacta.
- Evitar el aumento de número de empleados.
- Agilizar la comunicación entre el mensajero y el despachador.
- Reducir la utilización de papel y bolígrafos.
- Garantizar la seguridad de los mensajeros y las unidades móviles.
- Optimizar los tiempos de comunicación y respuesta a clientes.
- Acceso a la base de datos en tiempo real.

1.3. REQUERIMIENTOS DE COMUNICACIÓN.

Una pieza clave para lograr la máxima optimización del sistema de mensajería y transporte, motivo de este estudio, es su sistema de comunicaciones, el cual deberá brindar comunicaciones confiables y rápidas entre todas las entidades participantes en el sistema, ya que esto repercutirá directamente en el tiempo de atención a los clientes y en la calidad del servicio brindado.

El sistema de comunicación deberá de ser integral, es decir cada parte del sistema deberá de ser compatible con todo el resto de él, sin embargo, cada parte tiene diferentes funciones y por lo tanto diferentes necesidades de comunicación, por lo cual es importante primeramente definir las necesidades de una de ellas, con base en sus funciones. Ver Figura 1.

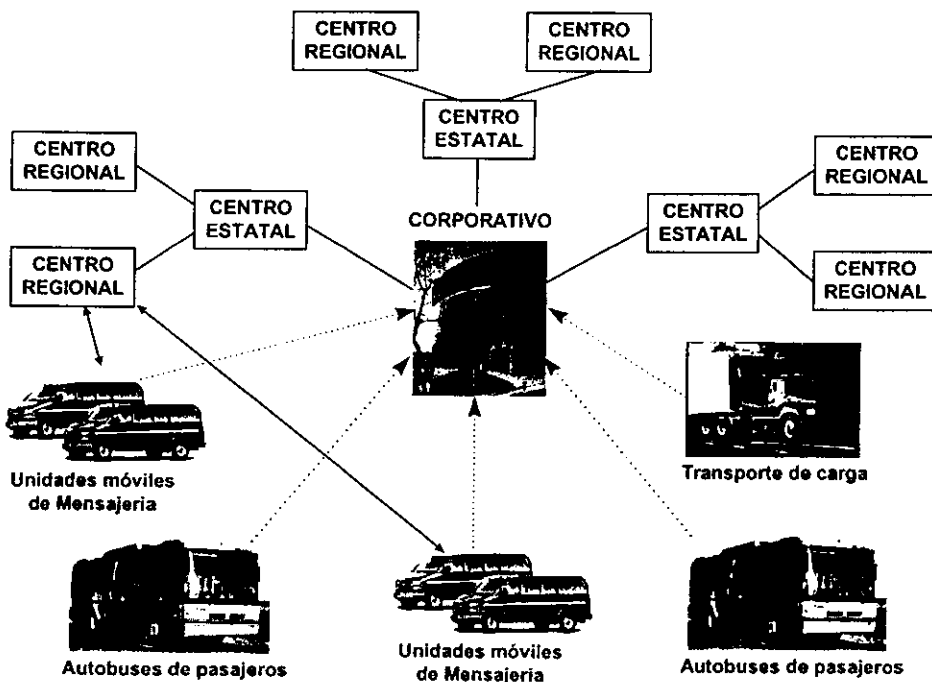


Figura 1: Entidades de la Compañía que Tienen Requerimientos de Comunicación

Corporativo: Esta entidad, como ya se mencionó con anterioridad, será la responsable de procesar y concentrar toda la información del sistema de manera integral y en el menor tiempo posible, por lo cual necesitaría contar con medios mucho más robustos que las oficinas estatales y regionales.

Primeramente, deberá contar con comunicación permanente de voz y datos, en una configuración estrella, hacia los centros estatales, con el fin de que toda la información de estado de los paquetes y despacho de las unidades móviles se propague jerárquicamente en la red. Deberá ser capaz de recibir toda la información a nivel nacional de GPS (Sistema de Posicionamiento Global), tanto de unidades móviles de mensajería, transportes de pasajeros y transporte de carga, ya que en el caso de las unidades móviles de mensajería, esta información permitirá despachar a la unidad más cercana a recoger un paquete, así como para todos los casos asegurar que un vehículo no se salga de ruta, que este a tiempo con su itinerario y poder dar una rápida atención y seguimiento en caso de percance.

Centro estatal: Estos centros como ya se hizo notar en su momento son los que le siguen en importancia al corporativo, éstos estarán comunicados, como ya se dijo, permanentemente, en estrella hacia el corporativo, y a su vez también contarán con comunicación de voz y datos, en estrella hacia los centros regionales, estas líneas de comunicación deberán ser permanentes, aunque de menor capacidad que las que lo comunicarán hacia el corporativo.

Centro regional: Además de la comunicación permanente que tendrán estos centros hacia los centros estatales, deberán contar con un medio de comunicación bidireccional de datos hacia las unidades móviles de mensajería, con el fin de despachar a la unidad asignada a recoger un paquete, con la mayor rapidez y con el menor número de errores posible, este canal de datos manejará muy poco tráfico, por lo que no es indispensable contar con un canal dedicado y será suficiente con un canal de comunicación bajo demanda. Adicionalmente, aunque no es un servicio indispensable, podrá contar con líneas de voz, cuyo uso estará limitado a situaciones imprevistas que no puedan resolverse por medio de las terminales de datos.

Unidades móviles de mensajería: Estos vehículos, primeramente deberán contar con un sistema de posicionamiento global (GPS), el cual enviará al corporativo, información sobre la posición del vehículo. También estará equipada con una terminal de datos, donde se le dará la orden al conductor de donde recoger el siguiente paquete, así como instrucciones adicionales. Al contar con un canal bidireccional, permitirá al conductor enviar pequeños mensajes hacia el centro regional al que esta adscrito. De manera opcional contará con un teléfono, que permitirá tener comunicación solo con su respectivo centro regional.

Autobuses de pasajeros: Estos vehículos, deberán contar con un sistema de posicionamiento global (GPS), el cual enviará información sobre la posición del vehículo al corporativo, además contarán con un pager de dos vías, para atender posibles situaciones de emergencia.

Transporte de carga: Estos vehículos, al igual que los autobuses de pasajeros, deberán contar con un sistema de posicionamiento global (GPS), el cual enviará información sobre la posición del vehículo al corporativo, además contarán con un pager de dos vías, para atender posibles situaciones de emergencia.

En la Tabla 1 se resumen los medios de comunicación con que deberá contar cada entidad de la empresa en orden de importancia:

ENTIDAD	CANALES DE DATOS FIJOS PERMANENTES	CANALES DE VOZ FIJOS (RED PUBLICA)	CANALES DE DATOS MOVILES POR DEMANDA	CANALES DE VOZ MOVILES	GPS	PAGER DE DOS VIAS
CORPORATIVO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
CENTROS ESTATALES	SI	SI	NO	NO	NO	NO
CENTROS REGIONALES	SI	SI	NO	NO	NO	NO
U. MOVILES MENSAJERIA	NO	NO	SI	OPCIONAL	SI	NO
AUTOBUSES PASAJEROS	NO	NO	NO	OPCIONAL	SI	OPCIONAL
TRANSPORTE DE CARGA	NO	NO	NO	OPCIONAL	SI	OPCIONAL

Tabla 1: Necesidades de Comunicación

En la actualidad existen muy diversos medios para establecer los canales de comunicación fijos permanentes de voz y datos entre el corporativo y los centros estatales y estos últimos y los centros regionales. Los principales medios que se tomarán en consideración por su confiabilidad y experiencia, serán RDI y satélite, la decisión final de que medio utilizar dependerá de la disponibilidad de uno u otro y de un análisis que permita determinar que opción es mas viable económicamente.

Sin embargo, en el caso de los sistemas móviles de comunicación requeridos para las unidades móviles de mensajería, autobuses de pasajeros y transporte de carga, aunque también existen muy diversas opciones para proporcionar estos servicios, algunas de estas opciones están limitadas en cobertura y pocas de ellas proporcionan todos los servicios requeridos. Una de las opciones mas viables para proporcionar todos los servicios, es la utilización de satélites de órbita no geostacionaria, a los cuales abocaremos nuestro estudio, pero no sin dejar de explorar otras opciones y hacer un análisis de la solución más viable tanto técnica como económicamente.

Como es de suponerse, no habrá soluciones únicas y perfectas y tendremos que analizar el problema desde diferentes perspectivas, tratando de encontrar las bondades de una u otra solución.

2. TECNOLOGIAS SATELITALES

2.1. COMUNICACIONES VIA SATELITE

Desde el inicio de las comunicaciones por medio de microondas electromagnéticas moduladas en los años 20's, estas han tenido un rápido desarrollo, sin embargo la mayoría de estos sistemas se encontraban restringidos a que los puntos que se iban a comunicar estuvieran en línea de vista, hasta que en la década de los 50's surgió la idea de usar la troposfera e ionosfera para reflejar señales electromagnéticas y poder establecer comunicación entre dos puntos que no se encuentren en línea de vista. La primera versión de esta idea apareció en 1956 con el satélite ECO, el cual era simplemente un balón metálico en órbita el cual únicamente reflejaba las señales electromagnéticas que recibía desde tierra. Con este sistema pudo concretarse la comunicación, pero solo a manera de demostración, a finales de la década de los 50's surgió la propuesta de utilizar satélites activos, es decir con amplificadores y en 1958 pudo llevarse a cabo la primera conferencia telefónica vía satélite. Ver Figura 1.

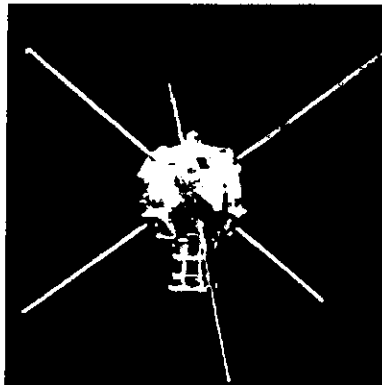


Figura 1: VANGUARD 1

Actualmente los satélites en órbita son parte fundamental en los sistemas de comunicación, a pesar de las nuevas tecnologías terrenas que ofrecen comunicación de grandes flujos de información a menor costo, los sistemas satelitales cada día son mas sofisticados y tienen mas aplicaciones en las telecomunicaciones modernas.

Cada generación de satélites es mas sofisticada que su predecesora y esto ha tenido gran impacto en el desarrollo y capacidad de los sistemas domésticos, militares y de comunicación internacional.

Existen varias formas de comunicación satelital, básicamente: Tierra - Tierra, Tierra - Satélite - Satélite - Tierra y Tierra - Usuario Móvil. Ver Figura 2.

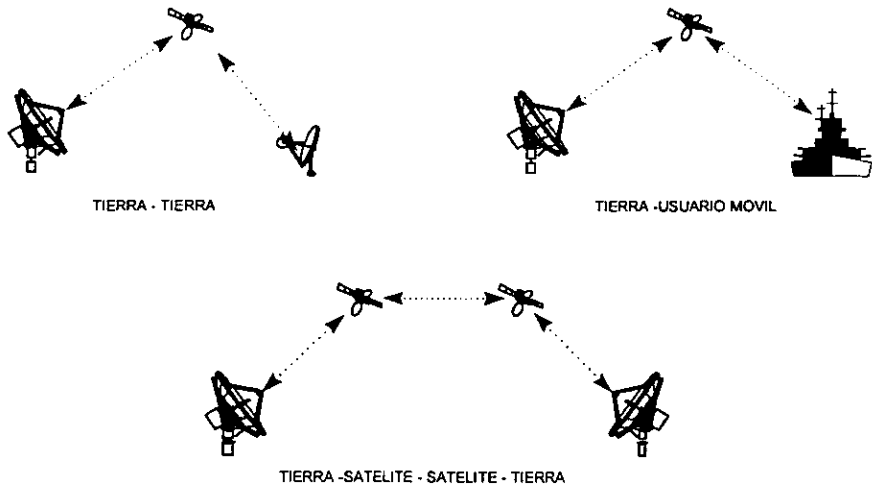


Figura 2: Formas de Comunicación Satelital

Básicamente una comunicación vía satélite trabaja bajo el siguiente esquema, (1) una señal electromagnética modulada se propaga hacia el satélite, (2) el satélite la colecta, la amplifica y por último (3) la señal es retransmitida hacia una o varias estaciones terrenas. El satélite *transmite* la señal de bajada en *respuesta* a la señal de subida, es por esto que al dispositivo encargado de este proceso se le denomina transponder. Ver Figura 3.

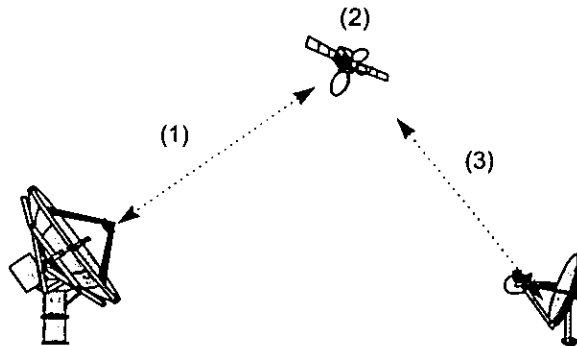


Figura 3: Esquema Básico de Comunicación Vía Satélite

Los sistemas satelitales son usados para una gran cantidad de aplicaciones, actualmente algunas de ellas son para navegación y control de posición, observaciones terrestres, monitoreo climatológico y exploración espacial.

Para los sistemas de navegación varias señales son recibidas simultáneamente por una estación en movimiento y procesadas instantáneamente para determinar su localización y velocidad, esto es la base del sistema GPS (Sistema Global de Posicionamiento) para el cual es necesario que una red de satélites este disponible constantemente para proporcionar las señales requeridas para dar dicho servicio.

2.2. SATELITES DE ORBITAS GEOESTACIONARIAS

Los satélites Orbita Geo-Estacionarias (GEOs, por sus siglas en inglés) son sin duda los más utilizados, los cuales se encuentran en una órbita única, en un plano ecuatorial, a una altitud promedio de 35,786 km. Este tipo de satélites pueden cubrir grandes áreas y pueden ser apuntados por antenas fijas en tierra, por esta razón requieren de grandes potencias tanto en el satélite, como en la estación terrena, así como terminales terrenas de aperturas relativamente grandes. Esto ha tendido a mejorar con el paso de los años y la evolución tecnológica, sin embargo hay desventajas inherentes a la naturaleza de estos sistemas y que por tanto son insuperables, como por ejemplo el retardo en las comunicaciones y la falta de cobertura en las regiones polares, esto aunado a la complejidad, altos costos y riesgos en los lanzamientos de los satélites. Ver Figura 4.

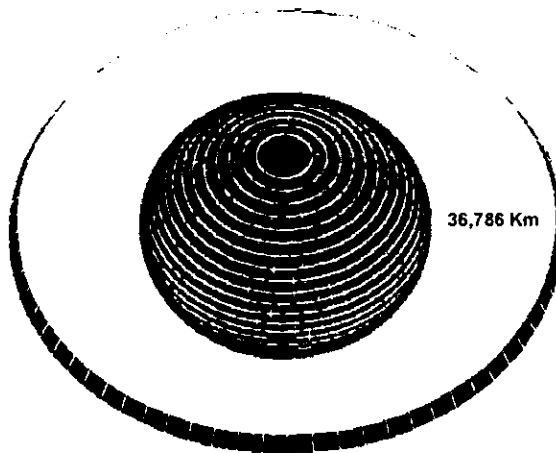


Figura 4: Órbita Geoestacionaria

En esencia, el diseño de un sistema satelital, involucra diversos parámetros tanto de la estación terrena, como del satélite. Las pérdidas por espacio libre, son prácticamente constantes. Los parámetros más importantes en el diseño son la relación G/T , es decir, la relación entre la ganancia del subsistema receptor y la temperatura de ruido del sistema, y el PIRE (Potencia Isotrópica Efectiva Radiada), tanto de la estación terrena, como del satélite. Estas son determinadas por las ganancias de las antenas, temperatura de ruido en el sistema receptor y potencia en el transmisor, así como algunas variables de diseño de ambos. Ver Figura 5.

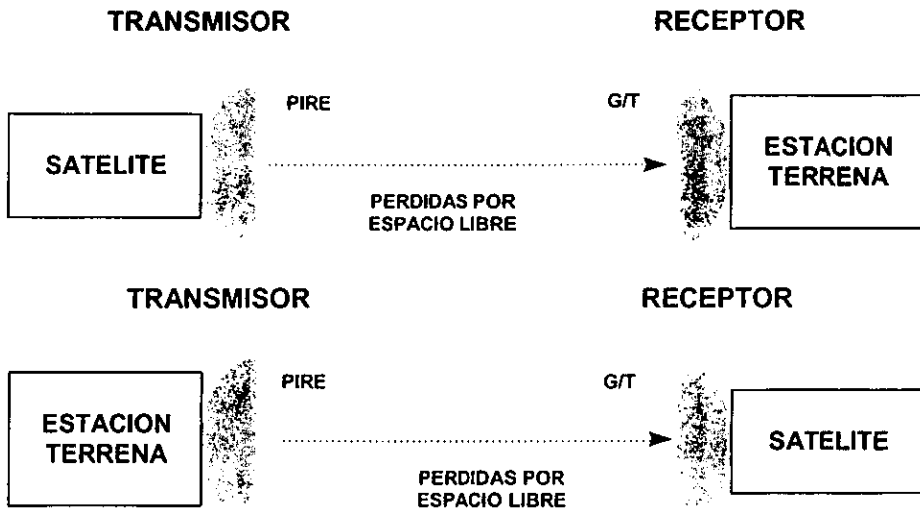


Figura 5: Principales Parámetros de Diseño

Cada diseño de un sistema de comunicación satelital representa una solución de la relación costo/desempeño requerido por dicho sistema, tomando en cuenta la población estimada de terminales, es decir, el desempeño y los costos de un sistema van íntimamente ligados, por lo que el diseño de un sistema satelital estará justificado cuando los costos, para cada usuario final, para cada estación terrena, sean menores al beneficio obtenido por el sistema. Esta es una situación muy común en ingeniería.

En sus inicios, los satélites eran pequeños y con desempeños sumamente pobres, los cuales daban servicio, a unas cuantas estaciones terrenas extremadamente grandes y costosas. Con el tiempo, los satélites, son cada vez mejores en funciones y tamaño, como es el caso de los satélites Mexicanos (Morelos I y II,

Solidaridad I y II y próximamente SATMEX V), las estaciones terrenas, han disminuido su tamaño pero se han incrementado en número y este crecimiento ha permitido absorber los costos de las mejoras a los satélites.

Recientemente ha sido introducido un nuevo concepto en telecomunicaciones: Sistemas de Comunicación Personal (PCS, por sus siglas en inglés), no es difícil entender el concepto al que se refieren estos sistemas, buscan terminales portátiles, móviles y de fácil manejo. Para el caso de un sistema satelital, esto quiere decir, tener antenas muy pequeñas, terminales con salidas de muy baja potencia y alta temperatura de ruido. Básicamente existen tres soluciones genéricas al problema, las cuales analizaremos a continuación.

La primera solución es mejorar el desempeño de los sistemas en banda L de los GEOs, de manera que sea adecuado a las terminales muy pequeñas, aunque los avances en este sentido han sido grandes, sistemas como INMARSAT, han logrado reducir drásticamente sus terminales (Mini M, Mini P), las principales limitantes son la temperatura de ruido del sistema de recepción del satélite y la potencia de transmisión del satélite, la cual esta limitada por la capacidad de las fuentes de alimentación del satélite, las cuales a su vez están limitadas por su masa.

Si dividiéramos la cobertura de un satélite GEO en células, utilizando re-uso de frecuencias, reduciendo el número de células y aumentando la ganancia de las antenas, es decir su tamaño, podríamos mejorar tanto la relación G/T como el PIRE. Sin embargo el tamaño de las antenas estaría limitado por la capacidad del vehículo de lanzamiento, la masa, complejidad y costos que esto involucra. En conclusión, mejorar la relación G/T y el PIRE de un satélite GEO, con el consiguiente aumento en masa que esto involucraría para el satélite, no es la solución con mejor costo/beneficio para el diseño de un sistema PCS via satélite.

La segunda solución, es utilizar bandas de frecuencia, en las cuales se tenga una alta ganancia en las antenas, por ejemplo en banda Ka (26-40 GHz), pueden lograrse ganancias de 20 a 25 dB en antenas portátiles. El uso de estas frecuencias, puede hacerse en los satélites GEO, mediante sistemas celulares, con arreglos de antenas pequeñas de poca masa. Sin embargo hay que hacer notar que las pérdidas por espacio libre, aumentan considerablemente al aumentar la frecuencia de operación, además existen varios impedimentos, como son, la baja eficiencia de potencia de los transmisores de banda Ka, la dependencia del clima para el desempeño del enlace, lo costoso de la tecnología en banda Ka, la incompatibilidad con los estándares terrestres para sistemas PCS y principalmente el riesgo a la seguridad personal ante la radiación en estas frecuencias.

La tercera solución consiste en reducir las pérdidas por espacio libre, acercando los satélites a las terminales, es decir colocando los satélites en órbitas mas bajas que las geoestacionarias, aunque esta solución reduce las perdidas por espacio libre así como el retardo en las comunicaciones, presenta también algunas desventajas.

Para cubrir la misma área que un GEO, es necesario colocar arreglos de satélites no geoestacionarios, el control y la telemetría de estos sistemas es mucho más complejo que en los GEOs, además para estos sistemas, el corrimiento en frecuencia por efecto Doppler, debe ser considerado para los cálculos de enlace, pero a pesar de esto, esta solución es la que tiene más potencial para reducir el costo de los PCS vía satélite, como lo veremos más adelante cuando analicemos algunos de estos sistemas que prestarán sus servicios en los próximos años, como IRIDIUM, TELEDESIC, GLOBALSTAR, Etc.

2.3. PRINCIPALES METODOS DE ACCESO AL SATELITE

El canal de una sola estación terrena puede ocupar completamente el transponder de un satélite. A este modo de operación se le denomina *Acceso único*. También es posible y más común, que un transponder sea utilizado por un número N de portadoras, las cuales pueden ser originadas por estaciones terrenas separadas geográficamente y cada estación terrena puede transmitir una o más de las portadoras. Este modo de operación es llamado *Acceso Múltiple*. La necesidad del acceso múltiple se debe a que por lo general, más de dos estaciones terrenas estarán dentro del área de servicio del satélite. Estas áreas de servicio están delimitadas por haces puntuales, los cuales provienen de las antenas del satélite y cubren áreas de cientos de kilómetros.

Los métodos más comúnmente usados de Acceso múltiple son Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés) y Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés). Estos métodos son análogos a los de Multiplexado por División de Frecuencia (FDM, por sus siglas en inglés) y Multiplexado por División de Tiempo (TDM, por sus siglas en inglés). Sin embargo Acceso Múltiple y Multiplexado son conceptos diferentes; Multiplexado es esencialmente una característica de Transmisión, mientras que, Acceso Múltiple es una característica de tráfico.

Una tercera categoría de Acceso múltiple es el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, por sus siglas en inglés). En este método, cada señal es asociada a un código particular que es usado para expandir la señal en frecuencia y/o tiempo. Tales señales serán recibidas simultáneamente en una estación terrena, pero por el uso de una clave para ese código, la estación terrena puede recobrar la señal deseada por medio de correlación. El resto de las señales que ocupan el transponder se presentan como ruido aleatorio a la correlación del decodificador. CDMA se divide en dos subconjuntos Acceso Múltiple por Espectro Expandido (SSMA, por sus siglas en inglés) y Acceso Múltiple por Dirección de Pulsos (PAMA, por sus siglas en inglés)

Bandas de Frecuencia para Acceso a Satélites: El espectro electromagnético de frecuencias es mostrado en la Tabla 1 junto con las bandas de frecuencia

designadas. Las frecuencias utilizadas para las comunicaciones vía satélite son seleccionadas a partir de las bandas que son más favorables en términos de eficiencias de potencia, distorsiones de propagación mínimas, y efectos reducidos de distorsión e interferencias.

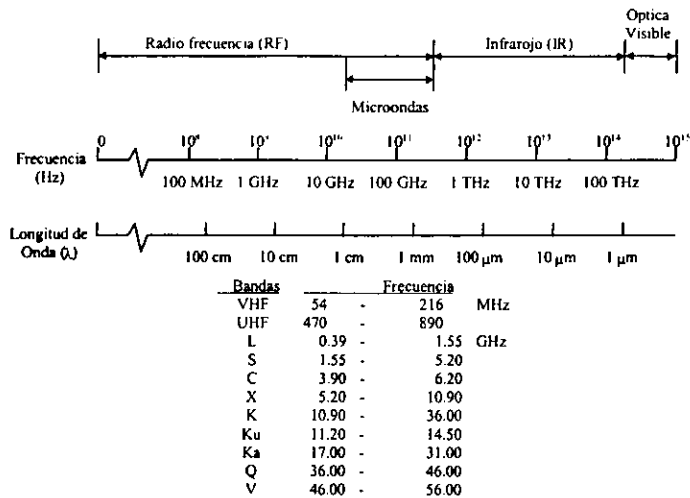


Tabla 1. Espectro Electromagnético de Frecuencias y Bandas Designadas

Estas condiciones tienden a forzar la operación en regiones de frecuencias particulares que proporcionan la mejor relación entre estos factores. Desafortunadamente los sistemas terrestres (tierra a tierra) tienden a favorecer estas mismas frecuencias. Por lo tanto, debe existir cierto interés en lo que concierne a los efectos por interferencia entre los sistemas terrestres y satelitales. Además, el espacio en sí mismo es un dominio internacional, así como lo son el espacio aéreo internacional y los océanos, y el uso de satélites desde el espacio debe ser compartido y regulado sobre una base global. Por esta razón, las frecuencias a ser utilizadas por los satélites son establecidas a través de un organismo internacional conocido como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU - *International Telecommunications Union*), con regulaciones difundidas y controladas por un subgrupo conocido como la Conferencia de Radio Administrativa Mundial (WARC - *World Administrative Radio Conference*). Un comité técnico consultivo internacional (CCIR) proporciona recomendaciones específicas sobre las frecuencias satelitales bajo consideración de la WARC. El objetivo básico de estas agencias es ubicar bandas de frecuencia particulares para diferentes tipos de servicios satelitales así como proporcionar regulaciones internacionales en las áreas de máximos niveles de radiación desde el espacio, coordinación con los sistemas terrestres, y el uso de localidades

satelitales específicas en una órbita dada. Junto con estos repartos y regulaciones, un país individual que opera su propio sistema de satélite doméstico, o quizá un consorcio de países operando un sistema de satélite internacional común como INTELSAT, puede realizar sus propias selecciones de frecuencias basadas en las intenciones de uso así como de los servicios satelitales deseados.

Las bandas de frecuencias ubicadas para propósitos específicos de comunicaciones se resumen en la Tabla 2, indicando el uso primario de estas bandas en los Estados Unidos. El uso de estas frecuencias ha sido dividido en aplicaciones militares, comerciales y científicas, con ubicaciones específicas para enlaces ascendentes y descendentes. Los servicios satelitales han sido designados como puntos fijos (entre estaciones terrenas localizadas en puntos fijos sobre la Tierra), difusión (transmisión simultánea a varias estaciones esparcidas sobre un área de gran cobertura), y móvil (vehículos terrestres, barcos y aviones). El enlace Intersatélite se refiere a enlaces entre satélites en órbita.

Banda de Frecuencias	Frecuencia (GHz)		Localización en los Estados Unidos
	Enlace Ascendente	Enlace Descendente	
UHF	0.821 - 0.825 0.845 - 0.851	0.866 - 0.870 0.890 - 0.896	Servicios de Satélite Móvil
Banda L	1.631 - 1.634	1.530 - 1.533 1.575 1.227	Servicios Móviles GPS GPS
Banda S	2.110 - 2.120	2.290 - 2.300	Investigación espacial
Banda C	5.9 - 6.4	3.7 - 4.2	Fijo, punto a punto no militar
Banda X	7.145 - 7.190 7.9 - 8.4	8.40 - 8.45 7.25 - 7.75	Investigación espacial Solamente Militar
Banda Ku	14.0 - 14.5	11.2 - 12.2	Difusión, fijo no militar
Banda Ka	27 - 30 30 - 31 34.2 - 34.7	17 - 20 20 - 21 31.8 - 32.8	Sin asignar Sin asignar Investigación espacial
Banda Q	50 - 51	40 - 41 41 - 43	Punto fijo, no militar Difusión, no militar
Banda V		54 - 58 59 - 64	Intersatélite Intersatélite

Tabla 2. Bandas de Frecuencias para Satélite

La mayoría de la tecnología satelital en los comienzos fue desarrollada para las bandas de UHF, C y X, las cuales requieren de una conversión mínima entre los sistemas existentes de microondas. Sin embargo, se esperan problemas muy críticos en estas áreas. El problema principal es que el ancho de banda disponible en estas bandas es ahora inadecuado para alcanzar a las necesidades de tráfico presentes y futuras. Aún más, la interferencia entre varios sistemas satelitales independientes, y entre los sistemas satelitales y los de microondas terrestres existentes, se tornarán más críticos conforme se vayan poniendo en órbita satélites adicionales. La coordinación entre sistemas independientes será difícil de

mantener. También se puede presentar una congestión orbital seria en las órbitas más favorables para los sistemas que operan en banda C y banda X. Por estas razones existe un interés continuo en la extensión de la operación en bandas más altas como las bandas K y V. En la mayoría de los casos esto significa un desarrollo adicional en la tecnología y de la electrónica, una investigación extensa en la propagación atmosférica a estas frecuencias, pero la operación extendida tiene las ventajas de contar con más ancho de banda espectral, interferencia terrestre despreciable, y espaciamientos orbitales menores.

Una ventaja inmediata y obvia al utilizar una portadora a una frecuencia más grande es la habilidad de modular más información (anchos de banda mayores) sobre ella. Si suponemos que el ancho de banda que puede ser modulado sobre una portadora es un porcentaje fijo de esa frecuencia portadora, entonces una portadora operando a 30 GHz puede portar cinco veces la información de una portadora en banda C. Por lo tanto mientras que la banda C en los sistemas satelitales puede proporcionar anchos de banda de 500 MHz (alrededor del 10% de la frecuencia de la portadora), una frecuencia portadora en banda K podrá proyectar cerca de 2.5 GHz de ancho de banda modulado. Un incremento en esta proporción tendría un impacto significativo en la eficiencia de costo y capacidades de un enlace satelital.

2.3.1. CONSIDERACIONES DE INGENIERIA

Un diseñador de sistemas tiene que tomar la decisión en cuanto a que tipo de método de acceso es el óptimo para cumplir con los requerimientos de los servicios de comunicaciones a ser proporcionados. Para decidir qué método de acceso es el mejor, diversos factores deberán ser considerados. Los factores que normalmente son empleados para evaluar la efectividad de la técnica de acceso múltiple para una aplicación en particular son:

Capacidad: La capacidad de un sistema de acceso múltiple usualmente se define en términos del número de canales de voz/o datos de una calidad específica, que puede obtenerse usando la potencia y el ancho de banda de un solo transponder. Generalmente para seleccionar un sistema, el de más alta capacidad es el más deseable. Sin embargo, los requerimientos de la red del sistema pueden originar la selección de un sistema que proporcione una capacidad total menor, pero con una alta eficiencia en costos.

Potencia de RF y ancho de banda: La potencia y el ancho de banda son los recursos fundamentales del enlace de RF satelital. La potencia y el ancho de banda disponible en un sistema de comunicaciones vía satélite se refleja directamente en sus costos. Para usar la potencia y el ancho de banda disponibles eficientemente, un sistema de acceso múltiple deberá ser diseñado para limitar simultáneamente la potencia y el ancho de banda del satélite.

Interconectividad: La geometría de la red para varios servicios de comunicaciones dictan los requerimientos de interconectividad. Redes que incluyen enlaces punto a punto pueden estar subordinados en forma económica por otras técnicas de transmisión de ancho de banda amplio, tales como fibras ópticas. Sin embargo, en una geometría multinodal, la capacidad de una técnica de acceso múltiple para proporcionar interconectividad entre diversos usuarios a diferentes velocidades de datos y diversos niveles de calidad, los satélites siempre serán el método más eficiente y económico.

Adaptabilidad al crecimiento: Puesto que la inversión para el equipo de acceso múltiple puede ser una parte significativa del costo del sistema terrestre, los diseñadores del sistema deben considerar la posibilidad de que la técnica elegida sea adaptable al crecimiento de tráfico, así como a los cambios en los patrones de tráfico.

Acomodo de servicios múltiples: El desarrollo de las telecomunicaciones modernas descansa fundamentalmente en las transmisiones digitales y de multiservicio. El uso de redes digitales integradas (RDI), implica que servicios múltiples tales como voz, datos e imágenes, comparten las mismas facilidades de transmisión. Los sistemas de acceso múltiple deben ser diseñados para acomodar servicios de RDI.

Interface terrestre: La interconexión con las facilidades terrestres existentes que proporcionan el "último kilómetro" entre una estación terrena y el usuario, es extremadamente importante para la efectividad económica y técnica del sistema de acceso múltiple. Entre más interconexiones digitales existan, es más atractivo el empleo de usos completamente digitales.

Seguridad en la comunicación: Aún cuando en el pasado las consideraciones de seguridad habían sido relegadas a las aplicaciones militares, los sistemas comerciales de comunicaciones vía satélite deben enfrentar el problema de proteger la confidencialidad de los datos de la corporación o del gobierno en un medio de comunicaciones por satélite que es vulnerable a la recepción no autorizada.

Efectividad en los costos: El costo de la implementación por un canal de acceso múltiple, es una importante consideración para los ingenieros en sistemas. Debido al desarrollo dramático de las comunicaciones digitales en años recientes, los costos de los equipos continúan decreciendo. Sin embargo, algunas técnicas analógicas continúan siendo más económicas en ciertas situaciones.

2.3.2. METODO FDMA

Sus siglas significan: Acceso Múltiple por División de Frecuencia lo que significa que, si el ancho de banda total del satélite es de 500 MHz este se divide en varios transponders, normalmente en ranuras de 36 MHz (Banda C). Esto significa que el amplificador de cada transponder puede cursar una gran cantidad de información que ocupe en total un ancho de banda de 36 MHz. Sin embargo, cada estación terrena que transmite desde la Tierra no tiene necesariamente un tráfico de información que ocupe este ancho de banda en su totalidad y que pueda enviar con una sola frecuencia portadora determinada.

Para explicar esto podríamos pensar que por ejemplo en una ciudad importante, existiera tal cantidad de tráfico de larga distancia, que el bloque resultante sumara un ancho de banda de 36 MHz, en cuyo caso ocuparía todo un transponder del satélite. De ser así, solamente habría una frecuencia portadora presente en el amplificador de potencia correspondiente y no se produciría ruido de intermodulación; lo cual permitiría aprovechar al máximo la potencia de salida del amplificador. Pero esto sería un caso especial, que en la práctica no se ve muy frecuentemente.

Regresando al ejemplo de la gran ciudad, supóngase que la ciudad principal a la que designaremos para propósitos del ejemplo como "A", y consideramos otras dos ciudades de mediana y pequeña envergadura como "B" y "C" respectivamente. Está claro que si las tres transmitieran información al satélite simultáneamente, deberían hacerlo a una frecuencia distinta cada una para evitar una distorsión por interferencia. Si el ancho de banda necesario por cada portadora perteneciente a cada ciudad fuera cercano a los 36 MHz, entonces cada ciudad ocuparía un transponder completo como se observa en la Figura 6. Esta forma de uso simultáneo del transponder por varias estaciones terrenas, estén o no situadas en la misma ciudad, recibe el nombre de acceso múltiple por división en frecuencia o FDMA, por sus siglas en inglés (*Frequency Division Multiple Access*), ya que el espectro radioeléctrico del transponder se divide en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas. La configuración es rígida e invariable, pues cada estación debe transmitir siempre con la misma frecuencia de portadora central, y es válida cuando se garantiza que el ciclo de servicio de dicho enlace será cercano al 100% cada hora, por esta razón también se le llama acceso múltiple por división de frecuencia con asignación fija. Es claro que la aplicación de este método se visualiza para sistemas comerciales de alta capacidad, aunque puede haber otras variantes.

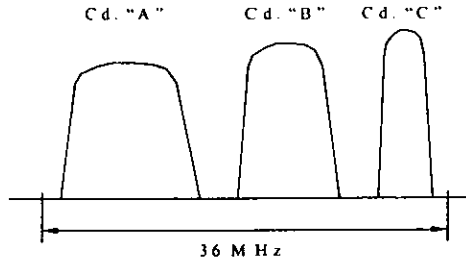


Figura 6: Espectro de un sistema que utiliza el método de acceso múltiple FDMA

Sin embargo, ¿qué sucede cuando el tráfico generado en los puntos geográficos que comparten un transponder es esporádico, o no asegura un ciclo de servicio cercano al 100% por hora?. Sucedería que la capacidad del transponder en cuestión no se estaría aprovechando eficientemente si se utilizara el método FDMA, por lo tanto aquí convendría utilizar alguna variante de este método basada en la demanda del canal. Algunos de estos métodos son los conocidos como *acceso múltiple con asignación por demanda* conocido como DAMA (Por sus siglas en inglés, *Demand Assignment Multiple Access*) o una variante de este último conocido como ancho de banda por demanda o BOD (Por sus siglas en inglés, *Bandwidth On Demand*)

Por último aclararemos que este método FDMA así como sus variantes DAMA y BOD, se utilizan principalmente para canales de alta capacidad. En el caso de las redes de datos que utilizan canales de baja velocidad (velocidades típicamente por debajo de los 64 Kbps) se prefieren otros métodos que utilizan el acceso múltiple por división de Tiempo o TDMA (*Time Division Multiple Access*).

2.3.3. MÉTODO DE ACCESO SCPC-DAMA

El método de acceso DAMA, se utiliza para implementar redes de voz y/o datos, en estrella o malla, economizando ampliamente los recursos satelitales.

Topología de una Red DAMA

En este tipo de red, existe un nodo controlador, y nodos subordinados, como aparece en la Figura 7. Este método de acceso utiliza la técnica SCPC (Por sus siglas en inglés, *Single Channel Per Carrier*), estableciendo una conexión entre

dos abonados, mediante la emisión de dos portadoras. De lo anterior podemos observar que un circuito de comunicación, se establecerá mediante un par de portadoras.

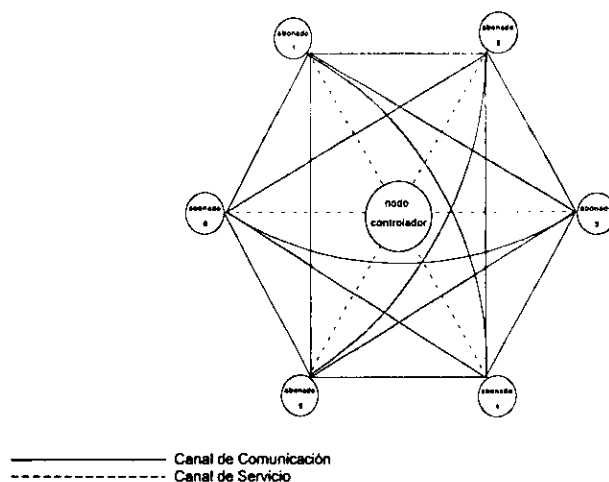


Figura 7: Topología de una red DAMA

Para utilizar el método de acceso DAMA, es necesario reservar ante el administrador del satélite, un espacio en el cual puedan transmitirse un grupo de portadoras del tipo SCPC.

En este tipo de redes es importante aclarar que el número de abonados (consideraremos un abonado por cada canal de comunicación) normalmente es mayor que el número de conexiones simultáneas que puedan establecerse en un momento dado o lo que es lo mismo el número de nodos, es menor al número de portadoras SCPC disponibles.

Método de Acceso DAMA

La forma de establecer la comunicación entre dos nodos, es como sigue: Cada nodo de la red (puede ser una estación VSAT o una estación maestra, HUB), solicitará al nodo controlador o controlador primario (que no es un abonado, sino el administrador), mediante un canal de servicio (llamado comúnmente Canal de Señalización Común (CSC, por sus siglas en inglés) el cual es básicamente un enlace TDMA, mismo que consiste de una portadora que va del HUB a las VSATs - *outbound*, y otra portadora que va de las VSATs al HUB - *inbound*), un circuito bidireccional para establecer una conversación telefónica. Los datos comunicados

a través del CSC que transmite el abonado solicitante, contienen el comando de solicitud del canal, más la dirección del abonado llamante así como la dirección del abonado llamado, en algunos casos, también contiene información concerniente a las condiciones del interface terrestre (por ejemplo si se trata de señalización - 2W ó 4W, tipo de marcación - tonos o pulsos, etc., en el caso de voz).

Una vez que la solicitud del abonado llamante llega al nodo controlador, éste procesa dicha solicitud, y si existe un par de frecuencias disponibles, envía de regreso el valor de ambas portadoras al abonado llamante, así como también al abonado llamado (desde luego con la correspondencia de transmisión recepción cruzada entre los dos nodos: Tx_llamado Rx_llamante, Rx_llamado=Tx_llamante). El retorno de información a cada nodo involucrado, se realiza a través de la portadora de *outbound* del CSC.

Este método (DAMA), como ya mencionamos, se apoya en un enlace de servicio (CSC) con características de acceso múltiple similar al TDMA. La razón de utilizar un método del tipo TDMA para establecer el enlace del CSC, es porque existe una sola portadora (*outbound*) transmitida en TDM continuo desde el controlador de DAMA principal (CDP) en la estación maestra, hacia los controladores de DAMA secundarios (CDS) en los sitios remotos, y una sola portadora de *inbound* transmitida desde los CDSs hacia el CDP en ráfaga (a través de un equipo adicional en la estación maestra conocido como módem CSC) por lo tanto en una red con múltiples CDSs, este CSC debe ser compartido en tiempo, por estos mismos.

A su vez este canal de servicio CSC, con acceso en TDMA, establece enlaces de nivel 2, entre cada nodo de abonado (VSAT o HUB) y el nodo primario, mediante la implementación de un control de acceso al medio MAC (Por sus siglas en inglés, *Media Access Control*) y un control de enlace lógico (LLC - *Logical Link Control*), mismo que generalmente consiste de un protocolo específico de comunicación satelital. De aquí que se adopte la siguiente nomenclatura para nombrar a cada nodo que interviene en la red de DAMA: Al nodo principal, o sea aquél que realizará el *poleo* a los nodos de la red DAMA, mediante la emisión de comandos del tipo HDLC, le llamaremos, haciendo una analogía con este tipo de protocolos síncronos, controlador "primario" (CDP), y a los nodos de la red (HUB o VSATs) o abonados, les llamaremos controladores "secundarios" (CDS). Figura. 8.

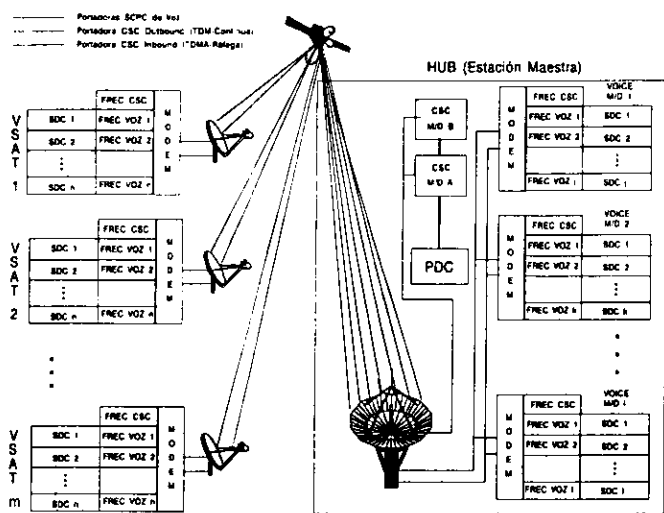


Figura 8: Diagrama a bloques y esquema de transmisión de una red DAMA de voz

Así los comandos y respuestas, que actúan como MAC, se manejan a través del CSC, pero la señalización propiamente dicha (por ejemplo: tonos de marcación, tono de invitación a marcar, tono de ocupado, etc.) se maneja a través del módulo de interface local.

De acuerdo a la explicación anterior, notaremos que cuando un abonado realice una solicitud de canal (par de portadoras) y no se encuentre disponible ninguno, el CDP enviará esta negativa mediante un comando al abonado solicitante, mismo que de manera local (ya sea HUB o VSAT) generará el correspondiente tono de ocupado. De manera análoga, cuando el abonado solicite un canal al CDP, y dicho canal se encuentre disponible, después que el CDP haya comunicado el valor de frecuencia del canal (Tx y Rx), los modems (HUB o VSAT) transmitirán su portadora con el fin de sincronizarse entre sí y establecer el enlace, una vez cumplidas estas etapas, en la interfase del nodo llamado se genera el aviso de llamada.

2.3.4. MÉTODO TDM/TDMA

El método TDM/TDMA, Multiplexaje por División de Tiempo/ Acceso Múltiple por División de Tiempo, por sus siglas en inglés (*Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Access*), ha sido por mucho tiempo, uno de los métodos de acceso mas versátiles para las comunicaciones digitales via satélite. Este método es utilizado para la transferencia de datos de los tipos interactivo y lote, así como

de trenes de datos de voz, los cuales se consideran como datos de tipo lote. Trabaja básicamente con acceso aleatorio, que permite lograr retardos mínimos en el tiempo de transmisión. Algunos sistemas, también utilizan un método que es similar a la asignación por demanda, para las aplicaciones tipo lote, de manera que se puede lograr una alta eficiencia del canal contra tiempo de respuesta (*throughput*) para transferencia grandes de datos.

El TDMA logra una utilización eficiente de los recursos del transponder para redes corporativas. Sin embargo, en los casos en los que sea conveniente, existen sistemas que permiten utilizar el modo TDMA con asignación.

Los paquetes de datos originados en el HUB son enviados a un grupo de VSATs, las cuales comparten la misma portadora de *outbound*. Cada paquete de datos es transmitido sucesivamente en un multiplexado de paquetes. Estos paquetes se envían bajo un esquema donde el primero que entra es el primero que sale, de manera completamente asincrónica con respecto al reloj del sistema y tan pronto como éstos están disponibles para su transmisión. Ver Figura 11.

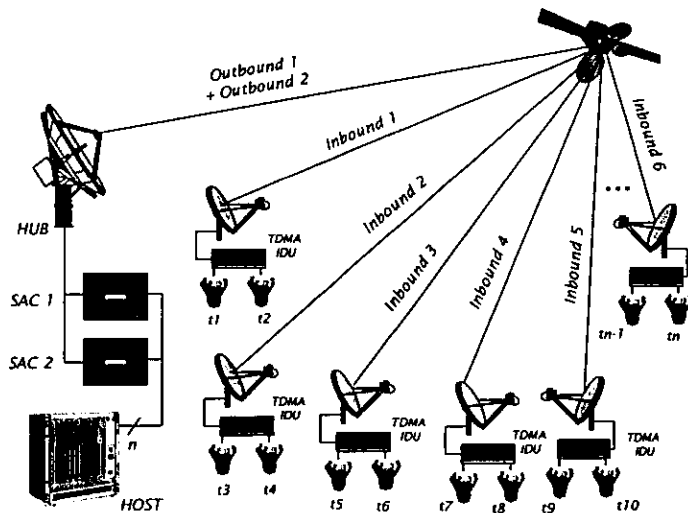


Figura 9: Implementación TDMA

Los paquetes de datos tienen la información de la dirección de la VSAT destino. Cada VSAT recibe todos los paquetes transmitidos, sin embargo, cada una revisa el campo de dirección de los paquetes recibidos, y entonces captura los paquetes cuya dirección coincide con la propia y deshecha los paquetes restantes.

Las Figuras 10 y 11 muestra que los paquetes son transmitidos en un formato de ráfaga. Cada ráfaga es transmitida en una ranura (*slot*) de TDMA y varias ranuras de TDMA son contenidas en una trama (*frame*) de TDMA. Esto permite que un sólo canal satelital sea compartido por varias VSATs. La temporización de la trama de TDMA está sincronizada con la señal de temporización derivada de la señal de control y sincronía enviada en el canal de *outbound*. Las diferencias de los tiempos de transmisión entre las estaciones remotas y el satélite, debidas a la ubicación de las estaciones remotas en diferentes localidades geográficas se compensan mediante valores de corrimiento de tiempo (*offset time*) apropiados, ajustados en los equipos de cada estación remota.

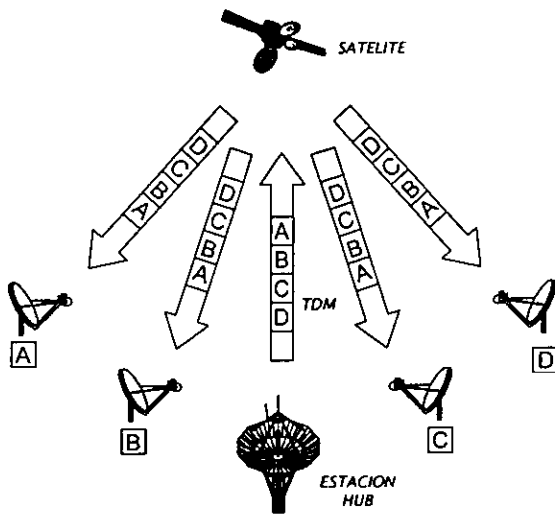


Figura 10: Esquema del canal de transmisión HUB - VSAT (Outbound)

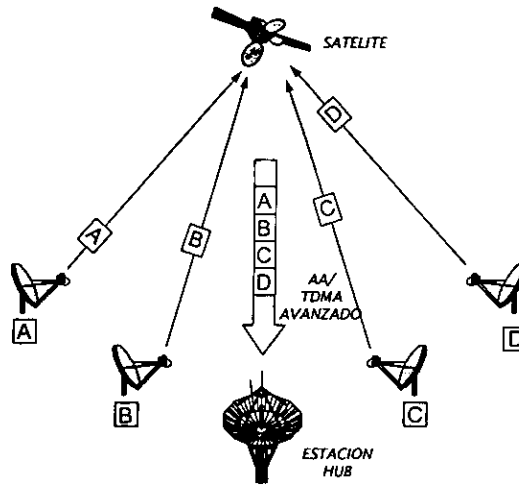


Figura 11: Esquema del canal de transmisión VSAT-HUB (*Inbound*)

Asignación del Canal Satelital

Varias portadoras de a determinada velocidad, pueden compartir un transponder de un satélite. El número exacto de portadoras depende de las características de desempeño del equipo de radio frecuencia tanto del satélite como de la estación maestra. El número de estaciones terrenas por canal satelital depende de la carga de tráfico y del tiempo de respuesta requerido para las aplicaciones de la red. Nótese que el tiempo de respuesta contra la eficiencia del canal puede ser mucho menor que su tasa de transmisión.

Esto es debido a la posibilidad de colisiones y eficiencia del método de acceso (contención). Por lo tanto, el número de portadoras de satélite necesarias para manejar el tráfico pico puede ser diferente para los canales de *inbound* con respecto a los de *outbound*.

2.3.5. METODO CDMA

Además de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicaciones, existe una tercera alternativa en la que el transponder completo es ocupado por varias estaciones que transmiten en la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica, denominada acceso múltiple por diferenciación de código o CDMA, es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia. Al igual que

TDMA es totalmente digital, y presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios. Como un inconveniente está el de que ocupa mucho ancho de banda, pues cada bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente. Tomando como ejemplo una red de seis estaciones terrenas que operan con la técnica de acceso de CDMA, cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits de información de las estaciones terrenas receptoras, solo la destinataria de cierta información determinada conoce el código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original, aunque llegue superpuesto con todos los demás mensajes que se transmitieron simultáneamente, pues estos últimos los detecta como "ruido" tolerable. Como este ancho de banda que utiliza el sistema CDMA es muy amplio, por la expansión del espectro en frecuencia de la señal al codificar cada bit de información en un nuevo tren de bits, también se le conoce como acceso múltiple con espectro expandido o SSMA.

La técnica CDMA ha sido usada en comunicaciones satelitales por varias décadas y es ahora la que marca el camino en las comunicaciones inalámbricas. Esto es gracias a que en lugar de dividir celdas en ranuras angostas para asignar conversaciones, la técnica CDMA trabaja bajo la tecnología de "Espectro Expandido" (Spread Spectrum, por su nombre en inglés). Múltiples conversaciones, o datos, pueden ser diseminados simultáneamente en un amplio segmento del espectro. Cada llamada, o transferencia de datos, será recibida y descifrada por la estación receptora que tenga el código de des-criptación correcto para "des-asegurar" la información. Este estándar puede resultar en un aprovechamiento adicional que va del 10 al 15 por ciento de los recursos así como también en un sistema que de eliminación virtual de canales ocupados, llamadas perdidas y cruce de líneas.

2.3.6. METODO DE ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO CON CONMUTACIÓN EN EL SATÉLITE

En cualquiera de las tres técnicas más comúnmente utilizadas como acceso al satélite, éste simplemente cambia la frecuencia de las señales y las amplifica sin importar su contenido, es decir, si son analógicas o digitales, o con qué técnica fueron multiplexadas o moduladas; el satélite sólo es un repetidor en el espacio y es totalmente factible que varios de sus transponders funcionen con acceso múltiple FDMA, TDMA ó con una combinación simultánea de ambos y que otros operen con acceso CDMA. Actualmente los satélites cuentan con antenas de haz pencil, diseñadas para cubrir diferentes zonas geográficas con muy alta densidad de potencia; cada haz está asociado con ciertos receptores y transmisores y es posible conmutar parte de la información de un haz a otro mediante una matriz de

microondas. Este sistema es digital con acceso múltiple TDMA; se denomina acceso múltiple por división de tiempo con conmutación en el satélite o SS/TDMA. Los satélites que utilizan este método incrementan significativamente la eficiencia de un sistema, puesto que se logra la cobertura total de un gran territorio dividido en zonas con haces de potencia altamente concentrada, en vez de hacerlo con un solo haz común de baja densidad de potencia por unidad de área.

2.4. SATELITES DE ORBITAS NO GEOESTACIONARIAS

Los satélites de órbita no geoestacionaria se encuentran clasificados en tres grandes grupos, aunque los criterios de clasificación difieren un poco de un autor a otro en cuanto a los límites que dividen una y otra, la siguiente parece ser la mas aceptada:

- LEOs (Satélites de órbita baja): Se encuentran localizados en órbitas circulares a distancias entre 200 Km. y 3000 Km., entre la altitud de densidad atmosférica constante y el inicio de los cinturones de radiación de Van Allen.
- MEOs (Satélites de órbita media): Se encuentran en órbitas circulares por encima de los 3000 Km. y hasta la altura de los GEOs, por encima de los cinturones de radiación Van Allen, por lo que siempre encontrarán altos niveles de radiación.
- HEOs (Satélites de órbita elíptica): Estos satélites viajan en órbitas que se aproximan a la tierra hasta unos cientos de kilómetros, para después alejarse más allá de la órbita geoestacionaria.

Son varios los factores que deben tomarse en consideración para elegir el tipo de órbita que deberá tener un satélite, pero principalmente podemos mencionar los siguientes:

- Cobertura, es decir la extensión geográfica que deberá abarcar con su huella. Ver Figura 12

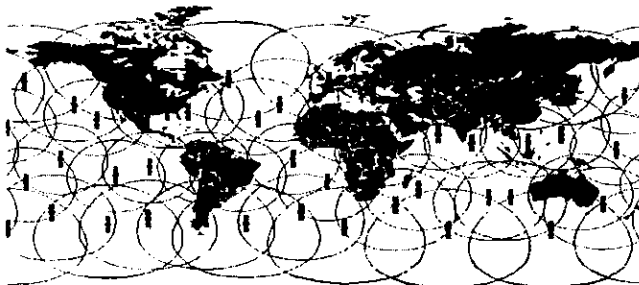


Figura 12: Huellas de Cobertura

- Tiempo de subida - bajada, es el tiempo que tarda una señal desde que es transmitida hasta que es recibida, este parámetro es muy importante cuando se trata de canales de voz, ya que este retardo es resentido directamente por el usuario y como es obvio es mayor cuanto a mayor altitud esta localizado el satélite, para el caso de los satélites geoestacionarios, el tiempo de retardo, debido a la propagación de la señal es alrededor de 0.24 segundos.
- Tamaño de la antena transmisora - receptora, cuanto mayor sea la distancia entre la estación transmisora - receptora y el satélite, mayor será la ganancia de transmisión y de recepción que deberán tener las antenas, tanto del satélite como de las estaciones terrestres.
- Potencia de transmisión, este parámetro va muy ligado al anterior, ya que para compensar las pérdidas por espacio libre de la señal transmitida es necesario incrementar la potencia de transmisión de la señal y/o el tamaño de las antenas.

Un factor determinante en las comunicaciones vía satélite es sin duda la potencia requerida por las terminales terrestres, así como el tamaño de las antenas requeridas por estas, para los sistemas de comunicaciones fijos, el interés de optimizar en estos dos parámetros obedece principalmente a cuestiones económicas, ya que entre menor capacidad de potencia y menor diámetro de antenas sean requeridos, más barata será la estación terrena. Pero estos factores se vuelven aún mas importantes cuando los sistemas satelitales estarán destinados a comunicaciones móviles.

Algunos sistemas de satélites GEOs, como INMARSAT y algunos otros sistemas regionales, proporcionan servicios de comunicación móvil desde hace algunos años, sin embargo no con mucho éxito, ya que a pesar de que han hecho uso de los últimos avances tecnológicos y esto les ha permitido operar con terminales cada vez más pequeñas, estas no son aun tan pequeñas como sería deseable. Actualmente una terminal telefónica para operar con IMARSAT es del tamaño de un portafolios, además no pueden evitar el retardo inherente al tiempo de propagación. Aunado a todo esto, tanto las terminales como el uso de las mismas es caro. Prueba del poco éxito de estos sistemas, es que INMARSAT, a 15 años de haber iniciado servicios tiene todavía menos de 50,000 clientes.

Aquí es donde los sistemas MEOs y GEOs comienzan a presentar ventajas con respecto a los GEOs. Como ya se menciono, al estar mas cerca de la superficie terrestre un satélite requiere de menor potencia y tamaño de antenas, tanto para las estaciones terrestres, como para el satélite mismo, esto hace en primer lugar que se puedan utilizar terminales terrestres portátiles y que los satélites sean más pequeños, baratos y tengan mayores periodos de vida útil, esto último podrá verse reflejado en los costos del servicio. Por otra parte los sistemas de orbitas medias y bajas no tienen las amplias áreas de cobertura que tienen los GEOs, sin embargo esto se compensa ya que la mayoría de los satélites LEOs y MEOs operaran en

constelaciones que permitirán en la mayoría de los casos entablar comunicación desde cualquier punto con por lo menos uno de ellos.

2.5. SISTEMAS GMPCS

Como ya hemos visto, los satélites LEOs y MEOs, presentan grandes ventajas con respecto a los GEOs para proporcionar comunicaciones globales móviles, hasta ahora no hemos hablado de ningún sistema en particular y solo hemos analizado las bondades de estos sistemas, sin embargo no todos los sistemas estarán enfocados al mismo tipo de aplicaciones y una vez mas hay que pensar en la relación costo/beneficio, antes de elegir un sistema para resolver un problema en particular.

Antes de entrar a analizar cada sistema de satélites de órbita no geostacionaria, hay que tratar de definir los principales servicios proporcionados por estos sistemas y en base a esto elegir las posibles opciones para resolver nuestro problema con la empresa de mensajería.

- **Comunicación de Voz:** Prácticamente todos los sistemas de órbita no geostacionaria contarán con servicios de telefonía global, mediante el cual con un mismo número y en cualquier región del planeta podrá tenerse comunicación telefónica. La mayoría de las terminales telefónicas serán híbridas, es decir podrán operar tanto con sistemas celulares convencionales cuando haya cobertura, como con el sistema satelital para el que hayan sido concebidas.
- **Comunicación de datos de baja velocidad:** También casi todos los sistemas de órbita baja contarán con canales de datos entre 2.4 y 9.6 kbps, los cuales podrán tener un sinnúmero de aplicaciones, tales como correo electrónico, adquisición de datos, monitoreo y control, terminales punto de venta, cajeros automáticos etc.
- **Comunicación de datos de alta velocidad:** Solo algunos sistemas contarán con esta facilidad y proporcionarán canales de datos hasta a 2Mbps, los cuales estarán destinados para proporcionar entre otros servicios Internet a alta velocidad en cualquier región del planeta.
- **Paging:** Al igual que la comunicación de voz, prácticamente todos los sistemas satelitales de órbita baja prometen contar con servicio de paging de excelente calidad.
- **Paging de dos vías:** Este servicio consiste en tener la capacidad de poder responder con un mensaje corto a la recepción de un mensaje, este servicio puede representar la opción más barata para tener comunicación global bidireccional, aunque no todos los sistemas de órbita baja contarán con este servicio.

3. DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE SATELITES NO GEOESTACIONARIOS

3.1. SISTEMA GLOBALSTAR

El sistema de Globalstar es un sistema de comunicaciones inalámbrico, basado en medios satelitales, diseñado para proveer comunicación de voz, datos, fax y otros servicios de telecomunicaciones a nivel mundial. La oferta de Globalstar a sus usuarios, es la posibilidad de recibir y hacer llamadas desde y hacia cualquier parte del mundo mediante el uso de terminales móviles muy compactas, ya sea personales o montadas en un vehículo, similares a las terminales celulares convencionales de hoy en día. Las llamadas serán cursadas a través de la constelación de satélites de órbita baja, ubicados a 756 millas náuticas de la Tierra., para posteriormente ser recibidas por estaciones terrestres y después llevadas a través de enlaces terrestres, ya sea alámbricos o inalámbricos, a sus destino final mediante las redes públicas instaladas. Ver Figura 1.

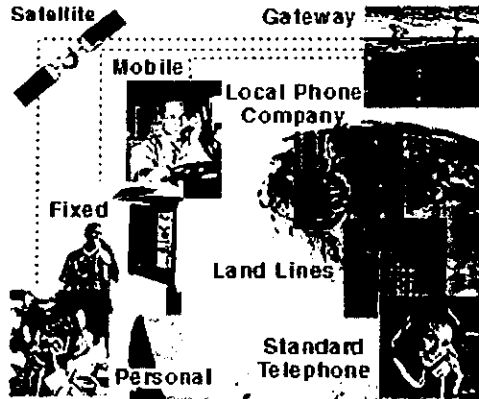


Figura 1: Servicios de Globalstar

Descripción de los satélites.

Los satélites de Globalstar son satélites simples de bajo costo diseñados para minimizar tanto los costos de fabricación como los costos de lanzamiento. Los satélites de Globalstar no conectan, en primera instancia, directamente un

usuario con otro al momento de hacer una llamada, sino que retransmiten la señal a un Gateway. El procedimiento que se sigue es primero tratar de entablar la comunicación por la red pública telefónica local, esto es que el usuario de Globalstar que está haciendo ó recibiendo una llamada, se conecta al Gateway vía la red pública lo cual minimiza los costos de operación. En caso de que no se pueda hacer la conexión de esta manera, entonces sí se accesa directamente al satélite y por medio de él se hace la conexión directa si ambos usuarios son abonados de Globalstar. En el caso de que uno de los usuarios no sea abonado de Globalstar, la señal es bajada a el Gateway de destino y de ahí canalizado por medio de la interconexión con los medios terrestres.

La constelación de Globalstar está formada por 56 naves en órbita baja, 48 de las cuales son satélites en operación y se tienen 8 más de refacción orbitando en una constelación de respaldo. Los satélites en operación se encuentran distribuidos en ocho planos orbitales de seis satélites en cada uno, describiendo órbitas circulares de 1,400 kilómetros con una inclinación de 52 grados. Cada satélite es estabilizado en tres planos y consiste de un cuerpo principal trapezoidal (diseñado así para facilitar el lanzamiento de varios satélites en una misma nave de lanzamiento), dos arreglos solares plegables y un magnetómetro plegable. A diferencia de la mayoría de los satélites geoestacionarios, las antenas de los satélites Globalstar no son plegables. Estos satélites tienen una masa aproximada de 450 kilogramos y requieren alrededor de 1,100 watts de energía para operar normalmente. La primera generación de satélites de Globalstar están diseñados para operar durante una vida útil de siete años y medio mínimo. Ver Figura 2 y 3.

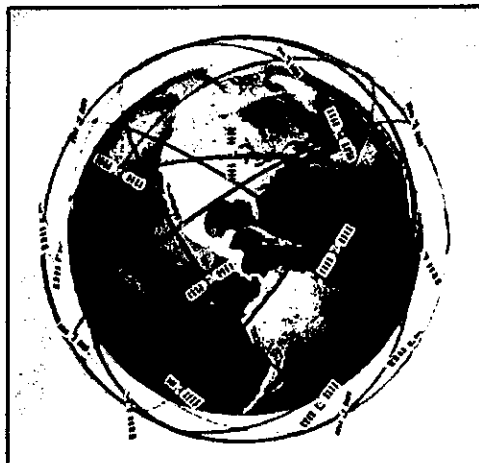


Figura 2: Cobertura Global



Figura 3: Huella Satelital

Cuerpo de la Nave: El satélite de forma trapezoidal, fabricado de paneles de aluminio sólido, esta diseñado para optimizar el volumen y poder facilitar la transportación de varios satélites en las cabinas de los vehiculos espaciales de lanzamiento. La separación del satélite del vehiculo de lanzamiento se realiza mediante un lanzamiento radial desde el centro del vehiculo. Al momento de montar un satélite en la cabina del vehiculo de lanzamiento, la cara del satélite que ve hacia la tierra es orientada hacia el exterior y la cara que apunta al espacio es colocada junto a los subsistemas de control y comunicaciones de la nave. Ver Figura 4.

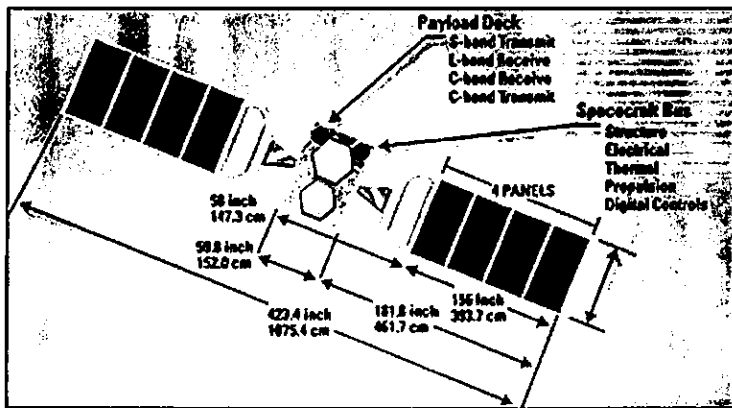


Figura 4: Satélite GLOBALSTAR

Sistema de Estabilización: El satélite está construido con un cuerpo estabilizador con control en tres ejes. Es el único con control de este tipo y el primero en utilizar el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) para mantener registro de su localización y altitud en la órbita. Además, utilizan sensores de sol, tierra y magnitud para mantener la altitud. Los satélites cuentan con rotores de momentum y torques magnéticos los cuales ayudan a minimizar el consumo de los propulsores en las labores de control. Cuenta con cinco impulsores para el levantamiento en órbita, maniobras de inmovilización y tareas de control. Los impulsores de monopropela a base de hidrazina son alimentados desde un tanque de combustible único en la nave, el cual es suficiente para mantener al satélite en órbita apropiada durante su vida útil.

Sistema de Energía Eléctrica: La fuente de energía primaria del satélite se basa en dos arreglos de paneles solares, los cuales recolectan la energía necesaria, también utiliza baterías para operar durante los periodos de eclipses. El sistema de seguimiento de los paneles, solares hacen posible el suministro de 1,100 watts necesarios para la operación del satélite. Estos paneles solares siguen automáticamente el sol para proporcionar la máxima exposición posible a la energía solar.

Sistema de Comunicaciones: El sistema de comunicaciones del satélite es el mas importante de la nave. Esta montado en la Cubierta de Tierra, esta cubierta es la más grande de las dos cubiertas rectangulares de las que se compone el satélite. En ella se encuentran las antenas de banda C, utilizadas para la comunicación con los Gateways, y las antenas de banda L y S para que se utilizan para la comunicación con las terminales del usuario. Estas antenas son de arreglos de fase diseñadas para proyectar un patrón de 16 haces sobre la tierra, cubriendo un área de servicio con una huella de cobertura de miles de kilómetros de diámetro. Ver Figura 5.

Los rangos de las frecuencias de operación son los que siguen:

Banda L y S: 1610 - 1626.5 MHz (usuario a satélite)
2483 - 2500 MHz (satélite a usuario)

Banda C: 5091 - 5250 MHz (Gateway a satélite)
6875 - 7055 MHz (satélite a Gateway)

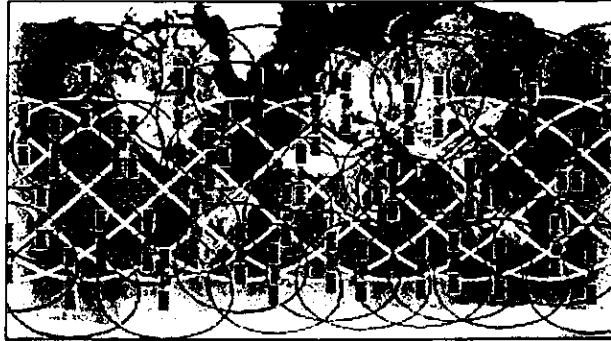


Figura 5: Huellas Satelitales

Diversidad de Huellas: La diversidad de huellas es un método patentado de recepción de señales que permite la combinación de señales múltiples de potencias variadas en una sola señal coherente. Las terminales de usuario se comunicaran simultáneamente, por lo menos, con tres satélites. Por medio de un *RAKE RECEIVER*, se combinarán las diferentes señales de los satélites en una señal libre de estática. Las terminales de usuario también tienen la facilidad de ajustar los niveles de potencia para compensar interferencias u obstrucciones, con un rango de potencia en promedio de 50 a 30 mW. Debido a que los satélites se están moviendo fuera y dentro de la línea de vista, las terminales tienen la facilidad de agregarlos y/o quitarlos de las señales con las que se está manteniendo la llamada en proceso, con lo cual se reduce substancialmente la interrupción de llamadas. De esta manera se puede dar servicio en áreas en donde la recepción de señales satelitales puede verse mermada por el bloqueo de edificios, bosques u otros elementos naturales. Ver Figura 6.



Figura 6: Vista de Satélites

Servicios de Lanzamiento y Puesta en Órbita: Las empresas seleccionadas por Globalstar para el lanzamiento de los satélites son las siguientes:

- **Boeing:** Compañía norteamericana establecida en Seattle, Washington, tiene un contrato para lanzar un total de ocho satélites abordo de cohetes Delta II. El primer lanzamiento de esta compañía fue exitoso, completándose el 14 de Febrero de 1998 a las 9:34 a.m.. El segundo lanzamiento se realizó en el mes de abril de este año.
- **NPO Yuzhnoye:** Compañía Ucraniana establecida en Kiev, tiene un contrato para poner en órbita un total de 36 satélites utilizando vehículos de lanzamiento Zenit-2.
- **Starsem:** Compañía Francesa, lanzará un total de 12 satélites abordo de tres vehículos de lanzamiento Soyuz.

Plan de Frecuencias: El plan de frecuencia utilizado por Globalstar se ilustra en la Figura 7 y está definido de la siguiente manera:

- Terminal a Satélite : Banda L (1610—1626.5 MHz)
- Satélite a Terminal : Banda S (2483.5-2500 MHz)
- Gateway a Satélite : Banda C (5091-5250 MHz)
- Satélite a Gateway : Banda C (6875-7055 MHz)
- Configuración de la antena de Satélite : Antena típica configurada en un arreglo de 16 haces
- Antena del equipo de usuario : Omnidireccional para servicio móvil y arreglo direccional para servicio fijo.
- Antena de Gateway : Cassegrain con sistema de seguimiento.

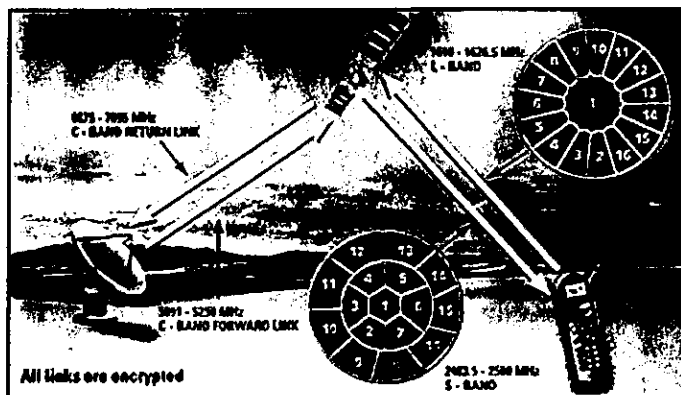


Figura 7: Plan de Frecuencias

Segmento Terrestre

El Segmento Terrestre del sistema está formado por los Gateways, los Centros de Control de Operaciones Terrestres (GOCC por sus siglas en inglés), Centros de Control de Operaciones Satelitales (SOCC), y la Red de datos de Globalstar (GDN).

GATEWAY: El Gateway es una parte integral del segmento terrestre y se encarga de interconectar la red de satélites de Globalstar con las Redes Publicas Móviles Terrestres (PLMN por sus siglas en inglés) tales como los Sistemas Avanzados de Telefonía Móvil (AMPS) y Sistemas Globales para Movilidad (GMS), o directamente con las redes locales de telefonía (PSTN). Como tal, proporciona un punto de transmisión y de señalización en la red. El Gateway puede conectarse directamente con las redes públicas telefónicas por medio de troncales E1/T1 soportando gran variedad de protocolos de señalización. En el caso de las redes GSM, el Gateway funciona como un subsistema de estación base. Para los conmutadores móviles de ambientes EIA/TIA, este se desempeña como otro conmutador móvil soportando el estándar de operación entre sistemas IS-41. En todos los casos, la interoperabilidad entre los sistemas telefónicos y/o celulares esta asegurada, por lo que el subcriptor mantiene un solo punto de facturación. Ver Figura 8.



Figura 8: Gateway

El Gateway está diseñado, para que su crecimiento pueda darse en una forma modular en base al crecimiento de la demanda de servicios. Un Gateway de Globalstar puede ser compartido por múltiples proveedores de servicios, los cuales pueden compartir la inversión para la compra de equipo común, manteniendo un nivel de seguridad y beneficio común en planes de expansión. Ver Figura 9.

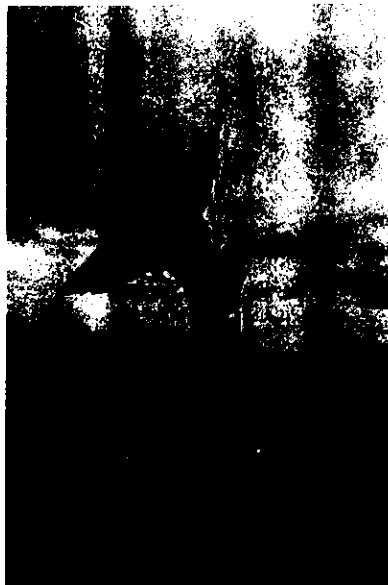


Figura 9: Antena Gateway

Características:

- Interfaz E1/T1 estándar de conexión a PSTN/PLMN.
- Señalización de interface programable para la interconexión con la infraestructura Local.
- Señalización R1, R2 y SS7.
- Costos compartidos de equipo común hasta para 16 diferentes proveedores de servicios.
- *Fire Wall* para garantizar la seguridad entre los proveedores de servicios que comparten el Gateway.
- Servicios similares a los sistemas de Roaming mundial, GSM y AMPS.
- Operación Remota.

- Encriptación para seguridad de voz y señalización.
- Diversidad disponible para todas las llamadas.

Interconexión con los servicios existentes: Uno de las principales políticas de Globalstar, es trabajar en conjunto con los proveedores de servicios locales y las compañías de comunicaciones (Carriers). Por esto, la arquitectura de los servicios de Globalstar esta diseñada para que la comunicación sea completada por medio de la infraestructura existente, ya sea por medios alámbricos y/o inalámbricos. Por lo que es sistema es considerado un complemento y no un sustituto de las redes públicas actuales (PSTN) y las redes públicas móviles (PLNM).

Todas las llamadas que se hagan por el sistema de Globalstar, incluyendo las internacionales, entrarán a la infraestructura de comunicaciones actuales de los proveedores de servicios de comunicaciones. Esto brinda ayuda a bajar los costos de operación y al mismo tiempo permite que las autoridades mantengan el control de la comunicaciones y sigan rigiéndose por el control regulatorio existente. Ver Figura 10.

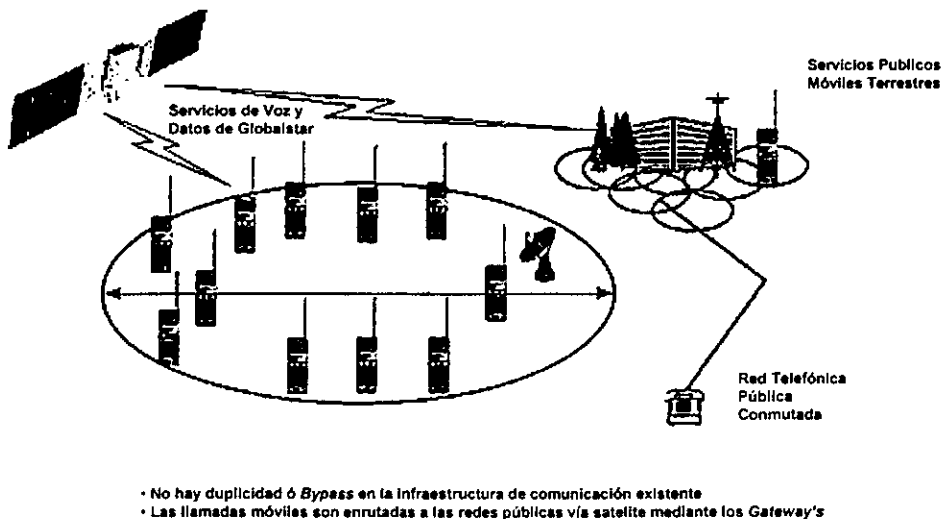


Figura 10: Comunicación Hacia la Red Publica

Una llamada hecha desde una terminal de Globalstar primero tratará de enlazarse al sistema celular local existente, en el caso de que este intento sea

fallido, el sistema tratará de completar la llamada vía el sistema de satélites. La llamada es bajada del satélite a un Gateway el cual la enrutará, vía la red pública, a su destino. Con esto se minimizan los costos de operación del sistema de Globalstar y beneficia a los operadores locales (PSTN/PLMN) generando tráfico en sus redes que, de otra forma, estaría ausente. Las terminales de usuario de Globalstar son duales o multi-modales, compatibles con los sistemas AMPS, IS-95 y GSM.

Centros de Control: Existen dos tipos de centros de control: los Centros de Control de Operaciones Terrestres (GOCC) y los Centros de Control de Operaciones Satelitales (SOCC).

GOCC: Los Centros de Control de Operaciones Terrestres son responsables de planear y controlar la utilización satelital por los Gateways, así mismo coordinan esta utilización con el SOCC. Los GOCC's planean los itinerarios de comunicación de los Gateways y controlan la asignación de recursos satelitales que le corresponden a cada uno. De esta forma los Gateways son capaces de procesar, en tiempo real, el tráfico que se cursa en el espacio satelital asignado.

SOCC: Los Centros de Control de Operaciones Satelitales administran la constelación de satélites de Globalstar. Un SOCC, en conjunción con las facilidades de otro SOCC de redundancia, mantienen el seguimiento de los satélites, controlan las órbitas y proporcionan los servicios de telemetría y comando de toda la constelación. Los satélites de Globalstar transmiten continuamente la señal de telemetría de la nave, la cual contiene la información del estado de la nave. Los SOCC's también vigilan el lanzamiento y despliegue de los satélites. Ver Figura 11.

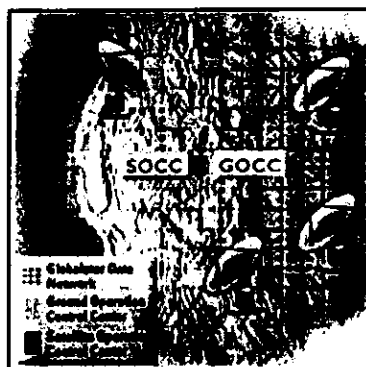


Figura 11: SOCC/GOCC

GDN: Todos los SOCC's y GOCC's se mantienen en comunicación constante mediante la Red de Datos de Globalstar (GDN por sus siglas en inglés). La GDN es la red de interconexión que proporciona una interconexión WAN entre los Gateways, los GOCC's y los SOCC's. Ver Figura 12.



Figura 12: GOCC

Tipos De Servicios:

Fijos: Los servicios de comunicación fija de Globalstar, proporcionan solución inmediata para comunicación de voz, fax y datos, ofreciendo flexibilidad para el crecimiento en base a la demanda. Los accesos inalámbricos ofrecen una solución rápida y eficiente para enlazar usuarios de difícil acceso, sin el costo y tiempo necesarios para interconectar mediante cableado tradicional. Así mismo, Globalstar ofrece una buena solución para el problema de la "ultima milla" de conexión con la central telefónica. Ver Figura 13.



Figura 13: Telefonía Residencial

Las terminales fijas de Globalstar están diseñadas para operar, tanto como sistemas públicos, como terminales de abonado residenciales y constan de una antena, unidad de radiofrecuencia y opcionalmente, un teléfono digital. Estos teléfonos digitales cuentan con una pantalla en la cual se indica el progreso de la llamada, iconos para el correo de voz y memorias para números de uso frecuente. El equipo de transmisión también es compatible con los aparatos telefónicos convencionales.

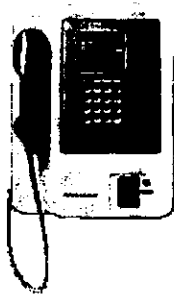


Figura 14: Telefonía Rural

La antena se monta en un espacio exterior con línea de vista y es conectada a la unidad receptora.

Móviles: Globalstar ofrece un equipo especial para ser montado en vehículos y así proveer servicios móviles de comunicación. El equipo terminal del usuario puede ser montado en un receptáculo el cual le proporciona energía para la batería y operación en manos libres. Ver Figura 14.



Figura 15: Telefonía Móvil

Personales: La terminal dual de Globalstar ofrece una solución para "Roaming" global para usuarios de celulares GSM. El sistema ofrece servicios de comunicación inalámbrica mejorada, muy parecida a los servicios celulares convencionales, aún en áreas que no tienen cobertura celular. Un usuario que se encuentre en áreas con comunicación celular, puede hacer uso de ellas ó conmutar el servicio a la red satelital de Globalstar. Aún en areas totalmente incomunicadas, el usuario tendrá disponibles servicios de comunicación de voz y datos de excelente calidad gracias a la red de satélites de órbita baja del sistema. En todos los casos, la inter-operabilidad entre los sistemas de comunicación existente y el sistema Globalstar está garantizada. De esta manera se ofrece una opción al usuario para optimizar sus gastos.

La terminal de triple modo IS-95 AMPS ofrece una solución de "Roaming" global para usuarios de telefonía celular AMPS/IS-95. Dentro del área de cobertura de telefonía celular digital con estandar AMPS y/o IS-95 CDMA, el abonado de Globalstar tendrá acceso a los medios terrestres, en el caso contrario, la comunicación se realizará por medio de la constelación de satélites. Ver Figura 15.



Figura 16: Terminales de Usuario

3.2. SISTEMA TELEDESIC

El objetivo principal de Teledesic es proporcionar servicios de telecomunicaciones de alta calidad en aquellas partes del mundo que en las que no existen medios terrestres de comunicación semejantes a los provistos a través de fibras ópticas, o en su defecto, no pueden ser proporcionados de una manera económica a través de los medios existentes.

Basándose en el hecho de que la avanzada infraestructura de telecomunicaciones está limitada a las áreas urbanas desarrolladas del mundo y que este hecho deja la mayoría de la población mundial sin acceso, ni siquiera, a los servicios de telecomunicaciones básicos, Teledesic planea construir una "Internet en el espacio" red mundial de banda ancha. Usando una constelación de satélites de órbita baja, Teledesic y sus socios crearán la primera red del mundo que brindará acceso económico a servicios de telecomunicaciones, semejantes a los provistos a través de fibras ópticas, los cuales incluyen acceso de banda ancha al Internet, videoconferencia, comunicaciones de voz de alta calidad y otras necesidades de transmisión digital de información. A partir del primer día de servicio, Teledesic habilitará el acceso a telecomunicaciones de banda ancha a empresas, escuelas e individuos en todo el mundo.

Los principales inversionistas de Teledesic son McCaw, Bill Gates, presidente del consejo directivo de Microsoft, Motorola, el Príncipe de Arabia Saudita Alwaleed Bin Talal y la compañía Boeing. Motorola, es el líder del equipo industrial internacional que desarrollará e instalará el sistema Teledesic. Las compañías Boeing y Matra Marconi Space también forman parte del equipo industrial de compañías fundadoras de Teledesic. El servicio está programado para comenzar operaciones en el año 2003. Fundada en 1990, Teledesic es una compañía privada con sede corporativa en Kirkland, Washington, y ha recibido asignaciones internacionales y nacionales de servicios por satélites en las frecuencias que la Red de Teledesic necesita para operar. En marzo de 1997, la Comisión Federal de Telecomunicaciones de los Estados Unidos le otorgó una licencia a Teledesic para construir, lanzar y operar la Red de Teledesic.

Las intenciones de Teledesic no son las de comercializar los servicios directamente a los usuarios finales, mas bien, proveerá una red abierta para la entrega de tales servicios por parte de terceros. La Red de Teledesic habilitará a los proveedores de servicios en los países a ampliar sus redes, desde el punto de vista geográfico como también en los tipos de servicios que pueden ser ofrecidos. Las estaciones de acceso situadas en la Tierra le permitirán a los proveedores de servicios ofrecer enlaces transparentes a otras redes alámbricas e inalámbricas, tales como el Internet.

La Red de Teledesic constará de 288 satélites operacionales, divididos en 12 planos, cada uno de los cuales contará con 24 satélites. Para lograr un uso eficiente del espectro de radiofrecuencias, se atribuirán las frecuencias de manera

dinámica, volviendo a utilizarlas muchas veces dentro de la zona de un haz de cada satélite. Dentro de cualquier área circular con un radio de 100 Km, la Red de Teledesic podrá soportar más de 500 megabits por segundo (Mbps) de datos hacia y desde los terminales de los usuarios. La Red de Teledesic soporta ancho de banda por demanda, permitiendo que un usuario solicite y libere capacidad según sea necesario. Esto permitirá a los usuarios pagar exclusivamente por la capacidad que en realidad usan, logrando al mismo tiempo que la Red pueda soportar una cantidad mucho mayor de usuarios.

El sistema operará en una porción de la banda Ka de alta frecuencia (de 28,6 a 29,1 GHz en el enlace ascendente, y de 18,8 a 19,3 GHz en el enlace descendente). La utilización de una órbita baja elimina la demora prolongada de la señal que sucede en el caso de las comunicaciones por medio de satélites geoestacionarios tradicionales y permite el uso de terminales y antenas pequeñas de baja potencia. Los terminales, del tamaño de una computadora portátil, serán instalados planamente en el techo y se conectarán a una red de computadoras o a una computadora personal ubicada dentro del edificio.

La red está diseñada para soportar millones de usuarios simultáneos. La mayoría de los usuarios contará con conexiones bidireccionales que proporcionan un máximo de 64 Mbps en el enlace descendente y un máximo de 2 Mbps en el enlace ascendente. Los terminales de banda ancha ofrecerán 64 Mbps de capacidad bidireccional. Esto representa velocidades de acceso superiores, hasta en 2,000 veces, a las de los modems analógicos estándares actuales. Por ejemplo, la transmisión de un grupo de radiografías puede demorar cuatro horas utilizando alguno de los modems estándares de la actualidad. Las mismas imágenes podrán enviarse por medio del sistema en siete segundos. Se estima que el diseño, construcción y emplazamiento de la Red costará 9 mil millones de dólares. Las cuotas para los usuarios finales serán fijadas por los proveedores de servicios, pero Teledesic anticipa que las mismas serán comparables con aquellas de los futuros servicios alámbricos urbanos para el acceso de banda ancha.

Compatibilidad transparente con redes terrestres

Para el diseño del sistema se asumió que las aplicaciones y protocolos de datos que una red de banda ancha tendrá que soportar en el Siglo 21, serán desarrolladas en las áreas urbanas avanzadas del mundo desarrollado donde las fibras ópticas determinan la norma. Los sistemas de satélites ofrecen la capacidad de proveer acceso conmutado de banda ancha, independiente de la ubicación física, extendiendo el alcance de las redes y aplicaciones a cualquier lugar del mundo. Para asegurar una compatibilidad transparente con esas redes, el sistema de satélites se desarrolló con las mismas características esenciales de las redes de fibras ópticas: canales de banda ancha, bajas tasas de errores y pocos retardos.

A la altura en la que son puestos en órbita los satélites Geoestacionarios (GEOs), las comunicaciones perpetúan una latencia para la transmisión de ida y retorno - un retardo de extremo a extremo - de alrededor de medio segundo. Esto significa que los GEOs nunca podrán proveer demoras similares a las fibras ópticas. Esta latencia del GEO es la fuente de la demora en muchas de las llamadas telefónicas intercontinentales, degradando un poco el servicio. Esto puede ser una incomodidad en una transmisión telefónica, sin embargo, podría ser insostenible para aplicaciones en tiempo real, tales como videoconferencias, así como también para algunos protocolos estándares de datos. En comparación, los satélites de órbita baja (LEOs) con los que se implementará el sistema de Teledesic, estarán en órbita a una distancia de 1.375 km, o 25 veces más cerca a la Tierra que los satélites del tipo GEO, lo que se traducirá en un decremento considerable de la latencia en las transmisiones.

Este sistema se basa en el principio fundamental del Internet, el cual es la noción de que todas las aplicaciones se ejecutan en una plataforma común de red; es decir, el concepto de una red abierta basada en normas y protocolos comunes. La idea de redes autónomas separadas o de redes específicas para una aplicación, está desapareciendo con celeridad. Todas las aplicaciones se ejecutarán en las mismas redes, utilizando los mismos protocolos. En estas redes con conmutación de paquetes en las cuales la voz, vídeo, y datos son solamente paquetes de bits digitalizados, no es factible separar las aplicaciones que pueden tolerar demora de aquellas en que las demoras resultan inaceptables. Como resultado de ello, la red debe ser diseñada para la aplicación más exigente. El sistema está diseñado para brindar un servicio de extremo a extremo que permite la conexión de redes empresariales en todo el mundo, compatible con las exigencias del Internet del futuro.

Arquitectura Distribuida versus Centralizada

Tal como las redes terrestres han evolucionado desde sistemas centralizados contruidos alrededor de una sola computadora central a redes distribuidas de computadoras personales interconectadas, las redes de satélites basadas en el espacio están evolucionando desde redes centralizadas que dependen de un solo satélite geoestacionario a redes distribuidas de satélites de órbita terrestre baja interconectados. En los sistemas geoestacionarios, cualquier falla o pérdida individual del satélite es catastrófica para el sistema. Para reducir esta contingencia a niveles aceptables, se debe diseñar la disponibilidad muy cerca del punto de rendimientos decrecientes donde ganancias adicionales de disponibilidad solamente pueden ser alcanzadas a un costo muy alto.

Con una red de satélites distribuida, la disponibilidad puede ser incorporada dentro de la red en vez de la unidad individual en sí, reduciendo así la complejidad y el costo de los satélites individuales y permitiendo unos procesos de fabricación más eficientes, automatizados y con mejoras asociadas en el diseño. Debido a su arquitectura distribuida, encaminamiento dinámico, y ajuste por escalón robusto, la Red de Teledesic emula el Internet, a la vez que le añade los beneficios de capacidad en tiempo real y acceso independiente de la ubicación.

Angulo de elevación

La Red de Teledesic está diseñada de modo que siempre pueda verse un satélite prácticamente en línea recta, desde cualquier lugar de la Tierra. Esto se asegura por medio de un ángulo de elevación de 40 grados o mayor en todo momento y en todos los lugares. Este ángulo de elevación le permite a los usuarios colocar terminales en cualquier construcción con una visión sin obstrucciones del cielo en todas las direcciones. Un ángulo de elevación más bajo aumenta de manera considerable la posibilidad de obstrucción por la cercanía de edificios, árboles o imperfecciones del terreno, impidiendo el servicio. Asimismo, las señales a altas frecuencias también pueden ser bloqueadas por la lluvia, especialmente cuando se envían a un ángulo de elevación menor. El ángulo de elevación de este sistema aumenta la posibilidad de brindar una alta Calidad de Servicio con una disponibilidad comparable a aquella de las redes terrestres. También reduce el tamaño y el costo de la terminal del usuario, mejorando al mismo tiempo la facilidad de coordinar el uso de radiofrecuencias con otros sistemas y servicios.

Aplicaciones del sistema

El sistema pretende extender de forma transparente la existente infraestructura terrestre basada en fibras ópticas para proveer servicios avanzados de datos (Banda Ancha), tales como: Acceso al Internet, operar computadoras en red, agregar y concentrar enlaces de líneas telefónicas, y oficinas virtuales a cualquier parte del mundo en los que los servicios de telecomunicaciones similares a los de las fibras ópticas resultan de un costo prohibitivo o sencillamente no se encuentran a ningún precio.

El sistema está dirigido a países que están haciendo conexiones terrestres con líneas telefónicas agregadas desde estaciones celulares remotas, a empresas multinacionales con necesidad de conexión entre sus sucursales a través del mundo a sus existentes redes empresariales globales.

Debido a que los satélites de Teledesic se mueven con relación a la Tierra, el sistema puede brindar la misma calidad y capacidad de servicio a todas las partes del mundo. En este sentido, el sistema se promueve como una tecnología inherentemente igualitaria.

Características Técnicas

El sistema es una red de banda ancha de alta capacidad que combina la cobertura global y la baja latencia que proporcionan las constelaciones de satélites de órbita baja (LEO), la flexibilidad y ventajas de la Internet así como también la calidad de servicio "similar al de fibra óptica".

La red de Teledesic brindará el medio para enlazar usuarios y gateways con una red de servicios terrestres, ó para enlazar usuarios y/o redes entre ellos mismos. El sistema planea cubrir casi el 100 % de la población terrestre y el 95 % de la tierra continental.

Características de la red.

El sistema de Teledesic consiste de un segmento terrestre (terminales, gateways, redes de sistemas de operación y control) y un segmento espacial (red de conmutación satelital que provee los enlaces de comunicación entre terminales).

Las terminales son los "extremos" del sistema y proporcionan la interface entre la red satelital y los usuarios finales y las redes terrestres. Estas realizan la conversión de los protocolos internos de la red satelital a los protocolos utilizados por las redes terrestres, de esta manera se aísla la complejidad del sistema satelital haciéndolo transparente a la red terrestre.

Las terminales se comunican directamente con la red de satélites y soportan un amplio rango de velocidad de información, así como también soportan varios protocolos de red, tales como IP, ISDN, ATM y otros. A pesar de que la red está optimizada para brindar servicio a terminales fijas, también puede dar servicio a terminales transportables y móviles tales como las que se utilizan en aplicaciones marítimas y de aviación. Ver Figura 1.

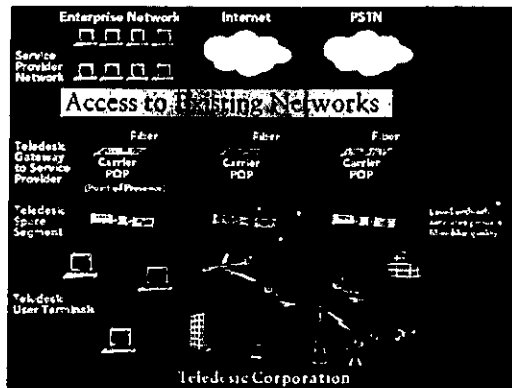


Figure 1: Red de Teledesic

La mayoría de los usuarios podrán contar con dos canales bidireccionales de comunicación, los cuales les proporcionarán un canal de bajada de hasta 64 Mbps y un canal de subida de hasta 2 Mbps. Las terminales de banda ancha tendrán capacidad de ofrecer canales de 64 Mbps en ambas direcciones.

Las aplicaciones principales para las cuales está diseñado este sistemas son, entre otras: Internet, Intranets corporativas, redes multimedia, interconexión con redes LAN, backhaul inalámbricos, etc..

Las terminales también proporcionarán la conexión con el Centro de Control de Operación de la Constelación (COCC por sus siglas en inglés) y el Centro de Control de Operación de la Red (NOCC). Los COCCs coordinan la puesta en operación de los satélites, suministro de refacciones, diagnostico de fallas, reparación y el retiro de los satélites de las órbitas. Los NOCCs incluyen una variedad de redes de administración del control y funcionamiento incluyendo redes de bases de datos, procesadores, sistemas de administración de la red y sistemas de tarificación.

La red de Teledesic está basa en la conmutación rápida de paquetes. Las comunicaciones son manejadas como ráfagas de paquetes de longitud fija. Cada paquete contiene un comando que incluye la dirección de destino, secuencia de la información, una sección de control utilizada para verificación, y una sección que contiene la información del usuario digitalizada y codificada (voz, video, datos, etc.). La conversión de los paquetes, tanto de salida como de entrada, se origina en las terminales localizadas en la periferia de la red.

Teledesic utiliza una combinación de paquetes direccionados y un algoritmo de ruteo de paquetes adaptables y distribuidos para lograr minimizar lo retardos.

Cada paquete contiene la dirección de la terminal destino y cada nodo selecciona independientemente la ruta con menor retardo a ese destino. Cada uno de los paquetes de una misma sesión pueden seguir diferentes rutas a través de la red (Ver Figura 2.). Las terminales cuentan con buffers y tienen la capacidad de reordenar los paquetes para eliminar los efectos de las variaciones en el tiempo de transmisión. Ver Figura 2.

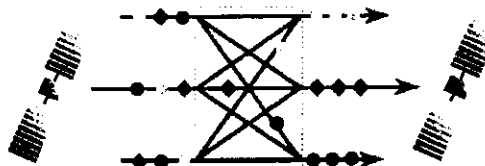


Figure 2: Algoritmo de Ruteo y Distribución.

Constelación Satelital

Cada satélite es un nodo en la red de conmutación rápida de paquetes y tiene enlaces intersatelitales con otro satélite localizado en el mismo plano orbital adyacente. Este arreglo de interconexiones forma una red en malla sin jerarquías, la cual es tolerante a fallas y congestiones locales. La red combina las ventajas de una red de circuitos conmutados (disminución de retrasos) y una red de paquetes conmutados (manejo eficiente de datos de diferentes ráfagas y tasas de transmisión).

Desde un punto de vista genérico, una gran cantidad de nodos entrelazados ofrecen un número de ventajas en términos de calidad de servicio, cobertura y capacidad. Un gran número de nodos interconectados para formar una red en malla es capaz de proporcionar un diseño robusto y completamente tolerante a fallas que automáticamente se adapta a cambios de topología y a nodos o enlaces congestionados o con fallas. Basados en estos principios, el sistema está diseñado para que cada satélite sea capaz de concentrar una gran cantidad de capacidad en su relativamente pequeña área de cobertura y así incrementar la capacidad del sistema y densidad de canal. Para lograr una reparación rápida de la red, se utiliza el traslape de huellas y el uso de los satélites de refacción en órbita, aun cuando una falla en el satélite provoque un hueco en la cobertura. En esencia, la confiabilidad del sistema radica en que la constelación es un todo y no es vulnerable a la falla de un satélite. La banda de frecuencia más baja con espectro suficiente para cumplir con el objetivo de servicios de banda ancha de Teledesic, calidad y capacidad es la banda Ka. Los enlaces de comunicación terminal-satélite operan en la porción de la banda Ka que ha sido reconocida

internacionalmente por servicios de satélites no geoestacionarios. Los enlaces de bajadas operan entre 18.8 GHz y 19.3 GHz, y enlaces de subida operan entre 28.6 GHz y 29.1 GHz. Los enlaces de comunicación a estas frecuencias son atenuados por lluvia y bloqueados por obstáculos en la línea de vista. Para evitar obstáculos y limitar la porción de extensión expuesta a lluvia se requiere que la terminal satelital cuente con un alto ángulo de elevación sobre el horizonte. La constelación Teledesic proporciona un ángulo de elevación mínimo de 40° en su área completa de servicio. Utilizando este diseño, se pretende lograr una disponibilidad de 99.9% o mas. La latencia es un parámetro crítico de la calidad del servicio en comunicación, particularmente para comunicación interactiva y para muchos protocolos estándar. Para compensar el fenómeno de latencia, los satélites Teledesic operan a una altitud baja, bajo 1,400 kilómetros. La combinación del ángulo y de proyección y una órbita baja da como resultado una zona de cobertura del satélite relativamente pequeña, que hace posible la reutilización eficiente del espectro pero requiere una gran número de satélites para dar servicio a toda la tierra. En la constelación inicial, la red Teledesic consistirá de 288 satélites operacionales, divididos en 12 planos, cada uno con 24 satélites. Ver Figura 3.

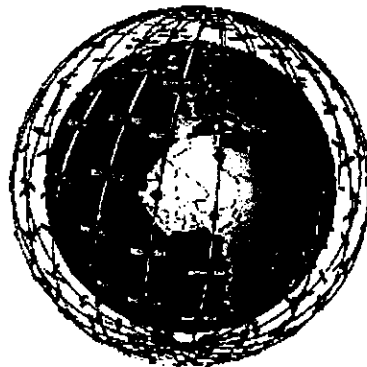


Figure 3: Constelación de TELEDESIC

Acceso Múltiple

Debido a que el sistema utiliza acceso inalámbrico, ofrece la posibilidad de que los canales de comunicación no estén dedicados a terminales específicas. Los recursos del canal asociados a una celda son compartidos entre las terminales de dicha celda, con capacidad de acceso por demanda de acuerdo a las necesidades en determinado momento. Esta flexibilidad permite al sistema manejar eficientemente una amplia variedad de necesidades de usuario como podrían ser: uso ocasional, uso continuo, aplicaciones de tasas de transmisión constante o por

ráfagas, velocidades de transmisión altas y/o bajas, áreas con una baja densidad de uso y áreas con relativa alta densidad de uso.

Un esquema de acceso múltiple implementado entre de terminales y satélite administra la forma en que se comparten los recursos de canal de comunicaciones, esto se logra en las celdas mediante la combinación de una Técnica de Acceso Múltiple por División de Tiempo y Multi-Frecuencias (MF-TDMA) en los enlaces de subida y una Técnica de Acceso Múltiple por División de Tiempo Asíncrono (ATDMA). Ver Figura 4.

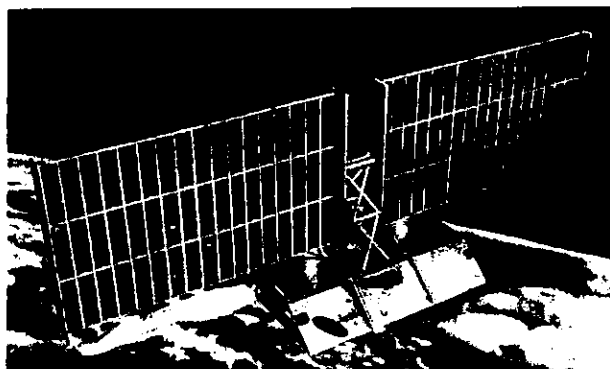


Figure 4: Satélite de TELEDESIC

Capacidad de la Red

Para hacer uso eficiente del espectro, las frecuencias están asignadas dinámicamente y reutilizadas muchas veces en cada huella satelital. El sistema soporta anchos de banda de acuerdo a la demanda, permitiendo a los usuarios tener acceso a mayor capacidad o bien liberar la misma de acuerdo a sus necesidades y así pagar solamente por la capacidad utilizada. El sistema está diseñado para que, de requerirse en un futuro, se logre aumento en la capacidad mediante la adición de satélites.

3.3. IRIDIUM

El sistema IRIDIUM es una red de comunicaciones personales inalámbrica basada en tecnología satelital y está diseñada para proporcionar cualquier tipo de transmisión, voz, datos, fax o paging, desde/hacia cualquier parte del mundo. La constelación de satélites que respalda este sistema, esta integrada por 66 satélites interconectados colocados en órbitas a 420 millas náuticas de la tierra. Este sistema proporcionara servicios de comunicación simplificados para negocios, viajeros, zonas residenciales o rurales, equipos para recuperación de desastres o cualquier otro usuario que requiera comunicación inalámbrica móvil en todo el planeta por medio de equipo portátil de mano. Ver Figura 1.

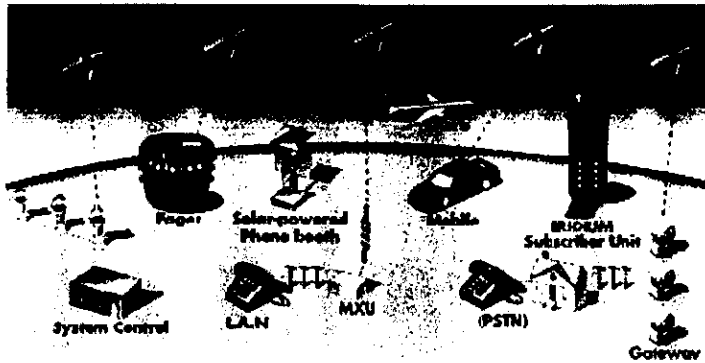


Figura 1: Aplicaciones

IRIDIUM empleará una combinación de dos técnicas de acceso para optimizar el uso del espectro radioeléctrico, Acceso Múltiple por División de Frecuencia y Acceso Múltiple por División de Tiempo (FDMA/TDMA). Los enlaces entre los satélites y el equipo de los abonados se realizará en la banda L (1,616 - 1,626.5 MHz). Para los enlaces entre los Satélites y los Gateways así como con las Estaciones Terrenas se realizará en la banda Ka (19.4 - 19.6 GHz para enlaces descendentes, 29.1 - 29.3 GHz para enlace ascendente). La interconexión entre satélites, la cual se realiza en el rango de frecuencias entre 23.18 y 23.38 GHz de la banda Ka, permite que se manejen llamadas por medio de la comunicación que se realiza entre satélites en la misma órbita o en órbitas adyacentes. Estas interconexiones son esenciales para proporcionar una verdadera cobertura global, lo cual hace posible que se efectúen y reciban llamadas desde cualquier parte del mundo, inclusive de zonas polares y oceánicas. Ver Figura 2.



Figura 2: Constelación de Iridium

Características de los Satélites

Los satélites de IRIDIUM tienen un peso aproximado de 689 kilogramos y están posicionados a una altitud de 420 millas náuticas y se comunican directamente con el equipo terminal del usuario. Cada uno de los satélites proyectará haces estrictamente conformados sobre la tierra. A diferencia de los satélites geoestacionarios, la órbita baja de los satélites de IRIDIUM y los más recientes avances en la transmisión de microondas, hace posible la comunicación con equipo terminal de bolsillo. Ver Figura 3.

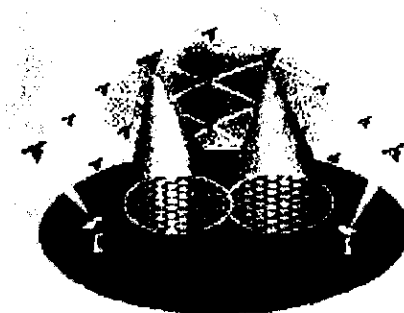


Figura 3: Huellas Satelitales

Estos satélites fueron diseñados y desarrollados en Chandler, Arizona, por la División de Comunicaciones Satelitales de Motorola (SATCOM) y fueron desarrollados bajo un concepto denominado *dock-to-dock* el cual se rige en estándares estrictos de ensamblaje. El primer satélite de IRIDIUM fué lanzado en 1997. Tres compañías las que participaron en la implementación de toda la constelación: *McDonnell Douglas Corporation* de los Estado Unidos de América,

China Great Wall Industry Corporation de la República de China y Khrunichev State Research and Production Space Center de la Federación Rusa. Ver Figura 4.

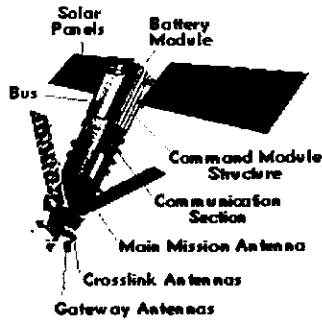


Figura 4: Satélite IRIDIUM

Gateways

Los GATEWAYS, son elementos de la red que permiten la interconexión entre los teléfonos móviles de IRIDIUM y las redes públicas telefónicas. Estos, estarán instalados en regiones claves y estratégicas en el mundo y estarán operados por los inversionistas locales del proyecto. Ver Figura 5.

El sistema principal de interconexión utilizado en los GATEWAY's de IRIDIUM, es un conmutador marca SIEMENS basado en el modelo EWSD 900 con tecnología celular GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles, por sus siglas en inglés), este equipo permite la integración de los servicios de IRIDIUM con los servicios de las redes terrestres.

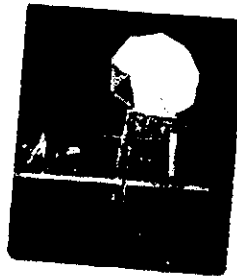


Figura 5: GATEWAY

Sistema De Control

El sistema de control es el componente encargado de la administración central del sistema IRIDIUM. Este opera en conjunto con el Centro de Control Maestro, localizado en Virginia del Norte, EUA, el cual desempeña el control de los satélites y administra la red. Adicionalmente, existen tres Centros de Telemetría, posicionamiento y control (TTACs, por sus siglas en inglés), localizados en Hawái y Canadá, los cuales están enlazados directamente con el Centro de Control Maestro. El objeto de la comunicación entre el TTAC con la red satelital es, entre muchas otras funciones, regular el posicionamiento de los satélites durante su lanzamiento y órbita subsecuente.

Servicios

IRIDIUM proporcionará cuatro servicios básicos que son: Telefonía móvil, Radiolocalización global de personas, Servicios Aeronáuticos y Telefonía rural.

Telefonía Móvil: El sistema de telefonía móvil de IRIDIUM trabaja en dos modos diferentes, los cuales son seleccionados por el usuario en el teléfono. El modo celular; funciona como un sistema telefónico celular convencional. Al estar el usuario en una zona urbana, el equipo rastrea el servicio de un operador terrestre con el cual se tenga convenio y utiliza las facilidades de la red terrestre de dicho operador. El segundo modo de operación es el modo satelital. Cuando un servicio celular no está disponible, el usuario puede cambiar el modo de operación del teléfono a "Modo Satelital". El sistema garantiza que cualquiera de los 66 satélites en órbita recibirá la transmisión. La llamada es transmitida de satélite a satélite hasta que esta llegue a su destino, independientemente que ésta sea a través de un Gateway y la Red Pública Telefónica Local ó directamente a otro teléfono móvil del sistema. Ver Figura 6.



Figura 6: Teléfonos Satelitales

El sistema de satélites mantiene localizados a cada uno de los usuarios en todo el planeta. De esta manera, se registran los números de identificación únicos de cada usuario y así se logra enrutar cada una de las llamadas. Esta facilidad también permite llevar un registro del lugar desde donde se hizo la llamada y su destino, esta información es enviada al Gateway de la localidad en donde reside el usuario y con ella se realiza la tarificación del servicio.

Radiolocalización Global de Personas (PAGING): El servicio global de localización de personas de IRIDIUM ofrece al usuario la posibilidad de recibir mensajes alfanuméricos, con el mismo número de identificación personal, en cualquier parte del mundo. El despliegado del mensaje en los equipos incluye un carácter internacional el cual permite su operación a nivel mundial. Los equipos estarán equipados con baterías desechables y tiempo de operación de hasta un mes. Ver Figura 7.



Figura 7: Radiolocalizadores Satelitales

Unidades Móviles de Intercambio: Las unidades móviles de Intercambio, MXUs por sus siglas en inglés, son unidades semi-portátiles las cuales son usadas para proveer acceso compartido a los servicios de sistema IRIDIUM en localidades remotas. Ver Figura 8.

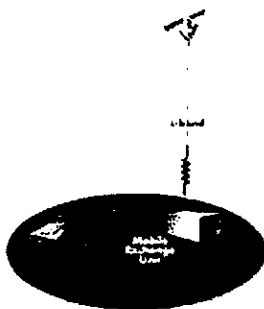


Figura 8: Unidad Móvil de Intercambio

Servicios Aeronáuticos: Los Servicios Aeronáuticos de IRIDIUM proveerán comunicación esencial de voz, facsimile y datos en aeronaves comerciales y particulares. Unidades compactas y ligeras complementan la configuración actual del sistema de comunicaciones existentes en las aeronaves, con lo que se puede ofrecer a los pasajeros acceso global al sistema de comunicaciones terrestres. Ver Figura 9.



Figura 9: Servicios a Aeronaves

Casetas Telefónicas: Se han diseñado casetas telefónicas alimentadas con energía solar para proveer acceso al sistema de comunicaciones de IRIDIUM con lo que se podrá brindar servicio de telefonía en comunidades rurales en las cuales se carezca de un medio de acceso a las redes públicas alámbricas y/o celulares. Otra característica de estas cabinas telefónicas, es que son plegables, portátiles y pueden operar ya sea con energía eléctrica convencional y/o energía solar. Ver Figura 10.



Figura 10: Servicios de Telefonía Rural

3.4. SISTEMA ICO

El Sistema ICO estará formado por un segmento espacial y una red terrestre dedicada llamada ICONET, esta red servirá para comunicar los satélites con las ya existente redes publicas fijas y móviles.

El segmento espacial de ICO consistirá de 10 satélites en operación y 2 de reserva en órbita a una altitud media de 10, 355km., dividida equitativamente entre 2 planos ortogonales, cada uno inclinado a 45 grados hacia el ecuador, lo cual permitirá tener cobertura completa y continuamente traslapada en toda la superficie de la tierra. Ver Figura 1.



Figura 1: Órbitas ICO

Los satélites operaran en banda S y banda C usando procesamiento digital a bordo y acceso por división múltiple de tiempo (TDMA), para manejar simultáneamente hasta 4500 llamadas por satélite.

Los satélites se comunicarán con las redes terrestres a través de la ICONET. Esta consistirá de 12 estaciones terrenas o nodos de acceso al satélite (SANS), localizadas alrededor de la tierra, con enlaces de alta capacidad entre ellos.

Los SANS proveerán la interface primaria con los satélites ICO para el enrutamiento del trafico así como mantener los datos de los clientes. Los SANS también se enlazaran con puntos de interconexión que servirán de interface primaria con la red telefónica publica, móvil y redes de datos.

El diseño del sistema ICO integrará la capacidad de comunicaciones móviles de los satélites con las redes terrestres. Las terminales de usuarios ICO incluirán, entre otros, teléfonos portátiles, los cuales, ofrecerán servicios similares a los suministrados por teléfonos celulares convencionales.

El sistema enrutará llamadas de redes terrestres a través de la ICONET, la cual comprende 12 estaciones terrenas o SANs, así como también los enlaces terrestres entre ellos, los cuales seleccionarán un satélite a través del cual enviarán la llamada a una terminal móvil.

Las llamadas provenientes de una terminal móvil serán enrutadas a través constelación satelital e ICONET hacia la red correspondiente ya sea fija, móvil o bien a otra terminal de satélite móvil.

Las terminales se beneficiarán de la tecnología celular/PCS terrestre, serán producidos por los principales fabricantes de equipos de comunicaciones. Estarán disponibles las versiones de modo único de Sólo Satélite, sin embargo, las más esperadas serán las terminales capaces de operar en Modo Dual con sistema celular/PCS terrestre y satelital.

Las terminales de Modo-Dual serán capaces de seleccionar automáticamente entre la operación vía satélite o terrestre, o bien bajo control del usuario, lo cual estará sujeto a la disponibilidad del sistema satelital y terrestre así como de los acuerdos en base a la preferencia del cliente

La ICONET estará compuesta por 12 SANs enlazados por medio de un backbone terrestre y un centro de administración de la red.

Los SANs serán la interface principal entre los satélites y las redes terrestres y también se encargaran de alojar el equipo que enrutará las señales del satélite para su distribución por los canales apropiados. Un SAN comprenderá tres elementos principales :

- Cinco antenas, con el equipo necesario para establecer la comunicación con los satelites;
- Switch para enrutar el tráfico de la ICONET y otras redes terrestres, en particular la RPTC (Red Pública Telefónica Conmutada);
- Bases de datos para soportar el manejo de movilidad.

Cada SAN contará una base de datos que contendrá detalles de las terminales de usuario actualmente registradas a el.

Cada SAN seguirá los satélites por medio de una señal que proveerá un canal de comunicación robusto para cursar el tráfico con el satélite seleccionado y

subsecuentemente esto se hará automáticamente para mantener la comunicación ininterrumpida con los otros satélites. Ver Figura 2.

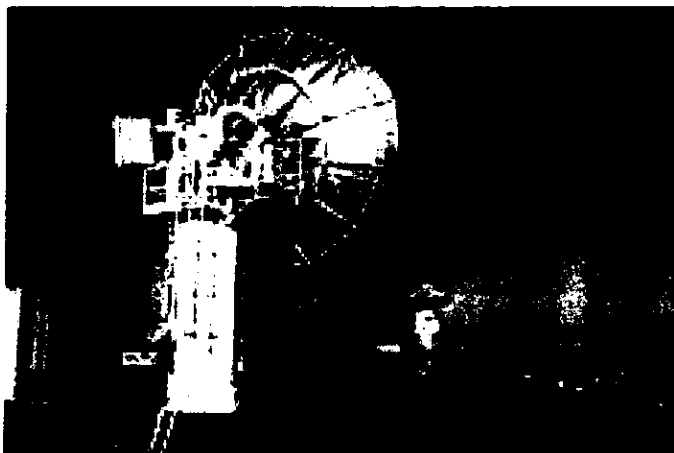


Figura 2: Antena SAN

La configuración ha sido diseñada para proporcionar una cobertura total de la superficie de la tierra en cualquier momento y para maximizar los diversos recursos del sistema. La diversidad de recursos es la disponibilidad al usuario para usar más de un satélite al mismo tiempo. Proporcionando una opción alternativa para transmitir, en caso de que la línea de la señal con un satélite sea obstruida, esto disminuirá la posibilidad de interrupción de llamadas. Ver Figura 3.

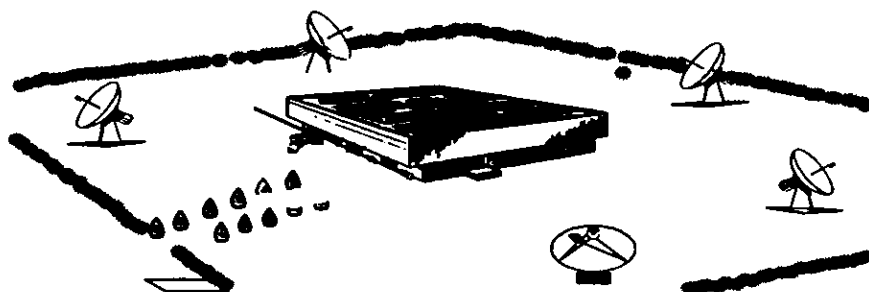


Figura 3: SAN

Los satélites se conectarán a la ICONET, la cual como ya se había mencionado está compuesta por 12 nodos de acceso (SANs) localizadas alrededor del mundo y enlazadas por líneas de comunicación de alta velocidad. Cada SAN estará compuesto de varias antenas para la comunicación con el satélite, equipos de

comutación y bases de datos. La ICONET seleccionara la ruta de las llamadas para asegurar al usuario del sistema la mejor calidad y disponibilidad de servicio. Los puntos de interconexión entre las redes terrestres y la ICONET estarán localizados en todo el mundo. Ver Figura 4.

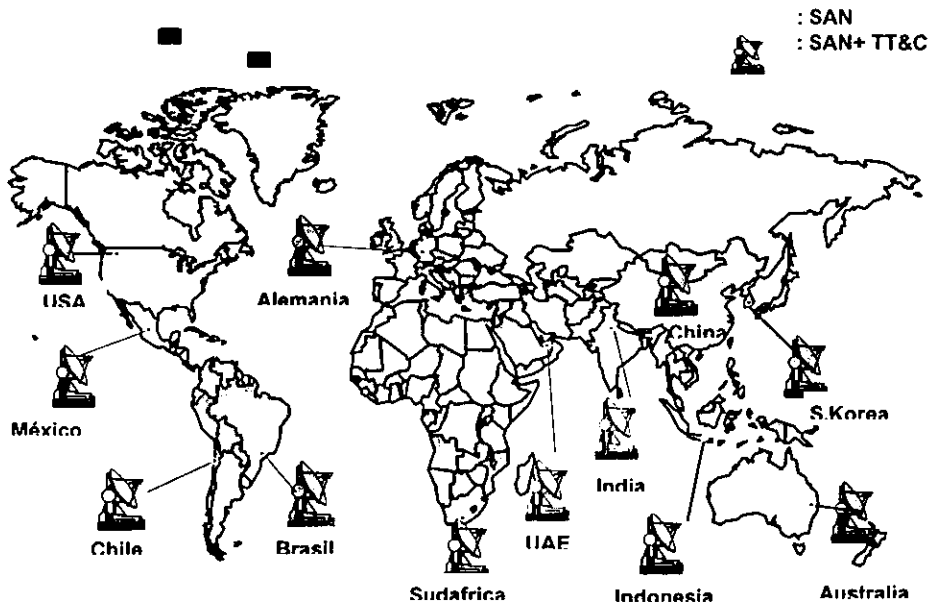


Figura 4: Localización de SANs

Satélites

El patrón orbital de la constelación de ICO está diseñado para proporcionar cobertura traslapada, asegurando que usualmente dos o tres satélites y algunas veces hasta cuatro estarán en línea de vista del usuario y de un SAN al mismo tiempo. Cada satélite cubrirá aproximadamente el 30% de la superficie terrestre a la vez. Las órbitas fueron seleccionadas para proveer cobertura continua a toda la superficie terrestre, con ángulos de elevación para los usuarios de entre 40 y 50 grados promedio.

Una constelación de 10 satélites en la órbita media de la tierra (MEO), 10,390 km sobre la superficie de la tierra estará arreglada en dos planos de cinco satélites cada una, más uno de reserva en cada plano. Hughes Space and

Communications International está actualmente construyendo los satélites bajo un contrato firmado en 1995. Los lanzamientos empezarán el presente año.

Enlaces de servicio y número de haces: El desempeño del sistema será mejor que el requerido para proveer el nivel deseado de servicio. Los 163 enlaces de servicio, transmitirán y recibirán haces con enlaces con un margen mínimo de potencia excedido en 8 dB y un margen promedio excedido por 10 dB.

Antenas de alimentación de enlace: Las antenas de alimentación del enlace, soportarán el enlace entre los satélites y los SANs. Al mismo tiempo, cada satélite estará usualmente en continua comunicación directa con dos y hasta cuatro SANs. Antes que un satélite salga de línea de vista de un SAN, se establecerá contacto con otro. Esto será mientras el satélite este aún en línea de vista.

Masa y Potencia estimadas del Satélite: La masa total del satélite en el momento de su lanzamiento, para su colocación en su órbita final, será de alrededor de 2,600 Kg. La colocación directa permite la simplificación del diseño del HS601, como no es necesario un motor de apogeo para alcanzarla órbita final. Los paneles solares utilizarán lo ultimo en celdas de arsenuro de galio, para proveer vida adicional al satélite con una potencia de 8,700 W.

Requerimientos de espectro de los enlaces de servicio (Para comunicación entre usuarios terminales y satélites): Los enlaces de servicio de ICO operarán en la banda de 2 GHz.

La conferencia mundial de radio de 1995 (WRC-95) hizo un número importante de modificaciones a las asignaciones originales en la banda de 2 GHz. La más importante de estas fue la fecha de acceso a estas bandas por los proveedores de servicios satelitales móviles para el primero de enero del 2000 (anteriormente era para el 2005), y otorgo adicionalmente espectro disponible en la región 2 (América).

Requerimientos de espectro de enlaces de alimentación (Para conexión entre satélites y SANs): ICO selecciono para la operación de sus enlaces de alimentación las bandas de 5 GHz y 7 GHz. Estas bandas forman parte de un par de nuevas asignaciones hechas por la WRC-95 para alimentación de enlaces satélites no geoestacionarios proveedores de servicios de comunicación móvil.

En los satélites ICO la carga del sistema de comunicaciones involucra un alto grado de tecnología digital para funciones de canalización y generación de haz comparado con las técnicas de basadas en tecnologías analógicas. Las soluciones digitales permiten flexibilidad de operación, con significativas ventajas en su manufactura. Ver Figura 5.



Figura 5: Satélite ICO

Otra ventaja clave del diseño son los enlaces independientes (Satélite a usuario), mediante una antena de transmisión y otra de recepción, lo cual permite facilitar la manufactura y mejorar la protección a la intermodulación que con las antenas que combinan la transmisión y recepción

Para proveer enlaces robustos con terminales pequeñas, las antenas del servicio de enlace tendrán una apertura excedida de dos metros. El uso del múltiples enlaces de servicio también permitirá el rehusa de frecuencias.

Cada satélite esta diseñado para soportar por lo menos 4500 canales usando acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). TDMA fue seleccionada después de una cuidadosa comparación con otras técnicas de acceso.

El tiempo de vida de los satélites ICO se espera sea de aproximadamente 12 años.

Control

La ICONET será controlada por el Centro de Control de Red. El centro de control satelital (SCC) maneja el sistema de satélites ICO por el seguimiento de los movimientos de los mismos y ajustamiento de sus órbitas para mantener la constelación. Además monitoreara las condiciones generales de los satélites y tendrán la capacidad de maniobrar los satélites para realinear la constelación, en caso de mal funcionamiento. El SCC también soportará el lanzamiento y despliegamiento de los satélites.

El SCC controlará el transponder de enlace entre el alimentador y las antenas de servicio en los satélites. Este proceso dictará, entre otras cosas, reconfiguración de frecuencias dentro del haz del enlace de alimentación y optimizará la distribución del canal entre haces de alto y bajo tráfico.

Una característica crítica de ICO, será su integración con las redes móviles terrestres públicas (PLMNs). En los más de los casos, la red satelital será vista como un sistema complementario al servicio proporcionado en las PLMNs, por los suscriptores que desean la capacidad de hacer y recibir llamadas en áreas en las que no hay cobertura por las PLMNs.

Con el fin de proveer cobertura mundial, la ICONET, incluirá un sistema para manejo de movilidad mundial de usuarios, basado en el estándar celular digital existente (GSM).

Los registros locales de usuarios residentes HLRs en coordinación con los registros locales de usuarios flotantes VLRs, verificarán información y estado del usuario y localización de usuarios en cualquier lugar del mundo. Cualquier terminal encendida, enviará una señal vía un satélite y un SAN al HLR del usuario, quien verificará el estado del usuario y permitirá el acceso al sistema. El sistema comunicará esta liberación al SAN, quien lo registrará en su VRL

Servicios

ICO ofrecerá voz digital, datos, fax y un espacio para servicio de mensajes, lo cual comenzará en el 2000. La terminal básica será similar en talla, peso y diseño a las unidades celulares actuales, esta a su vez será de Modo-Dual, capaz de trabajar con el sistema satelital, celular y sistemas PCS basados en GSM así como en el estándar norteamericano y Japonés tales como: CDMA, D-AMPS y PDC. Otros tipos de terminal se espera incluyan datos dedicados, unidades para automóvil, marítimas, comerciales, aeronáuticas, semifijas y de Control, Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA). Las terminales serán desarrolladas y suministradas por empresas líderes en la fabricación de equipo para comunicaciones móviles. Ver Figura 6.

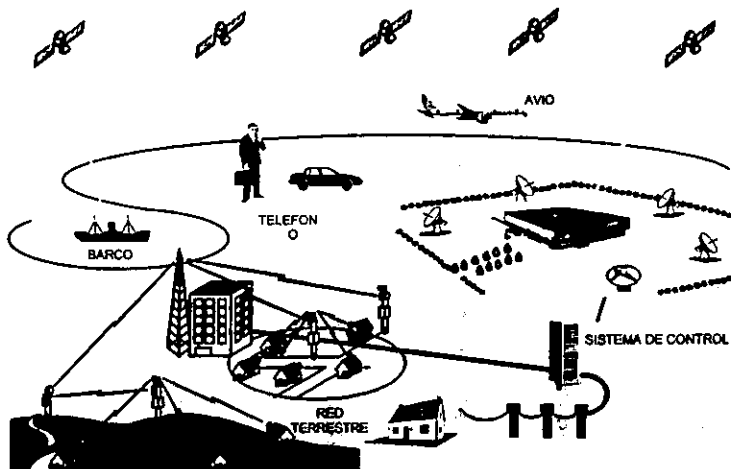


Figura 6: Servicios

La mayoría de las terminales de usuario ICO están planeadas para ser portátiles, teléfonos de bolsillo capaces de operar en Modo Dual (Satélite y celular o PCS), muy similares en tamaño, apariencia y calidad de voz a los teléfonos celulares o PCS usados actualmente.

Las terminales telefónicas de ICO esta planeado para tener características opcionales, incluidos puertos externos para datos y Buffer de memoria interno para soportar comunicación de datos, funciones de mensajes, fax y uso de tarjetas (SIMs).



Figura 7: Teléfono ICO

El sistema ICO fue diseñado para asegurar que las terminales telefónicas cumplan con los requerimientos de seguridad referentes a radiación de radio frecuencia. El promedio de potencia transmitida durante el uso, típicamente no

excederá 0.25 W. Los teléfonos celulares típicamente transmiten una potencia en promedio entre 0.25 y 0.6 W.

Otros tipos de terminales de usuario

La tecnología usada en los teléfonos ICO se espera será incorporada en un amplio rango de tipos de terminales de usuario, incluidas terminales móviles vehiculares aeronáuticas y marítimas así como terminales semifijas y fijas para teléfonos rurales y comunitarios. Ver Figura 8.

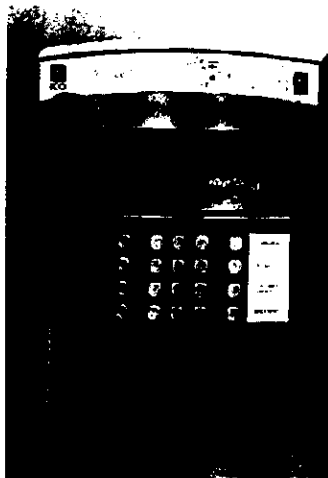


Figura 8: Teléfono Público ICO.

3.5. SISTEMA LEO ONE

El sistema móvil satelital desarrollado por LEO One representa lo que ha sido llamada la última meta en servicios inalámbricos: comunicación bidireccional, inalámbrica, ininterrumpida y de cobertura mundial. Este sistema se ha diseñado para complementar y extienden las ya existentes redes nacionales locales y de larga distancia, publicas, privadas y servicios terrestres inalámbricos.

LEO One ofrecerá servicios a bajo costo y alta calidad en comunicación de datos inalámbricos. La constelación de 48 satélites de baja órbita terrestre esta dirigida a servir a negocios, industrias , y consumidores alrededor del mundo.

El sistema Leo One es una extensión de tecnología inalámbrica, actualmente en uso. Estas incluyen servicios celulares, sistemas de paging, y redes privadas de radio.

Cobertura Mundial: El servicio satelital móvil es la única tecnología que puede llegar de forma efectiva a la última meta de comunicación inalámbrica: cobertura mundial sin interrupción en regiones y baja potencia de transmisión a pequeñas áreas geográficas. La constelación de 48 satélites de órbita baja del sistema, está diseñada para proporcionar ubicuidad, accesibilidad y disponibilidad a los usuarios, en tiempo casi real, virtualmente en cualquier lugar del mundo.

Cobertura Móvil: La cobertura del sistema satelital de Leo One es perfecta para aplicaciones móviles, como transportación terrestre, marítima y viajes de negocios. Con patrones orbitales cuidadosamente diseñados en ocho planos orbitales, los satélites comunican con todos los puntos alrededor del mundo entre los círculos Ártico y Antártico.

Cobertura sin interrupciones: Las órbitas intersectadas y las huellas circulares de 48 satélites a 950 km de la superficie terrestre, proveerán cobertura y accesibilidad con los sistemas terrestres . Cada huella de satélite o área visible desde cualquier punto desde la órbita del satélite, es del tamaño de los Estados Unidos, aproximadamente 12,310,056 km². Y los sistemas terrestres pueden conmutar mensajes entre satélites y redes terrestres para servicios mundiales. Ver Figura 1.



Figura 1: Huellas Satelitales

Almacenaje y envío de dos vías: Los mensajes serán primeramente guardados y luego enviados al recipiente designado en el sistema MSS. Es posible que

ocurra mucho tráfico de mensajes en cortos intervalos de tiempo, por lo que el usuario podrá detectar pequeños retardos entre el envío y recepción de los mensajes almacenados.

Disponibilidad: Gran variedad de factores hacen apto al sistema para proveer a los usuarios finales servicios de bajo costo, comparado con los satélites geostacionarios y de órbita baja superiores a 1 GHz (Grandes LEOs), los satélites de órbita baja menores a 1 GHz (Pequeños LEOs), son más pequeños, menos caros y más fáciles de lanzar. Además cumplen con su objetivo de ubicuidad de cobertura y un sistema como el de Leo One es menos costoso que la construcción de una red terrestre.

El explosivo crecimiento en años recientes de los sistemas celulares y de paging, demostró que estos estaban reuniendo las necesidades críticas de sus clientes.

En transportación, las compañías distribuidoras cubren sus necesidades de despachos y manejo de fletes por medio de sistemas de radio-base, asimismo los sistemas de servicios de comunicación personal usando tecnología de micro-celdas y redes móviles de datos serán también seleccionadas por muchos usuarios de este tipo.

La popularidad de los sistemas móviles de base terrestre, de hecho han dirigido el incremento de las demandas de los clientes para mejorar estos servicios.

Las tecnologías móviles existentes están explorando las formas en las cuales pueden modificar sus redes para proveer transmisión de datos de dos vías y compensar así los vacíos en sus áreas de cobertura. Las redes terrestres están haciendo su máximo esfuerzo para extender su cobertura fuera de sus áreas y tratando de dar a servicios un mayor costo beneficio.

Leo One esta enfocado a cubrir las necesidades que no pueden ser satisfechas por los sistemas terrestres. Un buen diseño e inteligente manejo de las tecnologías de servicios móviles vía satélite las harán aptas para proveer las necesidades insatisfechas de servicios para una gran variedad de negocios e industrias, muchas de las cuales simplemente no pueden ser efectivamente servidas por las redes inalámbricas terrestres existentes. La clave será el bajo costo y ubicuidad de cobertura del proveedor.

Basados en diversos estudios del mercado potencial para servicios móviles de satélites de órbita baja, la demanda mundial se espera supere los 50 millones de subscriptores para el final de esta década. Para el año 2000, algunos observadores dicen, podría esperarse una demanda de 19 millones de terminales simplemente en Norteamérica.

Este explosivo crecimiento resultará de la adopción de los servicios móviles de satélite por muchos segmentos de la industria. Por ejemplo, los sistemas Leo One

están proyectando contar con el 20 por ciento de lo que será el mercado mundial de e-mail inalámbrico de \$5 billones de dólares para el año 2003. Ver Figura 2.

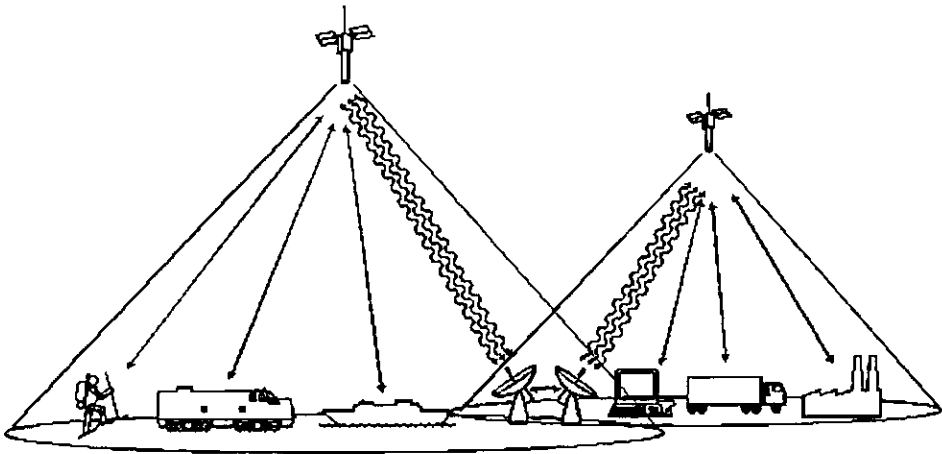


Figura 2: Aplicaciones Típicas

Operación del sistema: Básicamente el sistema está integrado por un transceptor de bolsillo con una antena corta y flexible (o bien un transceptor de escritorio o montado en un vehículo), los usuarios envían y reciben mensajes de datos. Los transmisores de mensajes se comunican con el satélite mas cercano a la vista, por el cual es enlazado con el gateway local para validación y optimo enrutamiento al receptor. El mensaje es entonces regresado al satélite y almacenado por un instante (hasta que el receptor esta a la vista). Si es necesario, los gateways envían mensajes entre satélites para hacer la entrega más rápida.

La constelación de 48 Satélites estará organizada en ocho planos orbitales igualmente espaciados alrededor del ecuador e inclinados un ángulo de 50 grados entre si. En cada plano habrá seis satélites igualmente espaciados en órbitas circulares de 950 kilómetros de altura. Cada satélite pesa cerca de 125 kilogramos y tiene un periodo orbital de aproximadamente 104 minutos.

El tiempo de vida útil de los satélites es de 5 a 7 años. Estos satélites están diseñados para lograr un fácil despliegamiento individual o en grupos, a partir de una gran variedad de vehículos de lanzamiento. Los satélites se comunicaran con una red de estaciones terrenas a las terminales de los usuarios a través de una vía rápida. El acceso al sistema y disponibilidad estarán muy cerca del tiempo real.

Satélites

Los satélites están diseñados para proveer alta calidad de almacenamiento y envío así como cobertura de todos los puntos en la superficie de la tierra entre 65° latitud norte y 65° latitud sur. El periodo orbital de los satélites será de 104 minutos aproximadamente, y el periodo típico de "visibilidad" del satélite a la estación terrena transreceptora durante cada proceso será de 7 a 10 minutos. El traslape de cobertura de todos los puntos asegurará que los satélites estén siempre disponibles para los usuarios. Ver Figura 3.

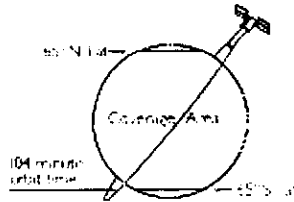


Figura 3: Cobertura del Sistema

La constelación estará configurada en ocho planos orbitales igualmente espaciados alrededor del ecuador e inclinados a un ángulo de 50°. Cada plano contendrá 6 satélites igualmente distribuidos en el espacio en una órbita circular a una altitud de 950 kilómetros.

Hardware: Cada uno de los 48 satélites proporcionará dentro de la constelación huellas con cobertura circular de aproximadamente 3,960 kilómetros de diámetro para un transreceptor en la superficie de la tierra con un ángulo de elevación no menor a 15° sobre el horizonte. Cada satélite sirve como procesador, demodulador y decodificador de todos los paquetes de datos recibidos, los almacena en una memoria digital, para después codificarlos, modularlos y retransmitirlos. Ver Figura 4.



Figura 4: Satélite Leo One

Cada satélite pesara alrededor de 125 kilogramos y tendrá una vida de 5 a 7 años. Los satélites pueden ser distribuidos individualmente o en grupos, para lo cual se contarán con suficientes vehículos de lanzamiento. El sistema hace uso óptimo del espectro y provee transmisión de datos a 9.6 kbps. Con equipo de comunicación formado por cuatro transmisores y quince receptores, los satélites operaran en bandas de 137-138 MHz Espacio - Tierra y 148-150.05 MHz Tierra - Espacio, las cuales han sido otorgadas a LEO MSS. Cada satélite contiene los siguientes subsistemas: comunicaciones de radio frecuencia, tracking, telemetría y control; computadora de vuelo; determinación de altitud y control (ADCS); generación de potencia, almacenamiento, acondicionamiento y distribución; control térmico y propulsión.

Control

Gateways: Actuarán para el envío de paquetes y control regional de las estaciones terrenas y proveerán acceso de y para las redes terrestres de telecomunicaciones. Servirá como respaldo de los sitios NOCC (Centro de Control y Operación de Constelación) en caso de falla de los sitios primarios. Debido a la naturaleza de almacenamiento y envío de los satélites, no es requerido un contacto continuo entre los satélites y los gateways. Los gateways polean y asignan uno de tres canales de enlace descendentes para iniciar la transferencia de datos.

Existen dos gateways continentales planeados en los E.U, uno en el sudoeste y otro en el sudeste. Un tercer gateway estará localizado en Alaska. Accesos adicionales para servicios fuera de los E.U estarán localizados conforme se realicen los acuerdos con otros gobiernos. Los gateways operaran en banda tierra - espacio de 148 -150.05 MHz y en banda espacio - tierra de 400.15 – 401 MHz actualmente otorgadas a LEO MSS. Las vías rápidas usaran antenas direccionadas para localizar y seguir el satélite. Los gateways estimarán el corrimiento por efecto Doppler de la señal y harán mediciones del mismo para estimar el refinamiento de la posición orbital.

Centro de control y operaciones de la constelación: Uno de los sistemas de gateways será designado para operar como estación para tracking , telemetría y control (TT&C) de los satélites en la constelación. El sistema de tracking determinara las órbitas del satélite. El monitoreo del control y estado del satélite garantizara el desempeño óptimo del tráfico proveniente de las terminales de los usuarios.

La alta calidad en el servicio será el único aspecto visible del COCC para el usuario. Las computadoras de monitoreo del satélite se comunicarán con el COCC para determinar el estado del satélite. Los satélites alertarán al COCC si es necesaria su atención. El COCC utilizará una terminal gateway para comunicación, la cual desplegará el límite de los parámetros orbitales y serán

generados mensajes de estado para su revisión por el área de ingeniería. Una estación de trabajo procesará y revisará la información recibida de los 48 satélites en una misma localidad. Ver Figura 5.



Figura 5: CCOC

Centro de control y operación de red: Uno de los gateways será designado para servir como estación terrena primaria para el control de la red de comunicaciones. Las funciones desempeñadas incluirán la administración del almacenamiento – envío de mensajes, optima conmutación entre gateways, validación de usuarios y monitoreo del desempeño de la red.

La red será optimizada para proveer a los usuarios de entrega rápida de mensajes. El NOCC utilizará una terminal Gateway para comunicarse con los satélites. La administración de la comunicación de la red se llevará a cabo por medio de estadísticas de entrega de mensajes generadas por los gateways y descarga del satélite. Para optimizar la calidad se utilizará un algoritmo de red desarrollado para constelaciones multi-satélite. Adicionalmente estarán disponibles otras capacidades de soporte como validación de usuario, perfil de servicio de cliente y tarificación , los cuales se derivan de los sistemas operacionales de negocios de telecomunicaciones existentes. Ver Figura 6.



Figura 6: NOCC

Servicios

Terminales de usuario/ Transreceptores: Una familia de transreceptores y terminales de usuario final del sistema soportarán una gran variedad de aplicaciones específicas. El módulo de módem será el corazón del transreceptor y

la configuración de transreceptor de aplicación específica será construido por la integración de este módulo con otros módulos hechos especialmente para la aplicación. Las aplicaciones típicas incluirán seguimiento de vehículos, monitoreo de estado, adquisición de datos, paging, e-mail, monitoreo de seguridad y alertas de emergencia. Ver Figura 7.

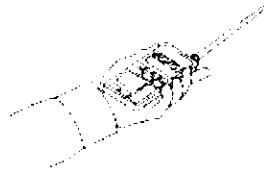


Figura 7: Terminal de Usuario

Los transreceptores serán pequeños (menos de 160 cm^3), ligeros y de operación con baterías. Estarán disponibles de bolsillo, de escritorio y para montaje en vehículos. Los transreceptores para aplicaciones de control y monitoreo estarán disponibles de acuerdo a los requerimientos de la aplicación, tamaño, vida de la batería, condiciones ambientales y velocidad de datos. Las terminales de Leo One operarán con una potencia máxima de transmisión de siete watts, como es típico en las terminales actualmente en uso.

4. COMPARACION ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS SATELITALES

Como hemos podido darnos cuenta, los sistemas satelitales de órbita media y baja ofrecen servicios y características de operación, a simple vista muy similares entre sí.

En esencia todos los operadores de satélites de órbita baja ofrecen una calidad en el servicio transparente al usuario, es decir, los sistemas están diseñados para tener un desempeño óptimo sin que el usuario final tenga que preocuparse por cuestiones de diseño. Por tal motivo el análisis técnico de los sistemas se hará desde una perspectiva cualitativa.

A continuación se presenta a manera de resumen un comparativo de la tecnología, servicios ofrecidos y aplicaciones de los sistemas seleccionados para este estudio.

4.1. COMPARACION TECNOLOGICA

Clasificación	MEO	LEO	LEO	LEO	LEO
Número de satélites en operación	10	48	66	48	840
Número de satélites de respaldo	2	8	6	8	84
Visibilidad de más de un satélite a la vez	Más de dos	Más de dos	En los polos	De uno a tres	Más de dos
Altitud (Km.)	10,355	1,400	780	950	695-705
Ángulo mínimo de elevación desde la terminal (°)	10	10	8.2	>15	40
Tiempo mínimo de retardo de propagación para una estación móvil (ms)	34.5	4.63	2.6	3.16	2.32
Máximo retardo	48	11.5	8.22	7.31	3.4
Tiempo de vida de los satélites en años	12	7.5	5	5-7	10
Método de acceso	TDMA	CDMA	FDMA/TDMA/ TDD	Propietario	TDMA/SDMA/ FDMA/ATDMA
Número de planos	2	8	6	8	21
Inclinación (°)	45	52	86.4	50	98.16
Periodo en mín.	358.9	114	100.13	104	98.77
Visibilidad del satélite (min)	57.8	8.21	5.54	7-10	1.74
Modulación	QPSK	QPSK	QPSK		
Frecuencia de bajada (MHz)	1980-2010	2483.5- 2500.0 (S-Band)	1616.0 - 1626.5 (L-Band)	137-138 MHz	Banda Ka
Frecuencia de subida (MHz)	2170-2200	1610- 1625.5 (L.-Band)	1616.0 - 1625.5 (L. Band)	148-150.05 MHz	Banda Ka
Diámetro de la huella (km.)		5,850	4,700	3,960	1,412
Peso del satélite (Kg.)	1925	< 450	1616	125	
Vel. Voz (kbps)	4.8	Adaptivo 2.4/4.8/9.6	2.4/4.8	No disponible	16
Vel. datos (kbps)	2.4	7.2	2.4	No disponible	9.6-2048

Tabla 1: Comparación Tecnológica

Clasificación:

La clasificación de los satélites, entre otros criterios, puede hacerse de acuerdo al tipo de órbita en la que operen, como ya se discutió en el capítulo 5. Tecnologías Satelitales, básicamente podemos agruparlos en GEOs (de órbita geostacionaria), MEOs (de órbita media) y LEOs (de órbita baja). Las ventajas podemos resumirlas de la siguiente manera, cuanto más baja es la órbita, menor es la potencia requerida para la transmisión de las señales al satélite y menos el retardo que esta sufre, sin embargo aumenta la complejidad del sistema.

Número de satélites en operación:

El número de satélites que cada operador asigne para lograr una cobertura global, depende de la altitud de los satélites y de la potencia de los mismos. Por lo tanto entre mas bajas son las órbitas, son menores las huellas de cobertura de cada satélite y se requieren más satélites para lograr cobertura global.

Número de satélites de respaldo:

Con el fin de garantizar la máxima disponibilidad posible de los sistemas, los operadores incluirán satélites de respaldo en órbita, los cuales permitirán continuar teniendo cobertura global aun si se presenta una falla critica en uno de los satélites que obligue a sacarlo de operación. Todos los sistemas analizados en este estudio tienen por lo menos un satélite de respaldo en cada plano orbital y hasta cuatro como es el caso de Teledesic, debido al gran número de satélites que maneja por órbita, lo cual como es obvio, incrementa las posibilidades de tener una falla crítica.

Visibilidad de más de un satélite a la vez:

Se refiere al número mínimo de satélites que tienen línea de vista desde una terminal terrena en un momento dado.

Esto puede tener gran importancia en ciudades o localidades donde existan objetos que puedan obstruir la línea de vista a un satélite cuando este se encuentre en un ángulo crítico con respecto a la terminal terrestre.

Altitud:

Es la altitud promedio de los satélites sobre la superficie terrestre, como ya se comento, este parámetro es un criterio para su clasificación y de el dependen algunos otros muy importantes, como la cobertura, retardo de las señales y potencia requerida para la transmisión de las mismas.

Angulo mínimo de elevación desde la terminal:

Este parámetro se refiere al ángulo mínimo de elevación que podrá estar en un momento dado una terminal, es decir el ángulo mínimo de vista desde el que una terminal tendría que operar con un satélite.

Hay que recordar que entre menor sea el ángulo de elevación de una terminal, mayor es la temperatura de ruido del receptor y menor el desempeño del mismo, además cuanto menor sea el ángulo de elevación mayor será la posibilidad de encontrar algún objeto que no permita la línea de vista al satélite.

Tiempo mínimo de retardo para una estación móvil:

El tiempo mínimo de retardo para una estación móvil se refiere al tiempo mínimo que transcurrirá desde que una señal es transmitida desde la terminal terrestre hasta que esta llega al satélite o viceversa, este parámetro esta por lo tanto en función directa de la distancia que hay en un momento dado entre la terminal y el satélite.

La sensibilidad al retardo de la señal dependerá de la aplicación, prácticamente ninguna aplicación es sensible a los niveles de retardo de una satélite de órbita media o baja, hay que recordar que en el caso de los satélites geoestacionarios el retardo debido a la propagación de una señal es considerablemente mayor y eso no impide que se curse comunicación de voz, la cual es sumamente sensible al retardo.

Máximo retardo:

El máximo retardo de la señal para una estación móvil, será el retardo de la señal cuando la terminal se encuentre en el punto más alejado posible del satélite, sin embargo ni siquiera el retardo máximo afecta considerablemente en el desempeño de alguna aplicación.

Tiempo de vida de los satélites:

El tiempo de vida de los satélites, al igual que en los satélites geoestacionarios, esta limitado por la duración del propulsor utilizado para mantener al satélite en su órbita, una vez que el propulsor se agota aunque todos los demás sistemas del satélite se encuentren en perfecto estado, el satélite será incapaz de mantener su órbita y por tanto ya no podrá seguirse utilizando y tendrá que ser reemplazado por otro.

Este tiempo es prácticamente transparente al usuario ya que el reemplazo es responsabilidad del operador satelital y no afecta las tarifas contratadas con este.

Método de acceso:

El método de acceso al satélite, como ya se *mencionó en el capítulo 2. Tecnologías Satelitales*, se refiere a la forma como será cursada la señal entre el satélite y la terminal y viceversa. El objetivo de usar tal o cual técnica de acceso o bien una combinación entre ellas es el optimizar al máximo el uso de los recursos del ancho de banda.

Número de Planos:

El número de planos es el numero de órbitas con el que operará el sistema satelital, es decir, varios satélites estarán compartiendo la misma órbita alrededor de la tierra, el número de planos es el número de planos orbitales en el que estarán distribuidos los satélites.

Cabe señalar que cuanto mayor es el número de planos de un sistema, se tiene una cobertura mejor distribuida, sin embargo esto incrementa la complejidad en la operación del sistema.

Inclinación:

La inclinación es el ángulo de inclinación de un plano orbital con respecto al ecuador, cuanto mayor es este ángulo, mayor es la relación entre los ejes de la órbita elíptica de los satélites, es decir, entre mayor sea el ángulo de inclinación más alargadas órbitas elípticas y por tanto las distancias mínimas y máximas entre el satélite y la estación terrena serán mas marcadas.

Periodo:

El periodo es el tiempo que tarda un satélite en completar el recorrido de su órbita, como es obvio entre menor sea la altura de un satélite con respecto a la tierra, menor será el periodo y por lo tanto menor el periodo de visibilidad del satélite.

Visibilidad del satélite:

Este parámetro es el tiempo durante el cual un satélite esta a la vista de una terminal, por lo tanto, es el tiempo máximo durante el cual una terminal puede operar con un satélite, antes de que se pierda de vista a dicho satélite, la terminal deberá de cambiar su enlace de comunicación con otro satélite a la vista.

Modulación:

La modulación de una señal es la forma que se le da a una señal para adaptarla al medio por el que será transmitida. Las diferentes técnicas de modulación tienen por objetivo optimizar el ancho de banda utilizado, así como la potencia necesaria para la transmisión de la señal.

Frecuencia de bajada:

Esta frecuencia es la utilizada para la transmisión de la señal del satélite hacia las terminales.

Frecuencia de subida:

Esta frecuencia es la utilizada para la transmisión de la señal de las terminales hacia el satélite.

Diámetro de la huella:

El diámetro de la huella es el diámetro promedio de la huella de cobertura de cada satélite sobre la superficie terrestre, esto es el área geográfica que será cubierta por la señal de un satélite. Las huellas tienen traslapes unas con otras para garantizar que en todo momento cierta área estará cubierta.

Peso del Satélite:

El peso del satélite influye de manera importante en el costo y la complejidad del sistema para ponerlo en órbita, ya que entre más pesado es mas caro y complejo debe ser el vehículo de lanzamiento para ponerlo en órbita.

Velocidad de transmisión voz:

La velocidad de transmisión de voz es la tasa de transmisión a la cual se transmite la voz digitalizada, esta tasa depende del algoritmo de compresión de voz. Hay que recordar que entre mayor sea la compresión, menor será el ancho de banda utilizado, pero también se vera sacrificada la calidad de la misma ya que tienden a perderse ciertas características de la voz, entre mas comprimida este esta.

Velocidad de transmisión de datos:

Las tasas de transmisión de datos manejada por casi todos los sistemas satelitales de órbita media y baja, aunque son bajas respecto a las tasas de transmisión de los sistemas terrestres, son suficientes para el tipo de aplicaciones para el que fueron diseñados. Únicamente Teledesic ofrece manejar grandes anchos de banda equiparables con los sistemas terrestres.

4.2. COMPARACION DE SERVICIOS OFRECIDOS

En la siguiente tabla se muestra una comparación de los servicios que ofrecen las cinco compañías que se están evaluando como posible solución al caso de negocio.

SERVICIOS					
Voz	✓	✓	✓		✓
Datos	✓	✓	✓	✓	✓
Video					✓
Fax	✓	✓	✓		✓
Paging	✓		✓	✓	✓
Mensajes Cortos		✓	✓		
GPS		✓	✓	✓	
Acceso a Internet					✓
Terminales Portátiles	✓	✓	✓	✓	
Terminales Fijas	Semi Fijas	Terminales Residenciales y Públicas	✓		✓
Cobertura de Servicios	Global	Latitud de +/- 70°	Global	Latitud de +/- 65°	Global
Inicio de Operaciones	2000	1999	1999	2002	2001

Tabla 2: Comparación de Servicios ofrecidos

Los principales servicios que ofrecen los diferentes sistemas son: voz/fax, datos, video, radiolocalización o paging, envío de mensajes cortos, GPS, acceso a Internet, manejo de terminales portátiles y/o fijas, cobertura de servicios y fecha de inicio de operaciones.

Servicios de Voz:

En cuanto a los servicios de voz, estos son ofrecidos por todos los sistemas, excepto Leo One. Estos servicios pueden ser brindados por diferentes medios, como pueden ser terminales móviles portátiles y/o terminales fijas. Así mismo, los servicios de voz pudiesen trabajar en forma dual (Satelital y Celular), esto dependiendo básicamente del sistema y/o de las terminales.

Servicios de Fax:

Generalmente, un sistema que proporciona servicios de voz, es capaz de proporcionar servicios de fax mediante la misma línea de comunicación. En el caso de los cuatro sistemas que proporcionan comunicación de voz, también es posible la transmisión de fax por las líneas telefónicas. Generalmente este servicio, tiene las mismas facilidades y limitaciones que los servicios de voz.

Servicios de Datos:

Con relación a los servicios de datos, se puede observar que todas los sistemas tienen la capacidad para proporcionar estos servicios. La diferencia básica radica en el tipo de datos que se pueden manejar, tipos de protocolo, así como también interfaces y terminales con capacidad para dicho propósito.

Servicios de Paging:

Como servicio de paging, estamos considerando el servicio tradicional de radiolocalización, con la variante de que, dependiendo del sistema, puede proporcionar comunicación unidireccional y/o bidireccional. Al igual que los servicios de datos, se pueden presentar diferentes tipos de equipos de usuario y áreas de cobertura. Este servicio es proveído por los cinco sistemas considerados.

Servicios de Video:

Teledesic es el único sistema que proporciona la transmisión de video. Esto se debe básicamente a los grandes anchos de banda requeridos para la transmisión de video. Este tipo de servicios proporcionan la facilidad de realizar tanto video conferencias como transmisión de canales de televisión.

Servicios de Mensajes cortos:

La diferencia básica entre un servicio de paging y el envío de mensajes cortos es que los mensajes cortos generalmente son mensajes numéricos y de muy pocos caracteres. Este tipo de mensajes se transmiten solo hacia el equipo del usuario (unidireccionales). Los dos proveedores de este servicio son Globalstar e Iridium.

Servicios de GPS:

Los Sistemas Globales de Posicionamiento (GPS por sus siglas en inglés) han tomado mucho auge en algunos negocios en los que la seguridad y el riesgo que corren las unidades de transporte requieren de información en tiempo real de su ubicación y estado. Los sistemas que ofrecen este tipo de servicio son Globalstar, Iridium y Leo One. Al igual que otro tipo de servicios, este se brinda mediante diferentes los servicios de valor agregado (monitoreo del estado del vehículo, envío de mensajes, dispositivos de seguridad, etc.) y terminales de usuario, al igual que el área de cobertura puede ser diferente para cada proveedor de servicios.

Acceso a Internet:

La única empresa que proveerá acceso a Internet es Teledesic. Al igual que los servicios de video, los accesos a Internet, generalmente requeridos por Proveedores de Servicios de Internet (ISP por sus siglas en inglés), requieren de canales dedicados a alta velocidad (mayores a 2,048 kbps). Por esto el sistema satelital requerido para proporcionar este tipo de enlaces debe proporcionar canales de banda ancha.

Terminales Móviles:

Como terminales portátiles estamos considerando básicamente equipo que puede ser transportado con facilidad para proporcionar algún servicio de comunicación, ya sea voz/fax, paging ó datos. Estas terminales pueden ser teléfonos de bolsillo, radiocalizadores, terminales para ser instaladas en vehículos y unidades de voz/fax y datos del tamaño de "Laptops" ó portafolios. Todos los sistemas considerados ofrecen al menos una variante de terminales portátiles.

Terminales Fijas:

Los sistemas que cuentan con terminales fijas son ICO, Globalstar e Iridium, las cuales son principalmente dedicadas a proporcionar servicios de voz. En el caso de ICO, estas terminales son semi-fijas, lo que significa que dichas terminales son de fácil transportación y ensamblaje, y ofrecen la posibilidad de implementar un complejo de comunicaciones con relativa rapidez. Globalstar cuenta con terminales fijas residenciales y públicas. Las terminales fijas residenciales son teléfonos instalados en casas habitación u oficinas y no ofrecen movilidad. Las terminales públicas son principalmente teléfonos de monedero o tarjetas prepagadas instalados en lugares de difícil acceso a medios convencionales de telefonía.

Cobertura:

La cobertura de servicios es básicamente la misma y está delimitada por el número de satélites y su posición orbital. En el caso de ICO, Iridium y Teledesic, la cobertura que proporcionan es totalmente global. El sistema Globalstar proporciona cobertura en latitudes de +/- 70° y Leo One solo tiene una variación de 5° con respecto al área de cobertura de Globalstar, siendo esta de +/- 65°. Estos dos últimos sistemas cubren casi todo el globo, dejando solo sin cobertura el área de los polos.

Inicio de Operaciones:

El inicio de operaciones de los sistemas está programado para finales del presente siglo y principios del siguiente. Estas fechas se han ido renovando conforme se han ido encontrado problemas técnicos y desavenencias en la implementación del sistema. Por otro lado, estas fechas son solo las fechas relativas a lo que se refiere a la implementación del sistema. El inicio de servicios depende drásticamente en las negociaciones con las entidades regulatorias de cada país. Este aspecto puede llegar a ser el más difícil, pues requiere no solo de ajustes técnicos para el acceso a los sistemas establecidos, sino que también requiere de coordinación legal y política.

Análisis:

Como se puede ver en la tabla, Globalstar e Iridium son las dos empresas que ofrecen casi toda la gama de servicios y al mismo tiempo, tienen la mayor cobertura.

ICO es la empresa que les sigue a Globalstar e Iridium en el número de servicios ofrecidos, enfocándose principalmente a los servicios de comunicación personal y tipos específicos de comunicaciones fijas.

El sistema Leo One ofrece un número reducido de servicios, sin embargo planea proveer soluciones "personalizadas" a sus clientes y está un poco más enfocado a brindar servicios corporativos que requieran de comunicación móvil. El área de cobertura de este sistema es la menor de todas, sin embargo, en esta área de cobertura se encuentra la mayor parte de la población del globo.

Teledesic enfocó sus servicios al sector empresarial, proporcionando servicios de banda ancha fijos a cualquier parte del globo. Este es el único sistema que ofrece acceso a Internet así como transmisión de video. Este es el sistema más complejo en cuanto a número de satélites y órbitas.

4.3. COMPARACION DE APLICACIONES

La siguiente tabla muestra las aplicaciones de cada uno de los sistemas, dicha aplicaciones están muy ligadas al tipo de servicio y capacidad del sistema.

SERVICIOS					
Redes Corporativas Fijas		✓		✓	✓
Comunicaciones Personales:					
Telefonía Móvil	✓	✓	✓	✓	
Radiolocalización	✓		✓	✓	
Aplicaciones de Banda Ancha					✓
Unidades Móviles de Intercambio			✓		
Aplicación Aeronáutica	✓		✓		
Aplicación Marítima	✓			✓	
Sistemas SCADA				✓	
Aplicaciones de Seguridad				✓	
Telefonía Rural		✓	✓		
Telefonía Fija		✓			
Transacción de Datos				✓	

Tabla 3: Comparación de Aplicaciones

Las principales aplicaciones comparadas son: Implementación de Redes corporativas fijas y/o móviles, telefonía móvil, radiolocalización, aplicaciones de banda ancha, unidades móviles de intercambio, aplicaciones aeronáuticas, sistemas de control y adquisición de datos (SCADA por sus siglas en inglés), aplicaciones de seguridad y monitoreo, telefonía rural, telefonía fija ó residencial y transacción de datos en línea.

Redes Corporativas Fijas:

Globalstar, Leo One y Teledesic son los tres únicos sistemas que se pueden aplicar a redes corporativas fijas, siendo Teledesic la que ofrece mayor versatilidad en esta aplicación. Entre las aplicaciones que consideramos dentro de este tipo de redes están la implementación mediante enlaces satelitales de redes LAN, WAN, Intranets, acceso a Internet y todas las aplicaciones semejantes a las implementadas con enlaces de fibra óptica.

Telefonía Móvil:

Todos los sistemas, exceptuando Teledesic, ofrecen telefonía móvil. Esta aplicación es una de las más importantes y de hecho, fue la principal motivación para la implementación de este tipo de sistemas. Básicamente todos los proveedores de servicios ofrecen sistemas duales, con lo que pretenden ofrecer servicios más económicos y con esto atraer mercados. La cobertura de estos sistemas proporcionan la facilidad para ofrecer "Roaming" a nivel global.

Radiolocalización Móvil:

Solamente ICO, Iridium y Leo One ofrecen radiolocalización móvil de personas. Dependiendo del sistema esta aplicación puede ser alfanumérica, numérica, unidireccional y/o bidireccional.

Aplicaciones Aeronáuticas:

Como aplicaciones aeronáuticas estamos considerando servicios tales como voz, facsímil y comunicación de datos en aeronaves. Este tipo de aplicación está orientada básicamente a las aerolíneas que deseen ofrecer servicios de valor agregado y así proporcionar a sus usuarios acceso a servicios de comunicación global. De los cinco sistemas considerados, solamente ICO e Iridium ofrecen esta aplicación.

Telefonía Rural:

Iridium y Globalstar son los dos únicos proveedores que desarrollaron sistemas específicos para aplicaciones de telefonía rural. Este tipo de aplicación exige terminales que puedan ser transportadas e instaladas rápidamente y a su vez proporcionen una solución económica que ayude al desarrollo de algunos países que carecen de infraestructura y servicios en comunidades rurales.

Telefonía Fija:

Globalstar es el único que diseñó un sistema para telefonía fija, el cual está diseñado para proporcionar acceso a servicios de telefonía local en lugares en los cuales el costo de implementación de redes terrestres es muy elevado. Las terminales del usuario para este tipo de aplicaciones son muy parecidas a los teléfonos domésticos convencionales.

Aplicaciones Marítimas:

Leo One es el único sistema con el que se pueden implementar aplicaciones marítimas específicas, sistemas SCADA, aplicaciones de seguridad y transacción de datos. Lo que se considera como aplicaciones marítimas especializadas es básicamente la localización de barcos y contenedores, así como también servicio de mensajes móviles entre este tipo de unidades. Con esto se puede administrar y despachar flotas y embarques marítimos.

Aplicaciones SCADA:

El Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) ofrece la facilidad de recopilar información referente al monitoreo y control de sistemas tales como: plantas industriales, tuberías de transmisión ó oleoductos, tuberías y plantas de reciclaje de agua, sistemas de irrigación y sistemas no atendidos que generen información referente al estado de operación y alarmas de equipo.

Aplicaciones de Seguridad:

En cuanto a aplicaciones de seguridad, se han considerado sistemas de alarmas domésticas, localización de bienes robados, notificación de accidentes o eventualidades en sistemas viales, localización de excursionistas, alpinista o esquiadores y escuadrones de búsqueda y rescate en general.

Transacción de datos:

La aplicación de transacción de datos comprende los que son las terminales punto de venta utilizados casi en todos los establecimientos comerciales, validación de tarjetas de crédito, cajeros automáticos y servicios de pago por evento de sistemas de televisión directos al hogar (DTH por sus siglas en inglés) así como aplicaciones de tele-mercadeo.

5. SOLUCION PROPUESTA

En este capítulo se realizará un análisis del requerimiento de comunicación de la empresa de mensajería, de la misma manera se planteará el diseño de la solución, así como también se plantearán las consideraciones para su implementación.

5.1. ANALISIS DEL REQUERIMIENTO

En esta sección se realizará un análisis de los requerimientos en base a los sistemas de satélite de órbita baja estudiados. Dichos requerimientos son los siguientes:

- Canales de datos fijos permanentes
- Canales de voz fijos (Red Pública)
- Canales de datos móviles pro demanda
- Canales de voz móviles
- Servicios de localización GPS
- Pager de dos vías

Estos requerimientos se presentan en diferentes entidades de la empresa de mensajería, por lo que procederemos a hacer el análisis por cada entidad. Las entidades mencionadas son:

- Oficinas Corporativas
- Centros Estatales
- Centros Regionales
- Unidades Móviles de Mensajería
- Autobuses de Pasajeros
- Transporte de Carga.

Oficinas Corporativas: Esta entidad requiere de canales de voz y datos en topología estrella con los centros estatales, también requiere de facilidades controlar la unidades móviles por medio del sistema de GPS pretendido. En la siguiente tabla se muestran los sistemas estudiados y se analiza los requerimientos de las oficinas corporativas, para ver cual de estos es cubierto por cada sistema.

	ICM	Globalstar	Iridium	Leo One	Teledesic
Canales de Datos fijos permanentes		✓		✓	✓
Canales de Voz fijos		✓			
Monitoreo de sistemas GPS		✓	✓	✓	

Tabla 1: Requerimientos de oficinas corporativas

Centros Estatales: Mediante estos centros se implementará una doble estrella ya que mantendrán comunicación en estrella de voz y datos con las oficinas corporativas y a su vez integrarán una estrella secundaria de voz y datos con los centros regionales. Como ya se menciona, la capacidad de las estrellas secundarias será menor que la de la estrella principal. La siguiente tabla muestra el análisis de los sistemas en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de los Centros estatales.

Sistema	ICO	Globalstar	Iridium	Leo One	Teledesic
Canales de Datos fijos permanentes		✓		✓	✓
Canales de Voz fijos		✓			

Tabla 2: Requerimientos de centros estatales

Centros Regionales: En los centros regionales, además de los canales de voz y datos necesarios para la implementación de la estrella secundaria, se requieren canales de datos bidireccionales y opcionalmente un canal de voz para comunicación con las unidades móviles de mensajería.

Canales de Datos fijos permanentes		✓		✓	✓
Canales de Voz fijos		✓			
Comunicación de datos con unidades Móviles	✓	✓	✓	✓	✓
Comunicación de voz con unidades fijas	✓	✓	✓		✓

Tabla 3: Requerimientos de centros estatales

Unidades Móviles de Mensajería: La intención principal en las unidades móviles es la de dotarlas con sistemas de posicionamiento GPS. En segunda instancia, se requiere de comunicación de datos para mantener comunicación con los centros regionales y opcionalmente un canal de voz.

Sistema	ICO	Globalstar	Iridium	Leo One	Teledesic
Canales de datos Móviles	✓	✓	✓	✓	✓
Canales de voz Móviles	✓	✓	✓		
Sistema GPS		✓	✓	✓	

Tabla 4: Requerimientos de unidades móviles de mensajería

Autobuses de Pasajeros: Al igual que las unidades móviles de mensajería, los autobuses de pasajeros estarán equipados con sistemas GPS y un canal de voz opcional. Adicionalmente, se pretende dotar a estos vehículos con un sistema de radiolocalización (Paging) de dos vías.

	GPS	Globalstar	Iridium	Leo One	Teledesic
Canales de voz Móviles	✓	✓	✓		
Sistema GPS		✓	✓	✓	
Pager de dos vías	✓		✓	✓	

Tabla 5: Requerimientos de autobuses de pasajeros

Transporte de Carga: Estos vehículos contarán con sistema GPS y opcionalmente servicios de voz y paging de dos vías.

Sistema	GPS	Globalstar	Iridium	Leo One	Teledesic
Canales de voz Móviles	✓	✓	✓		
Sistema GPS		✓	✓	✓	
Pager de dos vías	✓		✓	✓	

Tabla 6: Requerimientos de transporte de carga

Analizando el cumplimiento de cada uno de los requerimientos que ofrecen los cada uno de los sistemas de satélites de órbitas no geoestacionarias podemos observar que el sistema que cubre con la mayoría de los requerimientos es Globalstar, el único requerimiento que no cubre es el del sistema de localización (Pager) de dos vías.

Por otro lado, también se puede observar que Leo One no esta en posibilidad de ofrecer servicios de voz, tanto fijos como móviles, sin embargo cubre todos los demás requerimientos.

Analizando el cumplimiento que ofrece Iridium, podemos ver que también proporciona casi todos los servicios, el único inconveniente es que el sistema no esta diseñado para dar servicios fijos de voz y datos.

ico esta diseñado para proveer servicios de voz y datos móviles y no pudiendo cubrir el requerimiento de sistema de posicionamiento (GPS), así como también los servicios de voz y datos fijos.

Finalmente podemos observar que Teledesic podría cubrir muy pocos de los requerimientos ya que está diseñado para proveer servicios de banda ancha fijos principalmente por lo que deja fuera a los servicios móviles de voz, datos, radiolocalización y GPS.

5.2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Como puede verse, los sistemas estudiados cumplen de manera similar, en algunos casos todos y en otros los más importantes requerimientos, sin embargo, como en todo proyecto de ingeniería habrá que considerar la optimización de los recursos económicos.

Dado que todas las entidades fijas, como son Oficinas Corporativas, Centros Estatales y Centros Regionales están ubicados en poblaciones que cuentan con infraestructura de telecomunicaciones, sería muy caro y no se justificaría de ninguna forma proveer de servicios de comunicación a estos lugares mediante sistemas para comunicación móvil, en lugar de esto lo más conveniente para estos lugares sería la comunicación mediante sistemas terrestres, como fibra óptica en donde exista o microondas digitales, por lo que dejaremos estas entidades fuera del análisis para seleccionar un sistema satelital.

Ahora bien, con respecto a los servicios que requiere cada una de las entidades móviles restantes, la voz no juega un papel fundamental para las necesidades de la empresa de mensajería y solo se deberá considerar en caso de que implique un costo poco significativo con respecto a los servicios de GPS y paging de dos vías el cual no tiene que ser necesariamente un sistema de paging abierto ya que solo intercambiara información con otras entidades de la compañía de mensajería, por lo cual este servicio de pseudo paging puede ser cubierto por las terminales de datos.

Lo anterior nos lleva a plantear solo dos sistemas fundamentales para el servicio de mensajería: GPS y transmisión bidireccional de datos.

A continuación se presentan los análisis de voz y datos estimados para las entidades móviles:

Voz:

U. MOVILES MENSAJERIA	400	6	2	4800
AUTOBUSES PASAJEROS	40	4	2	320
TRANSPORTE DE CARGA	30	4	2	240
Total				5360

	GLOBAL STAR	IRIDIUM	LEO ONE	
Costo por minuto (USD)	1	0.55	3	No disponible
Total diario por sistema (USD)	5360	2948	16080	No disponible
Total mensual por sistema (USD)	160800	88440	482400	No disponible

Tabla 7: Costos de servicio de voz

Como puede verse si se decidiera implementar el servicio de voz, el proveedor del servicio más barato sería Global Star, mientras que Leo One no cuenta con este servicio.

Datos:

ENTIDAD	No.	Mensajes por día	Tamaño del mensaje bytes	Tráfico día kbytes
U. MOVILES MENSAJERIA	400	30	500	6000
AUTOBUSES PASAJEROS	40	10	120	48
TRANSPORTE DE CARGA	30	5	120	18
Total	470			6066

	GLOBAL STAR	IRIDIUM	LEO ONE	ISDEBERG
Velocidad del canal típico (full duplex)	2.4	7.2	2.4	9.6
Técnica de acceso	TDMA	CDMA	FDMA/TDMA/TDD	Propietario
Troughput estimado	15%	25%	20%	20%
Día de operación (horas)	8	8	8	8
Tráfico por segundo (kbps)	1.685	1.685	1.685	1.685
Troughput / canal (kbps)	0.36	1.8	0.48	1.92
No. de canales requeridos	5	1	4	1
Tarifa por minuto / canal (USD)	0.25	0.41	0.75	0.28
Total diario por canal (USD)	360	594	1080	396
Total diario (USD)	1800	594	4320	396
Total mensual (USD)	54,000	17,820	129,600	11,880
Total mensual por entidad (USD)	115	38	276	25

Tabla 8: Costos de servicio datos

Como ya se menciona, los datos son uno de los servicios principales del sistema, la estimación de costos se hizo considerando los costos de voz y sus tasa de transmisión, ya que son los únicos que son públicos, el throughput del canal se estimo en base a los valores típicos de este parámetro según la técnica de acceso al satélite utilizada.

El proveedor de servicio que podría ofrecer la tarifa más competitiva es Leo One.

Paging:

	GLOBALSTAR	IRIDIUM	LEO ONE	TELEDESIC
U. MOVILES MENSAJERIA	400	30	120	1440
AUTOBUSES PASAJEROS	40	10	120	48
TRANSPORTE DE CARGA	30	5	120	18
Total	470			1506

TARIFAS	GLOBALSTAR	IRIDIUM	LEO ONE	TELEDESIC
Velocidad del canal típico (full duplex)	2.4	7.2	2.4	9.6
Técnica de acceso	TDMA	CDMA	FDMA/TDMA/TDD	Propietario
Troughput estimado	15%	25%	20%	20%
Día de operación (horas)	8	8	8	8
Trafico por segundo (kbps)	0.418	0.418	0.418	0.418
Troughput / canal (kbps)	0.36	1.8	0.48	1.92
No. de canales requeridos	2	1	1	1
Tarifa por minuto / canal (USD)	0.25	0.41	0.75	0.28
Total diario por canal (USD)	360	594	1,080	396
Total diario (USD)	720	594	1,080	396
Total mensual (USD)	21,600	17,820	32,400	11,880
Total mensual por entidad (USD)	46	38	69	25

Tabla 9: Costos de servicio de paging

Aunque como ya se menciona, al contar con servicio de datos y considerando que el servicio de paging sera privado, este servicio no es fundamental. El análisis de costos se hizo de forma similar al análisis para datos, considerando la tasa de transmisión y tarifas de voz.

Como es obvio, debido a las consideraciones, al igual que en datos, el sistema más competitivo es Leo One.

GPS:

U. MOVILES MENSAJERIA	400	2880	10	11520
AUTOBUSES PASAJEROS	40	2880	20	2304
TRANSPORTE DE CARGA	30	2880	20	1728
Total	470			15552

	2.4	7.2	2.4	9.6	9.6
Velocidad del canal típico (half duplex)	2.4	7.2	2.4	9.6	9.6
Técnica de acceso	TDMA	CDMA	FDMA/TDMA/TDD	Propietario	TDMA/SDMA/FDMA/ATDMA
Troughput estimado	15%	25%	20%	20%	25%
Día de operación (horas)	8	8	8	8	8
Trafico por segundo (kbps)	4.32	4.32	4.32	4.32	4.32
Troughput / canal (kbps)	0.35	1.8	0.48	1.92	2.4
No. de canales requeridos	12	3	9	3	2
Tarifa por minuto / canal (USD)	0.25	0.41	0.75	0.28	4.00
Total diario por canal (USD)	360	594	1,080	396	5,760
Total diario (USD)	4,320	1,782	9,720	1,188	11,520
Total mensual (USD)	129,600	53,460	291,600	35,640	345,600
Total mensual por entidad (USD)	276	114	620	76	735

Tabla 10: Costos de servicio de GPS

Al igual que con el análisis de datos y paging, se estimaron los costos de las tarifas de GPS basándose en los costos de voz, por lo que el proveedor más competitivo es Leo One.

Terminales:

	COSTO EQUIPO USD				
	ICD	GLOBALSTAR	IRIDIUM	LEO ONE	TELEDESIC
Costo por terminal	1000	750	3000	600	3000
Costo total	470000	352500	1410000	282000	1410000

Tabla 10. Costos de terminales

Al igual que en los servicios, las terminales más baratas son las de Leo One, aunque hay que considerar que estas terminales no pueden manejar voz, sin embargo, la manera como han sido concebidas estas terminales, se adaptan perfectamente a cualquier aplicación, ya que no han sido diseñadas para uso general, es decir, el modulo principiar solo contiene el sistema de transmisión y

recepción con el satélite y un puerto de datos que puede adaptarse fácilmente para cualquier aplicación, excepto voz, ya que el sistema no opera en tiempo real.

5.3. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Dado que la calidad de los servicios ofrecidos por los operadores analizados son muy similares entre si, el factor que jugara un papel muy importante en la implementación de este sistema, serán los costos de implementación. Como se comento en la sección anterior, hay dos servicios básicos para la operación de la empresa de mensajería, el GPS y la comunicación de datos, los otros servicios como el paging de dos vías y la voz pueden ser sustituidos, en el caso del paging y omitidos en el caso de la voz, por tratarse de servicios de valor agregado que no constituyen una herramienta fundamental para las operaciones de la empresa.

Aunque los costos de operación del sistema así como las condiciones de tráfico del mismo son solo estimaciones basándose en cierta información proporcionada por los operadores de los sistemas, nos dan una idea general que puede permitirnos hacer una extrapolación en los costos y emitir una recomendación, sin embargo no es, ni pretende ser un análisis de costos formal que permita hacer una evaluación financiera del proyecto.

Como puede verse, los costos en los que se incurriría en caso de implementar el servicio de voz, son muy superiores a los que se incurre con el servicio de datos, con lo cual, considerando que la voz es solo un valor agregado, no es viable su implementación, si esta va implicar un costo mensual superior entre el 197% y 365% al servicio principal que son los datos.

Para el caso del servicio de paging, aunque los costos son menores que el servicio de datos, no es necesario contar con un sistema de paging ya que el sistema de datos puede hacer las funciones de paging privado, con lo cual además se garantiza el buen uso de ese recurso ya que al usar las terminales de datos para el envío de mensajes, solo se podrá hacer uso dentro de esta facilidad dentro de la compañía.

Desde el punto de vista económico, la mejor opción la representa Leo One, ya que puede proporcionar tanto servicio de datos como de GPS al mas bajo precio, además, las terminales de este sistema fueron concebidas para aplicaciones diversas por lo que pueden adaptarse a prácticamente cualquier aplicación de datos.

Esto representa una ventaja, ya que no solamente se ahorran costos en la implementación del sistema sino que habrá más libertad para el diseño del sistema.

De esta manera cada entidad móvil, unidades de mensajería, autobuses de pasajeros y transportes deberán de estar equipadas con una terminal que proporcionará el servicio de GPS así como de transmisión de datos bidireccionales. El servicio de GPS permitirá ubicar casi en tiempo real (con un pequeño retardo) a cada una de las entidades y el servicio de datos ofrecerá la facilidad de intercambio de información como por ejemplo la asignación de tareas como puede ser recoger o entregar paquetes no considerados en la ruta original, o bien, permitirá enviar mensajes de auxilio o pedir apoyo en la toma de decisiones.

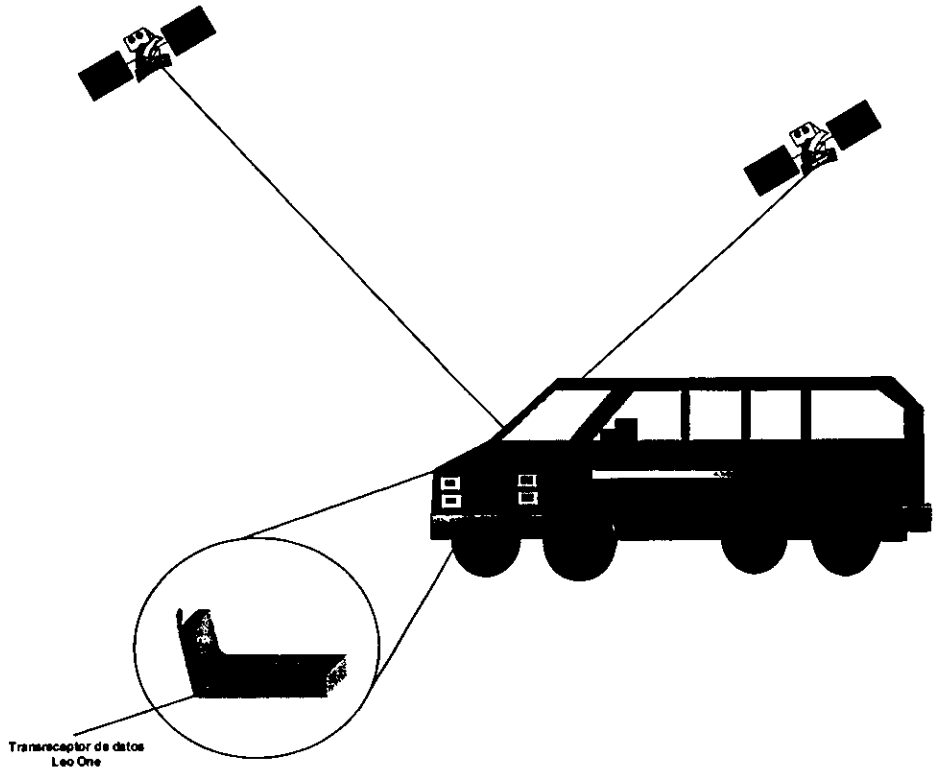


Figura 1: Configuración de unidad móvil

Toda la información hacia el punto central será concentrada por uno de los Gateways en Estados Unidos y enviada por vía un medio terrestre hacia el nodo central de la compañía de mensajería. Asimismo cada entidad fija u estará comunicada por un medio terrestre o satelital hacia el nodo central en donde se concentrará toda la gestión del sistema. Por ejemplo cuando una oficina regional

de mensajería quiera enviar un aviso a una de las unidades de mensajería adscritas a ella, lo tendrá que hacer a través de su sistema interconectado al nodo el cual tendrá comunicación con el Gateway de Leo One y este enviará el mensaje a la unidad móvil correspondiente a través de uno de los satélites de Leo One. De igual manera si la unidad móvil desea contestar el mensaje lo cursará hacia el nodo central a través del Gateway de Leo One y de ahí será transmitido hacia la oficina regional a la cual esta adscrita la unidad. Como puede verse el sistema operará a manera de una red de área local, permitiendo intercambiar información entre los usuarios de la misma.

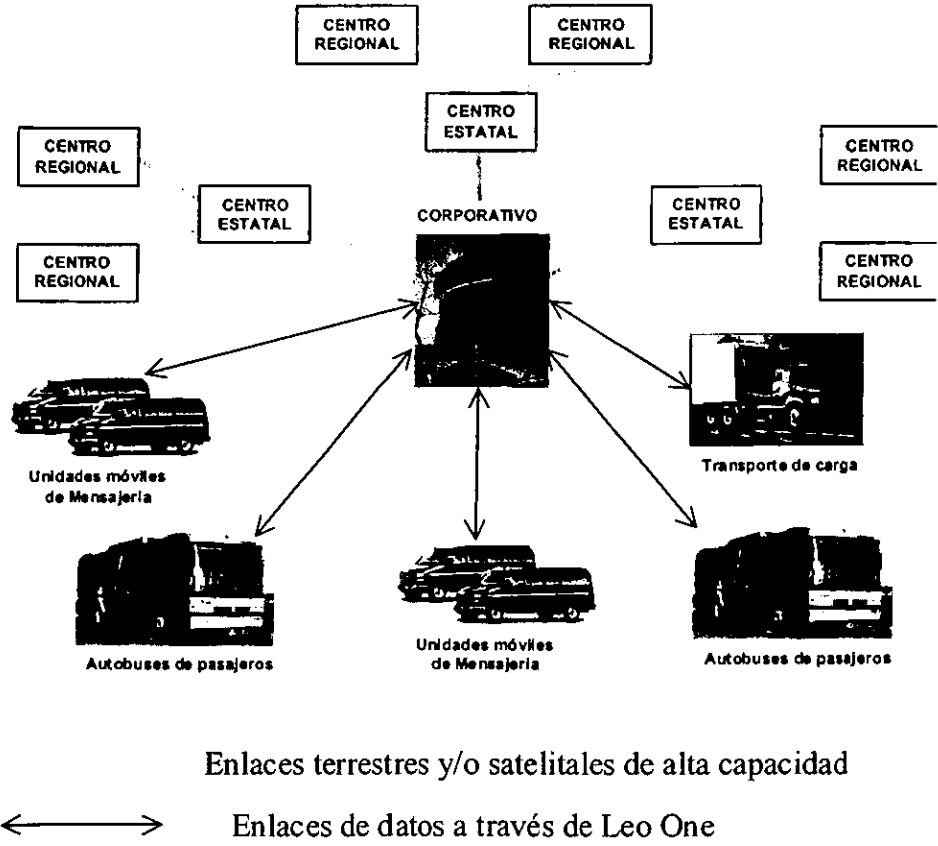


Figura 2: Topología de la red

Para el caso del GPS, el nodo central concentrará la información de todas las unidades móviles y le informará a cada oficina regional el estado de sus unidades

adscritas. Asimismo basado en la información de la posición de cada unidad móvil, el sistema central podrá asignar tareas a cada una de estas, o bien asignar la preferencia de cada tarea con respecto a las asignadas por la oficina a la que pertenezca cada unidad móvil.

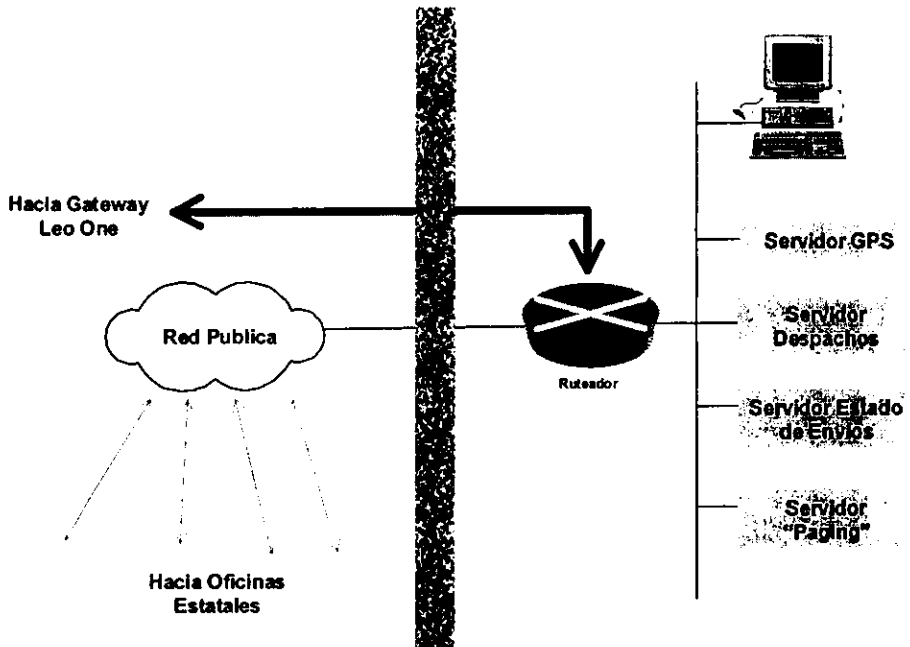


Figura 3: Configuración de oficinas centrales

Se deberá contar con medios de comunicación entre las entidades fijas y el corporativo de suficiente capacidad para que la información proveniente de las unidades móviles y cuyo destino sea alguna de las oficinas regionales, llegue con el menor retraso posible.

Por último, por la naturaleza del sistema, este se podrá implementar en forma modular, es decir, se podrán ir adscribiendo tanto entidades móviles como fijas al sistema, como lo vaya demandando las necesidades de la compañía, ya que solo será necesario contratar el medio de comunicación entre el corporativo y la nueva oficina regional así como el servicio para la entidad móvil. Sin embargo se deberá ser cuidadoso en el punto central, ya que como en el se llevará a cabo todo el procesamiento y concentración de las comunicaciones, es importante contar con redundancia en los equipos de la estación central, así como del canal de comunicación de la estación central hacia el Gateway de Leo One.

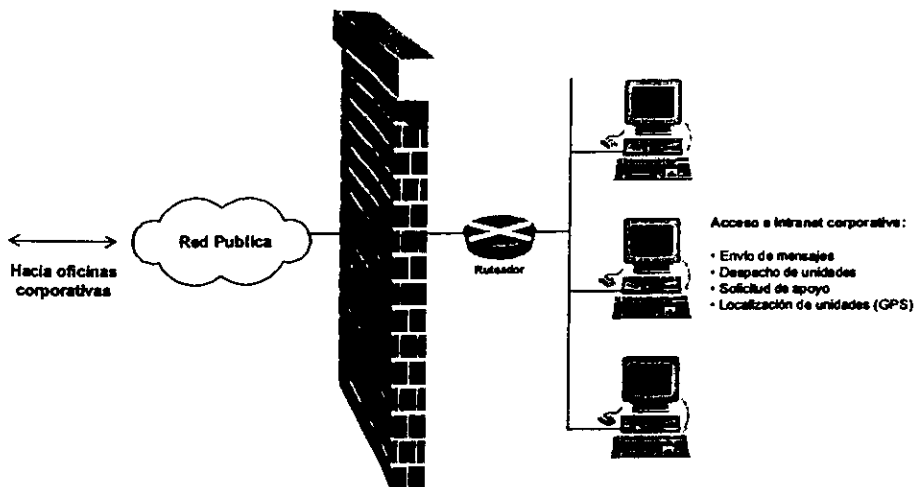


Figura 4: Configuración de oficina estatal

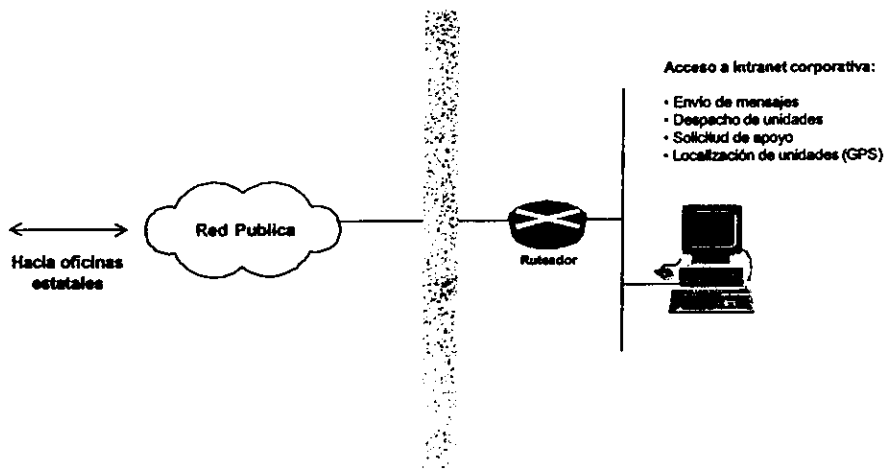


Figura 5: Configuración de oficina regional

6. Conclusiones

El presente trabajo parte de la necesidad de un grupo de inversión de contar con un sistema de comunicaciones confiable para dar servicios de comunicación ente sus entidades fijas (Centro corporativo, centros estatales y centros regionales) y sus unidades móviles (Transporte de carga, de pasajeros y unidades móviles de mensajería).

El problema principal fue el proponer una solución para comunicar las unidades móviles, ya que para el caso de las entidades fijas existen muchas alternativas para comunicarlás.

En el caso de las unidades móviles se consideraron diversas opciones, obviamente todas inalámbricas por tratarse de entidades en movimiento. Se consideraron opciones como sistemas de radio, sistemas celulares terrestres y sistemas satelitales geoestacionarios, sin embargo no cumplían con los requerimientos de ubicuidad y funcionalidad requeridos. Por un lado los sistemas de base terrestre no tienen cobertura total y no se puede hacer localización de los vehículos. Por su parte los sistemas satelitales geoestacionarios si ofrecen cobertura global y localización de posición (GPS), pero la potencia que se requiere para transmitir a uno de estos satélites no los hace prácticos para aplicaciones móviles.

Por lo anterior el análisis se centró en los sistemas satelitales de órbita baja y media (LEO y MEO), los cuales además de tener cobertura global ofrecen una gran variedad de servicios como GPS, paging, transmisión de voz y datos. También debido al tipo de órbitas permiten utilizar terminales más pequeñas y sencillas

Como pudo observarse de nuestro caso de estudio el diseño e implementación de sistemas de comunicación utilizando sistemas satelitales de órbita baja es relativamente sencillo ya que al ser sistemas orientados a proveer servicios a usuarios finales, las consideraciones de diseño que hay que tomar son mínimas.

Se inicio el estudio analizando los conceptos fundamentales de las comunicaciones satelitales desde un punto de vista cualitativo, centrandó la atención en aquellos parámetros que pudieran resultar relevantes para el análisis y comparación entre dichos sistemas. Posteriormente se seleccionaron cinco de los sistemas satelitales de órbita media y baja más representativos. Se estudiaron los servicios que ofrecen así como los medios tecnológicos para lograr estos servicios.

Los sistemas seleccionados fueron: Iridium, Globalstar, Teledesic, Leo One y ICO. Aunque todos los sistemas presentan ventajas funcionales similares, como el uso

de terminales pequeñas, ubicuidad, nodos de conexión hacia medios terrestres de comunicación distribuidos y alta confiabilidad, hay diferencias en cuanto al enfoque principal, o mercado que tiene por objetivo cada uno de ellos.

Mientras que Iridium, Globalstar y ICO son sistemas más enfocados a dar servicios de comunicación de voz, Teledesic se concentrará en los servicios que requieren grandes anchos de banda como el acceso a Internet de alta velocidad. Por su parte Leo One no ofrece servicios de voz y su nicho de mercado serán todas aquellas aplicaciones que requieran comunicación interactiva de datos a bajas tasas de transmisión y no sensibles al retraso así como GPS.

En el análisis inicial del problema, se definieron los servicios que eran deseables para cada una de las entidades móviles, estos servicios deseables abarcaban desde transmisión de voz, paging, y datos iterativos, hasta GPS. Sin embargo cuando se analizó con más cuidado la función que cada uno de estos servicios prestaría en la operación de la empresa, se pudo observar que algunos de estos servicios redundaban en cuanto a funcionalidad, es decir, de alguna manera uno de los servicios antes mencionado prestaba la misma función desde el punto de vista operativo, que otro de los servicios. Este es el caso del servicio de paging y de datos, ya que el servicio de paging requerido deberá ser un sistema privado que permita el intercambio de mensajes cortos entre las unidades móviles y las oficinas, por su parte el servicio de transmisión de datos requerido, tendrá como objetivo principal el despacho de las unidades móviles para recoger paquetes mediante el envío de la información requerida por la unidad móvil.

Finalmente ambos servicios implican intercambio de datos entre las entidades tanto móviles como fijas de la empresa, por lo que ambos servicios pueden ser cursados sobre el mismo medio o canal de comunicación. Realmente no tendría sentido utilizar un sistema de paging "abierto" ya que solo nos interesa tener comunicación entre las entidades de la compañía. Además resultaría más práctico para los usuarios contar con una sola interfaz de acceso hacia todos los servicios.

El servicio de voz fue descartado debido a que no era un servicio básico para la operación de la empresa, solo representaba un servicio de valor agregado. Pero como pudo desprenderse de un análisis de costos, la operación de este servicio resultaría más cara que los servicios básicos o fundamentales que son datos y GPS.

Con lo anterior los servicios requeridos por la empresa se redujeron a transmisión de datos y GPS, los cuales pueden ser provistos por cualquiera de los sistemas satelitales estudiados, sin embargo además de que Leo One es la opción económicamente más atractiva, ofrece la posibilidad de poder diseñar las terminales acordes con las necesidades de los usuarios a diferencia de las demás sistemas que ofrecerán terminales a las cuales habría que adaptar la aplicación del usuario.

Por tanto la solución recomendada está basada en la utilización del sistema Leo One. Toda la comunicación de las entidades móviles será cursada hacia el corporativo, donde se procesará toda la información de localización de los vehículos, despacho de paquetes y envío de mensajes. Desde el corporativo la información será cursada a su entidad móvil o fija correspondiente. Para el caso de las comunicaciones terrestres esta se distribuirá mediante una topología tipo árbol, don del nodo central será el corporativo, los nodos secundarios serán las oficinas estatales y los nodos terciarios serán las oficinas regionales.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ◆ **Satellite Communications Systems**
G. Maral / M Bousquet
Ed. John Wiley & Son
Tercera edición, 1998

- ◆ **Digital Satellite Communications**
Tri T. Ha
Ed. Mc graw-Hill
Segunda Edición,
New York,1990

- ◆ **Wireless Personal Communication Systems**
Vijay Kumar Garg, Garg Vijay, Joseph Wilkes
Ed. Prentice Hall
1ª. Edicion 1995

- ◆ **Wireless Personal Communication Systems**
Goodman, Davis J.
Ed. Addison Wesley
Massachusetts, 1997

- ◆ **Mobile Communications Satellites**
Tom Logdson
Ed. Mc. Graw Hill
1995

- ◆ **Low Earth Orbital Satellites for Personal Communication Networks**
Abbas Jamalipour, Abbas Jamilipour
Ed. Artech House
1998

Páginas en INTERNET

<http://www.ico.com>

<http://www.iridium.com>

<http://www.leoone.com>

<http://www.globalstar.com>

<http://www.teledesic.com>

<http://www.stratos.ca>

<http://www.satmex.com>

<http://www.dhl.com>

<http://www.fedex.com>

<http://www.tmm.com.mx>

<http://www.cycom.co.uk/satpat1.htm>

<http://www.cse.cuhk.edu.hk/~leo/>

<http://www.eagle2.american.edu/~ke5283a/LEO.html>

<http://www.inmarsat.org>

<http://www.analysys.com/vlib/satellit.html>

<http://www.ee.surrey.ac.uk/SSC/SSHP/index.html>

<http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/>