



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

COMUNICACIONES

“ SATMEX 5

LA TERCERA GENERACION DE SATELITES”

296367

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:

JOSSIE LENIN BAEZA PEÑALOZA

ASESOR: ING. JORGE RAMIREZ RODRIGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 MEXICO

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones, Satmex 5: La Tercera Generación de Satélites.

que presenta el pasante: Jossie Lenin Baeza Peñalosa
 con número de cuenta: 9460562-4 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Mayo de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Vicente Magaña González</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Roberto López González</u>	<u>[Firma]</u>

**Gracias mamá y papá
por no dejarme solo y apoyarme siempre.**

**Gracias a ti Rosi
por estar siempre aquí.**

PRÓLOGO

En la actualidad el uso de los satélites es tan común como escuchar la radio. Las recientes transmisiones de los Juegos Olímpicos desde Sydney, Australia, fue una pequeña muestra del avance de las comunicaciones satelitales, llegando las señales desde un continente a otro ininterrumpidamente en tiempo real atravesando todo nuestro globo terráqueo. Recientemente en nuestro país, durante las pasadas elecciones federales del 2 de Julio de 2000, las comunicaciones satelitales tuvieron una participación significativa, puesto que mediante el sistema *Globalstar*, sistema de telefonía satelital, instituciones y medios de comunicación permanecieron comunicados con estos teléfonos para así cubrir las elecciones y reportar conteos de salida minutos después del cierre de casillas.

El incremento en el tráfico de información doméstica hacia el exterior del país y desde el exterior a éste, la mejora continua en los servicios ofrecidos (TV, radio, comercio, bancos, etc.) y los nuevos que arriban día con día (TV directa, telefonía rural y satelital, localización vehicular, etc.), crean la necesidad de mejores sistemas de telecomunicación. Las tecnologías emergentes parecen cubrir las necesidades actuales de comunicación con sus ventajas y desventajas entre estos la fibra óptica, las microondas, las redes de computadoras y por supuesto, los satélites. El uso cada vez más frecuente de los satélites se ha dado por sus magníficas ventajas cubriendo las necesidades requeridas por los usuarios, principalmente en lo que respecta al ancho de banda y ante todo, los costos.

En el presente trabajo, hablaré del satélite mexicano más reciente puesto en órbita: el SATMEX 5, único satélite latinoamericano que ofrece cobertura continental desde Canadá hasta Argentina en una sola huella satelital.

CONTENIDO

Capítulo 1	LAS COMUNICACIONES SATELITALES EN MÉXICO	1
1.1	Antecedentes	1
1.1.1	Los satélites Morelos	2
1.1.2	El sistema Solidaridad	2
1.2	Satmex S.A. de C.V.	3
Capítulo 2	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR SATÉLITE	4
2.1	Introducción	4
2.2	Geometría orbital	5
2.2.1	Patrones orbitales	5
2.2.1.1	Satélites de órbita alta (LEO's)	6
2.2.1.2	Satélites de órbita media (MEO's)	6
2.2.1.3	Satélites de órbita alta o geosincrónicos (GEO's)	7
2.2.1.3.1	Ventajas de la órbita geosincrónica	8
2.2.1.3.2	Desventajas de la órbita geosincrónica	8
2.3	Huella satelitales	8
2.3.1	Tipos de cobertura	9
2.4	El segmento espacial	10
2.4.1	Subsistemas de un satélite	10
2.5	El segmento terrestre	11
2.5.1	Orientación de la antena	11
2.5.1.1	Ángulo de elevación	12
2.5.1.2	Azimuth	12
2.5.1.3	Determinación del azimuth y el ángulo de elevación	12
2.6	Circuito de un sistema satelital	14
2.6.1	El circuito de subida	15
2.6.2	El transpondedor del satélite	15
2.6.2.1	Tipos de transpondedores	16
2.6.3	El circuito de bajada	17
2.6.4	Comunicaciones entre satélites	17

Capítulo 3 EL BOEING 601 HP	18
3.1 Satélites Boeing	18
3.2 El Boeing 601 HP	19
3.2.1 Cuerpo del satélite	20
3.2.1.1 Dimensiones del satélite	21
3.2.1.2 Peso del satélite	21
3.3 El sistema de propulsión XIPS	22
3.3.1 El combustible	22
3.3.2 Funcionamiento	23
3.3.3 Propulsores	24
3.4 Resumen	25
Capítulo 4 CARACTERÍSTICAS DEL SATMEX 5	26
4.1 La tercera generación de satélites	26
4.2 Configuración del Satmex 5	27
4.2.1 Huellas del satélite	27
4.2.1.1 Región C1	28
4.2.1.2 Región Ku-1	28
4.2.1.3 Región Ku-2	29
4.2.2 Atenuación por lluvia	30
4.2.2.1 Zona México	30
4.2.2.2 Zona EU y Canadá	32
4.2.2.3 Zona Centro y Sudamérica	33
4.2.3 Derechos de aterrizaje	34
4.2.4 Plan de frecuencias	35
4.2.5 Centros de control orbital	37
4.3 Servicios del Satmex 5	37
4.3.1 Beneficios	38
4.3.2 Aplicaciones	38
4.3.2.1 Sistemas de banda ancha e internet mediastreaming y caching	39
4.3.2.2 Teledifusión (Broadcasting)	40
4.3.2.3 Televisión directa al hogar	40
4.3.2.4 Redes corporativas y videoconferencia	41
4.3.2.5 Telefonía rural y de larga distancia	42
4.3.2.6 Telemedicina	43
4.3.2.7 Educación a distancia	43
4.3.3 Servicios proporcionados	43
4.3.3.1 Servicio permanente	44
4.3.3.2 Servicios Ocasionales Satmex (S.O.S)	44
4.4 Ocupación del satélite	45

4.4.1	Ocupación por servicio en porcentaje	45
4.4.2	Ocupación por servicio en megahertz	46
4.4.3	Ocupación por sectores en porcentaje	46
4.4.4	Ocupación por sectores en megahertz	47
CONCLUSIONES		48
APÉNDICE		50
♦	Parámetros por localidad en banda C	51
♦	Parámetros por localidad en banda Ku-1	54
♦	Parámetros por localidad en banda Ku-2	56
ANEXOS		
♦	Desecho espacial	59
♦	Satélites Comerciales de Comunicación en órbita geosincrónica	62
GLOSARIO		63
BIBLIOGRAFÍA		66

CAPÍTULO 1

LAS COMUNICACIONES SATELITALES EN MÉXICO

1.1 ANTECEDENTES

El inicio de las comunicaciones satelitales en México se da en el año de 1968, con la construcción de la primera estación terrena en el estado de Hidalgo, la cual sirvió para transmitir los Juegos Olímpicos celebrados en nuestro país en ese mismo año. Desde ese momento México contó con transmisiones satelitales, principalmente trasatlánticos. En 1981, México contrató los servicios de un satélite extranjero principalmente para conectividad local colocado a 53° de longitud oeste.

La demanda doméstica de servicios satelitales llevó a México a adquirir su propio sistema satelital. Así el 17 de junio de 1985, se lanzó al espacio el primer satélite mexicano, *Morelos I*, un satélite modelo HS 376 construido por la empresa Hughes Aircraft Corporation, a bordo de un vehículo de la NASA, en la misión tripulada 51-G desde Cabo Cañaveral. Morelos I ocupó su posición nominal en el arco geoestacionario a 113.5° de longitud oeste. Durante la concepción del sistema Morelos, se llevó a cabo la construcción del Centro de Control en Iztapalapa (México, D.F.). Más adelante, el 27 de noviembre de 1985, fue lanzado el Morelos II, para operar a 116.8° de longitud oeste. Todo lo anterior representó el principio

de un sistema satelital doméstico (*Satmex*), administrado y operado por la empresa estatal Telecomm (Telecomunicaciones de México).

De 1985 a 1997, Telecomm adquirió una posición orbital adicional a 109° de longitud oeste y contrató a Hughes Aircraft Corporation para construir los satélites *Solidaridad 1*, *Solidaridad 2* y *Morelos III* (hoy *Satmex 5*). Durante este tiempo, otro Centro de Control fue puesto en operación en Hermosillo, Sonora.

1.1.1 LOS SATÉLITES MORELOS

Los satélites Morelos iniciaban una nueva era en las telecomunicaciones en México, propiedad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. El Morelos I fue el

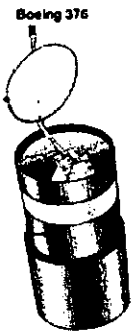


Figura 1.1
Morelos I, II

primer híbrido en operar en dos bandas de frecuencia (C y Ku), contaba con 18 transpondedores en la banda C y 4 en la banda Ku. Fue puesto en órbita con un costo de 92 millones de dólares y retirado de su órbita en el mes de marzo de 1994.

El Morelos II del mismo modelo que el Morelos I, igualmente era un satélite híbrido que operaba en las bandas C y Ku y cubría toda la República así como Centro América y el sur de Estados Unidos. Con una vida promedio de 9 años, transportaba 18 transpondedores en banda C y 4 en banda Ku, igual que el Morelos I.

1.1.2 EL SISTEMA SOLIDARIDAD

En 1994 se puso en operación una nueva generación de satélites, *Solidaridad I* y *Solidaridad II* de la serie Hughes 601, destinados a reemplazar al Morelos I, que llegaba al final de su vida útil. Estos satélites cubren regiones mayores que sus predecesores, o sea son del tipo regional (véase 2.3.1 Tipos de cobertura), que de

igual manera portan 18 transpondedores trabajando en la banda C y 16 transpondedores en la banda Ku, una capacidad cuatro veces mayor. Otras mejoras significativas en estos satélites, son la incorporación de una nueva banda, la banda L, para comunicaciones móviles (por tierra, mar o aire), y una mayor vida útil de 14 años en promedio. La cobertura de los Solidaridad comprende prácticamente todo el continente americano: desde partes del Canadá, hasta Sudamérica con excepción de Brasil, incluyendo el mar patrimonial de nuestro país.



Figura 1.2
Solidaridad I, II

1.2 SATMEX S.A. de C.V.



Satélites Mexicanos S.A de C.V, nació a partir de la privatización de la sección de operación satelital de Telecom: SATMEX. En noviembre de 1997 la alianza conformada por la empresa mexicana Principia, y Loral Space & Communications, adquirieron el 75% del capital de dicha sección, con lo que nace Satmex S.A. de C.V., uno de cuyos primeros logros es el de poner en operación el **Satmex 5**, primer satélite mexicano de capital privado. Satmex forma parte de la Alianza Global de Loral, la cuál cuenta con una red mundial de servicios satelitales. Actualmente Satmex posee tres posiciones orbitales: a los 109°, 113.5° y 116.8° todas ellas en la longitud oeste.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR SATÉLITE

2.1 INTRODUCCIÓN

Utilizando la definición más sencilla, un satélite es simplemente una estación repetidora que tiene un circuito de transmisión ascendente desde la estación terrena hasta el satélite, y un circuito de transmisión descendente desde el satélite hasta la estación terrena o hasta la terminal terrena del usuario final.

Un sistema de comunicaciones satelital puede ser dividido en dos segmentos: un segmento terrestre y un segmento espacial. El segmento espacial incluye obviamente el satélite, pero también incluye el equipo necesario en tierra para mantener operacional al satélite, el cual realiza las funciones de monitoreo, telemetría y comando. El segmento terrestre consiste en las estaciones terrenas de transmisión o recepción.

Un sistema de comunicaciones por satélite es económicamente viable donde se necesiten cubrir grandes distancias, puesto que los costos de renta de transpondedores no son sensibles a la distancia; también, donde la comunicación entre dos determinados puntos, no sea continua y solamente ocasional y los costos sean repartidos por un gran número de usuarios.

2.2 GEOMETRÍA ORBITAL

Bajo la influencia de la gravedad, la órbita de un satélite de comunicaciones puede definirse como la trayectoria descrita por su centro de gravedad. Cuando no hay perturbaciones, la órbita del satélite describe un círculo, una elipse, una parábola o una hipérbola. La órbita es ecuatorial, polar o inclinada, en función de si su plano contiene el ecuador de la Tierra, el eje de rotación de la Tierra o está inclinada hacia el plano ecuatorial (figura 2.1).

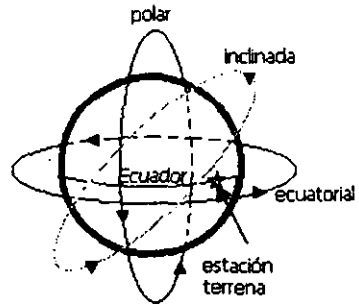


Figura 2.1 Tipos de órbitas

2.2.1 PATRONES ORBITALES

Una vez lanzado, el satélite permanece en órbita por la fuerza centrífuga causada por su rotación alrededor de la Tierra contrapuesta al empuje gravitacional de esta misma. Los patrones orbitales más comunes para un satélite son los mostrados en la siguiente figura 2.2, que describiré a continuación.

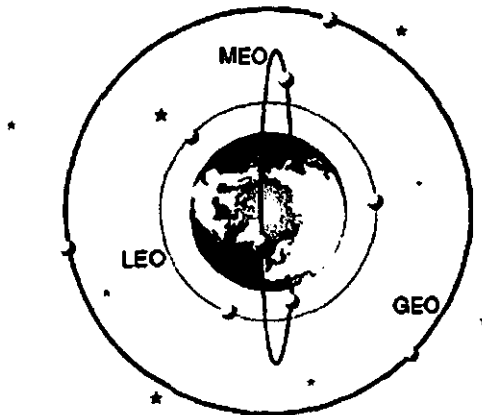


Figura 2.2 Patrones orbitales

2.2.1.1 Satélites de Órbita Baja (LEO's)

Estos describen una órbita circular cercana a la Tierra (se considera de 160 a 480 kilómetros o un poco más) y viajan aproximadamente a 28 000 kilómetros por hora. A esta velocidad les toma mas o menos 1½ horas en circundar la Tierra por completo permaneciendo una estación terrena dentro de la huella de este satélite por apenas un ¼ de hora.



Figura 2.3 Constelación de satélites del sistema de telefonía satelital Globalstar

Un ejemplo de este tipo de satélites es el sistema de telefonía satelital Globalstar el cual esta conformado por una constelación de 48 satélites en 8 planos orbitales de 6 satélites cada plano con una inclinación de 52°, a una distancia de 1,414 km, tal como se muestra en la figura 2.3. Este sistema provee servicio desde los 70° de latitud sur hasta los 70° de latitud norte, es decir, cubren la Tierra con excepción de los polos.

2.2.1.2 Satélites de Órbita Media (MEO's)

Estos se encuentran a una altura de 9600 a 20 000 kilómetros aproximadamente describiendo una órbita elíptica la cual recorren en 5 o 12 horas en promedio, permaneciendo una antena en su huella por un espacio de 2 a 4 horas. Este tipo de satélites es del tipo no sincrónico, viajando a una velocidad angular mayor a la de la Tierra (progrado) o menor a esta (retrógrado). Consecuentemente estos satélites están cayendo o elevándose con respecto a la Tierra y no permanecen estacionados.

Un ejemplo de este tipo de satélites, quizá el más interesante, es el sistema satelital ruso *Molnya*, un satélite comercial no sincrónico el cual se encuentra en una órbita elíptica con un apogeo de 40 000 km y un perigeo de cerca de 1 000 km (figura 2.4). Un satélite con una velocidad constante en una órbita inclinada requiere un movimiento continuo de la antena terminal de la Tierra para seguir el satélite en el cielo, excepto en el caso único de la órbita geoestacionaria.

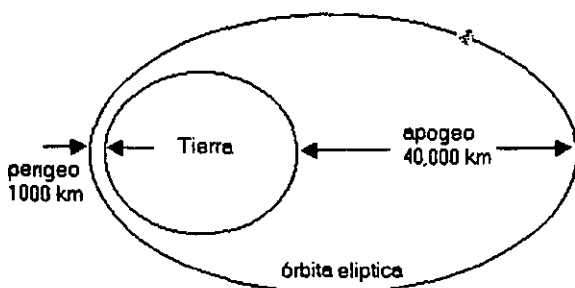


Figura 2.4 Órbita elíptica descrita por el Molnya

2.2.1.3 Satélites de Órbita Alta o Geosincrónicos (GEO's)

Con altitudes que van desde los 35 000 kilómetros hasta los 42 000, con velocidad promedio de 11 000 kilómetros por hora y una rotación de 24 horas, exactamente la de la Tierra. Los satélites geoestacionarios o geosincrónicos son satélites que orbitan en un patrón circular con una velocidad angular igual a la de la Tierra. En consecuencia, estos permanecen en una posición determinada con respecto a un punto en la Tierra. Esta órbita se encuentra a una distancia aproximada de la superficie terrestre de 35,768 km y es conocida como órbita geoestacionaria o cinturón de Clarke. Tres estaciones repetidoras con una separación de 120° proporcionan una cobertura a todo el planeta con excepción de los polos.

2.2.1.3.1 Ventajas de la Órbita Geosincrónica

- 1) El satélite permanece estacionado con respecto a un punto en la Tierra.
- 2) No es necesario cambiar de un satélite a otro según orbiten sobre la estación terrena. Por lo tanto no hay cortes en la transmisión.
- 3) La altura a la que se encuentra permite cubrir grandes regiones de la Tierra que los satélites de órbita baja no podrían cubrir.
- 4) Las transmisiones no se ven afectadas por el efecto Doppler.

2.2.1.3.2 Desventajas de la Órbita Geosincrónica

- 1) Debido a las distancias a las que se encuentran los satélites geosincrónicos, los tiempos de propagación son altos. La comunicación entre dos estaciones terrenas tiene un tiempo de propagación de 500 a 600 ms.
- 2) Los satélites geosincrónicos necesitan de transmisores muy potentes y receptores muy sensibles.
- 3) Se requiere de un sofisticado equipo de propulsión a bordo para mantenerlos en sus respectivas órbitas.

2.3 HUELLAS SATELITALES

La huella del satélite o región de cobertura es el área principal de servicio que cubre un satélite; la intensidad de campo más alta está normalmente en el centro del área de cobertura, reduciéndose su intensidad hacia los bordes exteriores. Aunque es posible abarcar un máximo teórico del 42% de la superficie de la Tierra con un satélite, la potencia de la señal recibida sería muy baja, siendo necesario el empleo de estaciones terrenas muy potentes. El tipo de cobertura de zona de un satélite de radiodifusión directa por satélite (RDS) se denomina "haz local", que debido a la pequeña zona que cubre, la potencia efectiva se dirige a zonas

densamente pobladas. La generación actual de satélites permite cubrir varias regiones simultáneamente. El centro del haz local donde se produce la máxima densidad de flujo se conoce como *mira*.

2.3.1 TIPOS DE COBERTURA

Por el tipo de huella satelital, la cobertura de un satélite se clasifica como sigue:

- a) Cobertura local, ésta se concentra en un país en específico o alguna cierta región.
- b) Cobertura zonal, normalmente definida como parte de un continente.
- c) Cobertura hemisférica, que abarca un hemisferio, aproximadamente 40%.

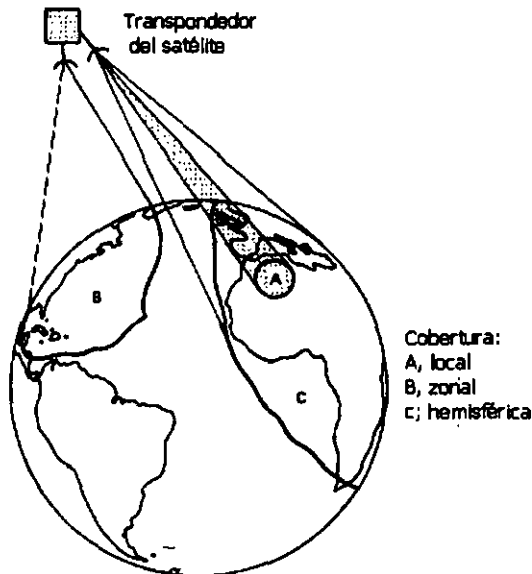


Figura 2.5 Tipos de cobertura de un satélite

2.4 SEGMENTO ESPACIAL

El equipo llevado a bordo de un satélite puede clasificarse de acuerdo a su función. El equipo primario o *payload*, es el que se encarga principalmente de proveer el servicio para el cual fue lanzado el satélite. El equipo de control o *bus*, el cual consta de varios subsistemas encargados de la alimentación, control de altitud, control orbital, regulación de temperatura y funciones de comando y telemetría requeridos para el funcionamiento correcto del equipo principal.

2.4.1 SUBSISTEMAS DE UN SATÉLITE

Un satélite consta de siete subsistemas, y cada uno desempeña un trabajo específico.

1. **El subsistema de propulsión** que consiste en el motor eléctrico o químico que coloca al satélite en su posición orbital, así como los propulsores que lo mantienen en esa posición. Un satélite puede salirse de su posición debido a viento solar o a fuerzas gravitacionales o magnéticas.
2. **El subsistema de alimentación** genera electricidad de los paneles solares. Este subsistema incluye las baterías de almacenamiento que proveen de energía cuando el satélite se encuentra eclipsado.
3. **El subsistema de telecomunicaciones** se encarga de recibir la información y transmitirla. En este proceso las señales se reciben de la Tierra, se amplifican y se retransmiten, ya sea a otro satélite o a una estación terrena.
4. **El subsistema estructural** distribuye las tensiones mecánicas del lanzamiento y actúa como una caja fuerte.

5. **El subsistema de control de temperatura** mantiene el interior del satélite a determinada temperatura de operación. Esto lo logra expulsando el calor generado en su interior debido al funcionamiento de los equipos de comunicaciones, hacia el espacio donde no interfiera con el satélite.

6. **El subsistema de altitud** mantiene la huella del satélite en su sitio correcto. Cuando el satélite se sale de su lugar, este subsistema avisa al subsistema de propulsión para que encienda el propulsor indicado para así regresar al satélite a su sitio.

7. **El subsistema de comando y telemetría** sirve para la comunicación con el centro de control del satélite. El personal en tierra, necesita transmitir comandos al satélite y monitorear su estado de salud, este subsistema esta dedicado a esa tarea.

2.5 EL SEGMENTO TERRESTRE

La estación terrena más simple es el sistema de recepción de televisión directa al hogar, comparada con las más complejas que son las estaciones usadas para redes internacionales de comunicaciones. Incluso dentro del segmento terrestre, se consideran las estaciones ubicadas en barcos en alta mar, las estaciones aeronáuticas móviles y recientemente los teléfonos satelitales.

2.5.1 ORIENTACIÓN DE LA ANTENA

Para orientar una antena hacia un satélite es necesario conocer los ángulos de elevación y el azimuth. Estos son los *ángulos de observación*.

2.5.1.1 Ángulo de Elevación

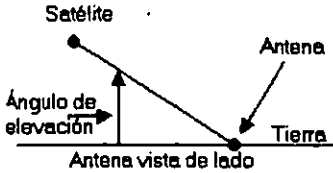


Figura 2.6 Ángulo de elevación

El ángulo de elevación es el ángulo formado por el horizonte y el plano de la onda radiada de la estación terrena, o bien, el ángulo formado por la antena en la estación terrena entre el satélite y el horizonte terrestre como indica la figura 2.6.

Si el ángulo de elevación es muy pequeño y la distancia de la antena al satélite es muy grande, eso significaría que la señal atravesaría una gran cantidad de atmósfera terrestre. Consecuentemente la atenuación será a tal grado que la transmisión sería inadecuada. Generalmente, 5° es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable.

2.5.1.2 Azimuth

El azimuth es definido como el ángulo horizontal de una antena. Se mide en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj (sentido horario), a partir del norte, que se le conoce como el azimuth referido a 0° . O bien como

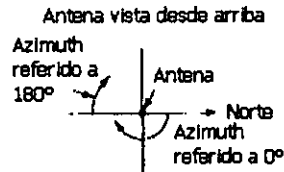


Figura 2.7 Determinación del azimuth

indica la figura 2.7, puede medirse a partir de los 180° desde el norte, azimuth referido a 180° . El ángulo de elevación y el azimuth dependen de la latitud y de la longitud de la estación terrena así como de la longitud del satélite en órbita.

2.5.1.3 Determinación del Azimuth y el Ángulo de Elevación

Para un satélite geosincrónico en una órbita ecuatorial, el procedimiento es el siguiente: de un buen mapa, se determina la longitud y latitud de la estación terrena. Necesitamos conocer la longitud del satélite de interés. Se calcula la

diferencia en grados (ΔL), entre la longitud del satélite y la longitud de la estación terrena. Luego, en la figura 2.8 se determina el azimuth y el ángulo de elevación intersectando las curvas de la latitud y el ΔL .

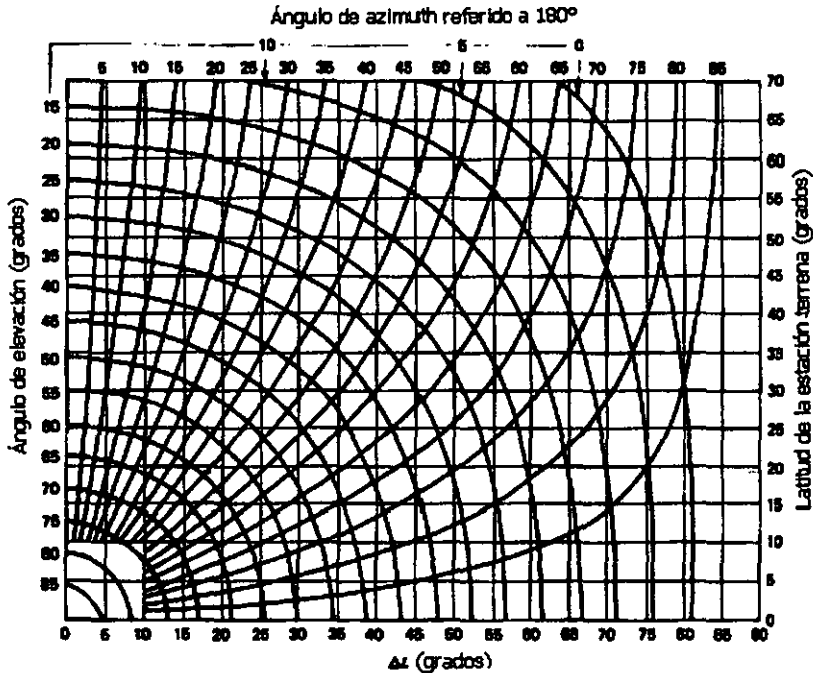


Figura 2.8 Ángulo de elevación y azimuth para estaciones terrenas localizadas en el hemisferio norte (referido a 180°)

Ejemplo

Determinar el azimuth y el ángulo de elevación de una estación terrena situada en la Ciudad de México, que se encuentra a los 19.40° de latitud norte y 99.5° de longitud oeste. La antena debe enfocarse al *Satmex 5*, situado en la posición orbital de los 116.8° de longitud oeste.

Solución

Primero determinaremos la diferencia entre la longitud de la estación terrena y el satélite.

$$AL = 116,8^\circ - 99,5^\circ = 17,3^\circ$$

Con este dato, en la figura anterior encontramos la intersección de la latitud de la estación terrena y AL .

Ángulo de elevación = 60° aproximadamente

Azimuth = 225° aproximadamente (referido a 0°)

Datos exactos:

ángulo de elevación = $59,62^\circ$

azimuth = $223,77^\circ$

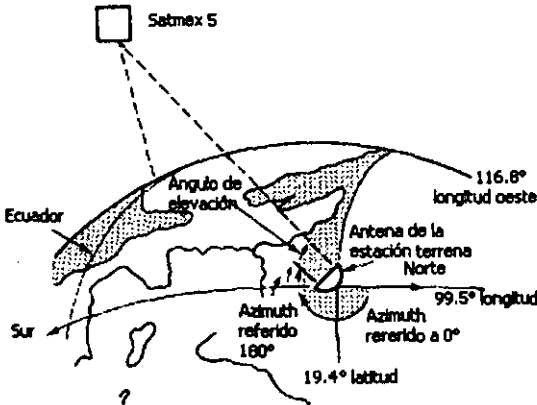


Figura 2.9 Azimuth y ángulo de elevación de una estación terrena

2.6 CIRCUITO DE UN SISTEMA SATELITAL

Esencialmente un sistema de comunicación por satélite se compone de tres secciones básicas: el circuito de subida, el transpondedor y el circuito de bajada.

¹ Los datos fueron tomados del apéndice de la página 51

2.6.1 EL CIRCUITO DE SUBIDA

El componente primario del circuito de subida es el transmisor de la estación terrena. Un transmisor típico consiste de un modulador de frecuencia, un convertidor de frecuencia y un amplificador de potencia (HPA). El modulador de frecuencia convierte la señal en banda base a una señal modulada en una frecuencia intermedia. El convertidor de frecuencia eleva la frecuencia a una apropiada para su transmisión. El amplificador de potencia provee la suficiente potencia para lograr la transmisión al satélite.

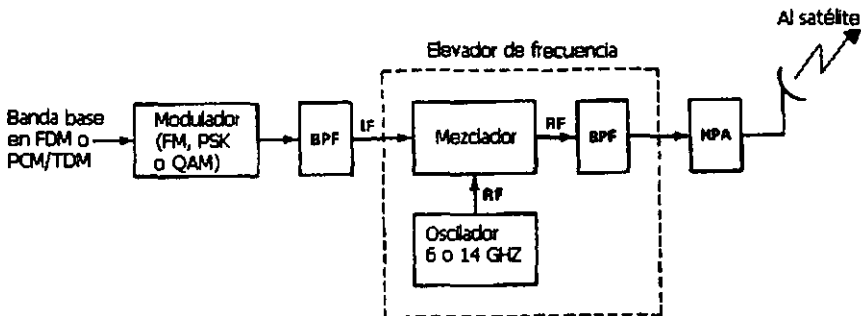


Figura 2.10 Diagrama a bloques del transmisor de una estación terrena

2.6.2 EL TRANSPONDEDOR DEL SATÉLITE

De todos los subsistemas a bordo de un satélite, el *transponedor* se considera el principal, ya que es el equipo que permite las comunicaciones satelitales en sí, entre las estaciones terrenas. Un transponedor típico consiste de un dispositivo limitador de banda (BPF), un amplificador de bajo ruido (LNA), un convertidor de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo ruido y un filtro pasabanda en la salida. El transponedor es un repetidor de RF a RF. El BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA. El convertidor de frecuencia cambia la frecuencia de subida de tierra a la frecuencia de bajada. El amplificador de bajo ruido amplifica la señal de RF para su transmisión a tierra.

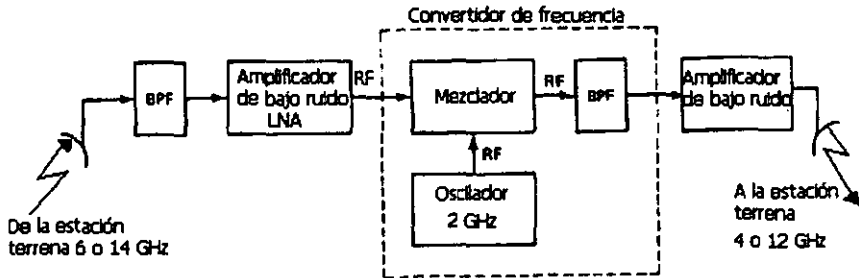


Figura 2.11 Diagrama a bloques del transpondedor del satélite

Un satélite consta de varios transpondedores en diferentes bandas actualmente; cuando se hace uso de un sistema de comunicación comercial por satélite, solamente uno de sus muchos transpondedores es utilizado por un usuario, o incluso puede ser compartido un mismo transpondedor por varios usuarios.

2.6.2.1 Tipos de Transpondedores

Existen dos tipos de transpondedores alta potencia, y muchos de los satélites geoestacionarios portan ambos. Los amplificadores de potencia de estado sólido (*SSPA's* Solid-state power amplifiers) que trabajan bajo el mismo principio de un estéreo casero, aunque a frecuencias y niveles mucho más altos. Y los amplificadores de bulbos (*TWTA's* Traveling wave tube amplifiers) que usan tubos al vacío para la amplificación. Los *SSPA's* son compactos, livianos y relativamente baratos. Pero cuando los requerimientos de frecuencia y potencia de salida se elevan, los *TWTA's* son usados debido a su eficiencia superior en potencia. Los *SSPA's* son usados generalmente en transpondedores de banda L, en transpondedores de banda C de potencia moderada y en dispositivos de Banda Ku de baja potencia. Los *TWTA's* son usualmente especificados para banda C arriba de los 30 watts; para los sistemas de banda Ku por arriba de los 20 watts y para transpondedores operando en banda Ka o superior.

2.6.3 EL CIRCUITO DE BAJADA

El receptor de una estación terrena incluye un BPF, un LNA, y un convertidor de frecuencia. Una vez más el BPF limita el ruido de entrada al LNA. El LNA es altamente sensitivo, un dispositivo de bajo ruido. El convertidor de RF a IF, es una combinación de mezclador/filtro pasabanda que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia intermedia.

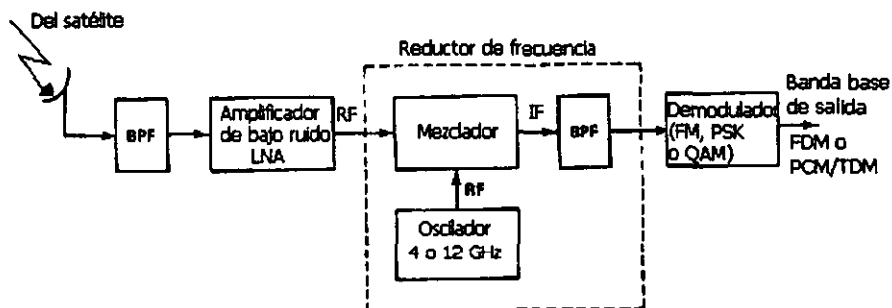


Figura 2.12 Diagrama a bloques de una estación terrena

2.6.4 COMUNICACIONES ENTRE SATÉLITES

En ocasiones, ciertas aplicaciones necesitan de la comunicación entre satélites. Esto se hace mediante interconexiones satelitales (ISL's). Tal es el caso de los sistemas de telefonía móvil Globalstar o Iridium por ejemplo. La desventaja principal de usar ISL's es que tanto el transmisor como el receptor se encuentran en el espacio, con lo que la potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor están limitadas. Si se quieren comunicar dos regiones muy distantes, es preferible usar un circuito en el que se empleen dos o más satélites, subiendo la señal a un satélite, bajándola a otra estación terrena y mandándola desde este punto a otro satélite y que éste se encargue de bajar la señal al punto de destino.

CAPÍTULO 3

EL SATÉLITE BOEING 601 HP

3.1 SATÉLITES BOEING.



Boeing Satellite Systems posee distintos tipos de naves para cubrir las necesidades de comunicación existentes: el 376, el 601 y 601 HP y el gigante 702. El versátil Boeing 376 de estabilización por giro, del tipo de los satélites Morelos I y II, transporta 24 transpondedores en la banda C, Ku o ambas con una potencia desde 800 hasta 2,000 watts. El Boeing 601 de estabilización triaxial, fue presentado en 1987 para anticipar los requerimientos de alta potencia, múltiples aplicaciones como la transmisión de televisión directa a pequeñas antenas receptoras, redes privadas corporativas y comunicaciones móviles. La configuración básica comprendía de 48 transpondedores proporcionando más de 4,800 watts. El 601 HP de alta potencia como el *Satmex 5* también de estabilización triaxial, hizo su debut en 1995, describiré éste satélite más adelante. Y el más potente de todos, el 702 de alta potencia, con capacidad para transportar hasta 100 transpondedores, se alimenta con los 25 kW provenientes de sus celdas solares. De igual manera que el 601 HP, el 702 es de estabilización triaxial y sistema de propulsión *XIPS*, sistema

que también describiré más adelante. Este gigante llega a pesar 2,950 kg en órbita al principio de su vida, y medir 40.4 metros de largo con sus paneles solares desplegados, más largo que un jet 737.

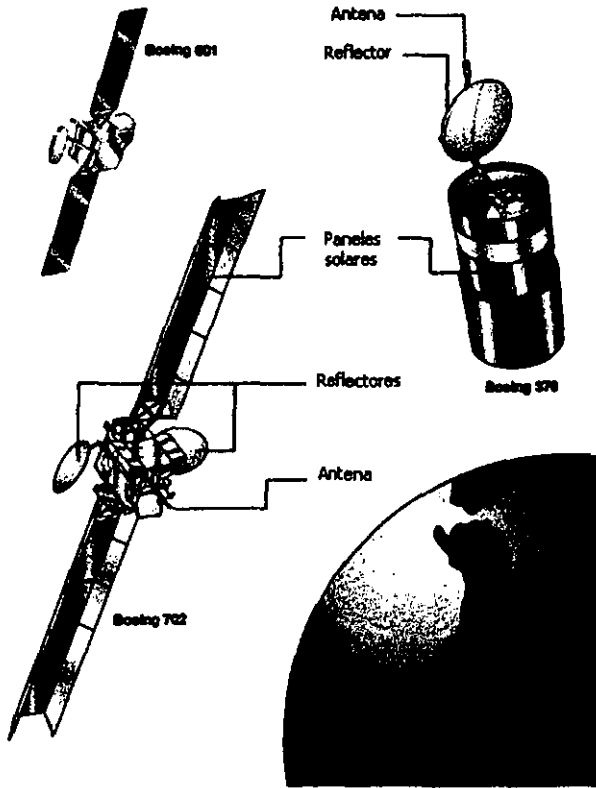


Figura 3.1 Modelos de satélites Boeing

3.2 EL BOEING 601 HP

Este satélite de estabilización triaxial es la nave espacial mejor vendida, más de 28 de estas naves han sido entregadas ya. La configuración básica del 601 HP transporta hasta 60 transpondedores a una potencia del doble que el clásico

Hughes 601, alimentado con más de 10,000 watts, gracias a sus celdas solares de arseniuro de galio, su batería de tecnología avanzada y sistema de propulsión XIPS.

3.2.1 CUERPO DEL SATÉLITE

El Boeing 601 tiene un centro en forma de caja con varias antenas reflectoras, flanqueado por los paneles solares. Está compuesto por dos módulos.

1. La estructura primaria que contiene el subsistema de propulsión, el equipo de control electrónico y las baterías. En inglés conocido como *Bus* (figura 3.2)

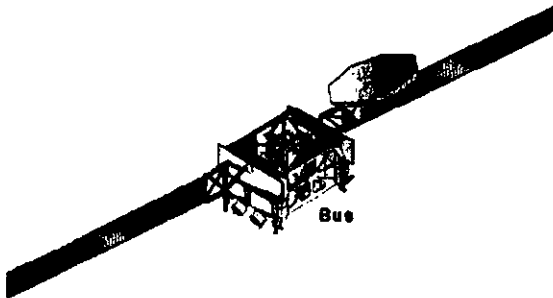


Figura 3.2 Módulo del bus

2. Una segunda estructura en forma de panales de abeja que soportan el equipo de comunicaciones, de electrónica y los conductores de calor isotérmicos. Conocida como *payload* (figura 3.3)

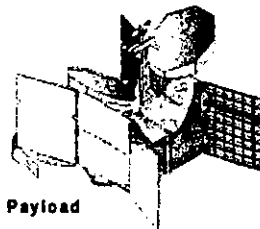


Figura 3.3 Módulo de payload

Tanto los reflectores, las guías de onda y los paneles solares van montados directamente en el módulo de *payload*, y las antenas pueden ser colocadas directamente en el módulo de *bus*. Este arreglo modular permite trabajar de forma paralela en su diseño, de ese modo los tiempos de manufactura y prueba se reducen.

3.2.1.1 Dimensiones del Satélite

Cuando el satélite va a ser lanzado al espacio, viaja compactado en el vehículo de lanzamiento, sus antenas reflectoras y paneles solares permanecen replegados. En esta posición el satélite tiene una altura de 3.5 metros. Ya en el espacio al alcanzar su posición orbital el satélite se despliega en su totalidad llegando a medir 26 metros de ancho. Se pueden apreciar las dimensiones del satélite en la siguiente figura cuando se compara con el cuerpo humano.

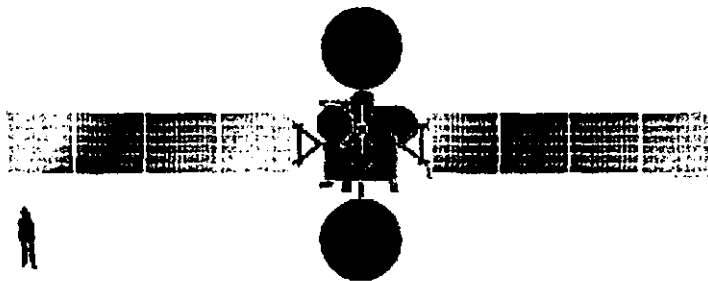


Figura 3.4 Dimensiones del satélite comparado con una persona

3.2.1.2 Peso del Satélite

Un satélite tiene un peso mayor al principio de su vida útil (BOL, *beginning of life*) que al final de ella. El peso promedio del Boeing 601 HP es de 4,998 libras (2,267 kg) a su BOL. Los satélites son construidos para que pesen lo menos posible, ya

que colocar un satélite en su órbita tiene un costo cercano a los US\$15, 000 por libra. Entonces, lanzar un Boeing 601 HP tiene un costo total de US\$ 74, 970, 000 en promedio, por esto un satélite mientras menos pese, mejor.

3.3 EL SISTEMA DE PROPULSIÓN XIPS

XIPS son las siglas de *Xenon Ion Propulsion System* o sistema de propulsión por iones de xenon, es decir es un motor iónico. El XIPS, es la culminación de casi 4 décadas de investigación en el uso de sistemas eléctricos de propulsión como alternativa para la propulsión química. Disponible en el 601 HP y en el Boeing 702, el XIPS es usado primordialmente para mantener al satélite en su posición orbital. Los propulsores son requeridos para corregir el tirón gravitacional ocasionado por el Sol o la Luna y reposicionarlo en su órbita y altitud. La vida útil de un satélite a partir de su inyección en órbita, está determinada por la cantidad de combustible que lleva a bordo para su sistema de propulsores.

Los propulsores químicos usados actualmente están limitados por la energía liberada durante el proceso de combustión. Los propulsores de ion dependen únicamente de la potencia eléctrica disponible. Mayor potencia significa mayor movilidad de los iones y un mayor empuje.

3.3.1 EL COMBUSTIBLE

La propulsión por iones ha sido investigada desde principios de los 60's. Las primeras investigaciones apuntaban al gas Cesio, pero fue descartado debido a su naturaleza corrosiva. Entonces se pensó en el Mercurio, pero nuevamente se rechazó esta propuesta, debido al impacto ambiental. En 1984 Hughes Research Laboratories, inició la investigación del uso del xenon y encontró que este ofrecía el mayor empuje de todos los gases inertes no reactivos. Debido a su naturaleza,

no es corrosivo ni explosivo y no representa riesgo alguno para el satélite o el personal en tierra.

Al ser un gas y no un líquido el combustible empleado, la primera consecuencia es una nave mucho más liviana; como los costos de lanzamiento están en función del peso de la nave, al ser esta más ligera estos costos se reducen considerablemente.

3.3.2 FUNCIONAMIENTO

Un motor iónico trabaja en base a átomos cargados eléctricamente, o sea iones, para generar empuje (véase la figura 3.5). El xenon se carga eléctricamente mediante la diferencia de potencial creada por los electrodos que acelera los iones a una velocidad cercana a las 62,9000 millas por hora (30 kilómetros por segundo). Los iones son exhalados a través del propulsor creando una fuerza que empuja la nave en la dirección opuesta. Entonces el XIPS es un sistema análogo a los motores de reacción.

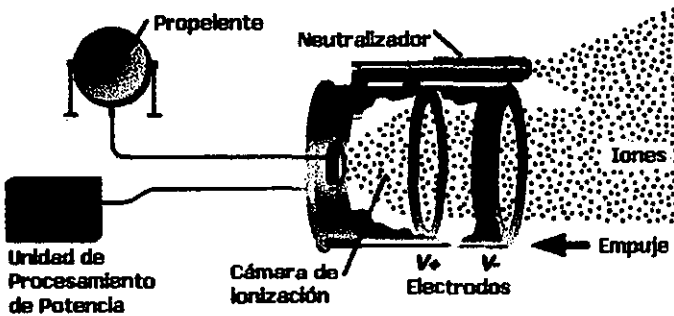


Figura 3.5 Esquema básico del sistema XIPS donde podemos apreciar principalmente la cámara de ionización

La principal ventaja de la propulsión eléctrica es la eficiencia. Este revolucionario sistema de propulsión, es 10 veces más eficiente que el actual sistema químico en uso, ya que el XIPS permite una reducción en la masa del propelente de más del

90% para un satélite diseñado para 12 o 15 años de operación. Menor combustible significa reducción en los costos de lanzamiento, incremento en los equipos de transmisión o un incremento en la vida útil del satélite, o bien combinaciones de todo lo anterior. La alta directividad del chorro propulsor en el sistema provee un empuje muy eficiente y reduce el potencial de contaminación de la nave proveniente del chorro. El funcionamiento del XIPS no afecta la radiodifusión ni las operaciones de telemetría.

3.3.3 PROPULSORES

Un satélite típico utiliza cuatro propulsores XIPS, dos primarios y dos secundarios para mantener estacionado al satélite; todos ellos conectados a la misma alimentación de xenon. Cada motor primario es encendido o apagado por una unidad inteligente de poder, que monitorea y diagnostica automáticamente las operaciones.

El Boeing 601 HP usa propulsores XIPS de 13 centímetros para lograr el alineamiento norte-sur con la Tierra y controlar el momento de la nave en dos ejes. Los propulsores de 13 centímetros operan a razón de impulsos específicos (ISP) de 2,568 segundos con un impulso de 18 milinewtons (mN). El satélite navega con 4 propulsores de xenon de 13 centímetros y dos unidades de procesamiento de potencia. La órbita y el

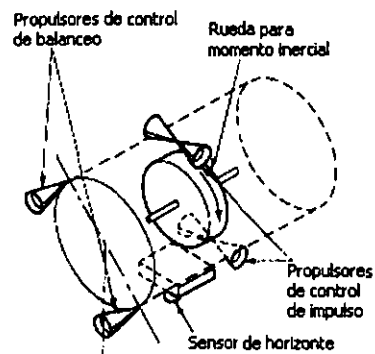


Figura 3. 6 Propulsores del sistema XIPS

control del momento se realizan a través de dos encendidas de los motores cada día. Solamente dos de los cuatro propulsores son requeridos para completar las maniobras en órbita.

En operación normal, cada propulsor iónico del 601 HP opera 5 horas por día, utilizando en total 500 watts de los 8 kilowatts proporcionados por los paneles solares.

3.4 RESUMEN

La siguiente tabla 3.1 nos presenta las características de la configuración básica de los satélites Boeing 601 HP, esto no quiere decir que todos los satélites de éste modelo porten todo el equipo que a continuación se indica, como veremos en el siguiente capítulo con el *Satmex 5*.

Tabla 3.1 Configuración básica del modelo 601 HP

CARGA ÚTIL		POTENCIA	
Banda C : 24 transpondedores 36 W TWTA's		Principio de vida	10 kW
Banda Ku: 36 transpondedores 132.5 W TWTA's		Fin de vida	8.8 kW
		Paneles	2 alas cada una con 4 paneles de celdas solares de arseniuro de galio
		Baterías	32 celdas de NiH, 350 Ahr
PROPULSIÓN		DIMENSIONES	
Motor de apogeo	490 N (110lbf)	Estibado Alto:	5.5 m
Propulsores		Ancho:	3.5 m x 2.6 m
N-S primario	13 cm (0.017 N) (xenon ion)	En órbita Largo:	26 m (paneles solares)
N-S secundario	4 x 2 lbf (10 N) (bipropelente)	Ancho:	9.4 m (antenas)
E-W (bipropelente)	4 x 5 lbf (22 N)	Peso	
Aft (bipropelente)	4 x 2 lbf (10 N)	Lanzamiento	4153 kg
		En órbita	2267 kg
		(principio de vida)	

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS DEL SATMEX 5

4.1 LA TERCERA GENERACIÓN DE SATÉLITES

En Agosto de 1996, Hughes Space and Communications International, Inc., ahora Boeing Satellite Systems International Inc., firmó un contrato con SATMEX, para construir el *Satmex 5*, un satélite Boeing 601 HP de estabilización triaxial, geosincrónico. Lanzado el 5 de diciembre de 1998 a bordo de un vehículo Ariane 4 desde la plataforma espacial de lanzamiento en Kourou, en la Guyana Francesa, inició sus operaciones comerciales en enero de 1999. Fue el primer satélite comercial mexicano lanzado bajo manos privadas en cuyos trabajos de diseño e integración participaron ingenieros mexicanos como en los anteriores satélites Morelos y Solidaridad.

La relación entre México y Hughes, ahora Boeing, ha dado como resultado dos generaciones de sistemas de telecomunicaciones que han puesto a nuestro país a la vanguardia en comunicaciones satelitales en Latinoamérica. Con el *Satmex 5* se inicia **la tercera generación de satélites mexicanos**, incrementando con éste su capacidad, su cobertura y brindando mayores opciones al mercado de las telecomunicaciones tanto en México como en América Latina.

4.2 CONFIGURACIÓN DEL SATMEX 5

El *Satmex 5* transporta una carga útil de 48 transpondedores transmitiendo a una potencia nominal de 49 dBW, 24 trabajan en banda C y 24 lo hacen en la banda Ku gracias a sus 7,000 watts proporcionados por sus celdas solares, 10 veces más que la capacidad del Morelos II. El *Satmex 5* fue la quinta nave a la cual se le colocó el sistema XIPS opcional en estos satélites, extendiendo su vida útil hasta los 15 años aproximadamente. Sus transpondedores son del tipo TWTA's enfriados mediante calor irradiado, no posee transpondedores SSPA's. La siguiente tabla nos presenta la configuración técnica de éste satélite.

Tabla 4.1 Características técnicas del satélite

Satmex 5	36 MHz Banda C	36 MHz Banda Ku
Número de transpondedores	24	24
PIRE (dBW)	38.0	Ku 1: 49.0 Ku 2: 46.0
G/T (db/°K)	-3.0	-95.0
Densidad de flujo a saturación (dBW/m ²)	-92.0	-95.0
Redundancia	30 TWTA's para 24 canales	32 TWTA's para 24 canales
Rango de atenuación de entrada	0 a 15 dB en pasos de 1 dB	0 a 20 dB en pasos de 1 dB
Grados de tolerancia en el mantenimiento de la nave espacial	±0.05° N-S ±0.05° E-W	

PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Efectiva

G/T: Rendimiento del sistema de recepción

4.2.1 HUELLAS DEL SATÉLITE

Los haces del *Satmex 5* expanden el área de cobertura a todo el continente americano proveyendo servicios a prácticamente todos los países de la región, desde América del Norte, Centro América, el Caribe hasta América del Sur. Los haces del satélite cubren tres regiones: la región **C1** que trabaja la banda C, la región **Ku-1** y la región **Ku-2** ambas en la banda Ku. La región C1 y la región Ku-2 son coberturas de tipo hemisférica, mientras que la región Ku-1 es una cobertura de tipo zonal.

4.2.1.1 Región C1

La banda C puede ser recibida desde Canadá hasta Argentina, en la figura 4.1 podemos apreciar como se distribuye la potencia del haz a través de la zona cubierta, donde observamos que en la parte central la señal llega con mayor potencia y se decrementa hacia el exterior. Observamos que en la mira, nos llegarán las transmisiones del satélite con una potencia de 40 dbW bajando hasta los 37 dbW.



Figura 4.1 Cobertura de la región C1 en banda C del tipo continental

4.2.1.2 Región Ku-1

La región Ku-1 es recibida únicamente en México, Guatemala, Belice y la mayoría de las ciudades estadounidenses. Podemos observar en la figura 4.2 que existe una cierta disparidad en cuanto a la potencia recibida en algunas regiones. Por ejemplo, en todo nuestro país y las costas pacífica y atlántica de los Estados Unidos, se tiene la mayor cantidad de decibeles recibidos, en cambio en la parte central de Norteamérica, la potencia disminuye ligeramente, por ser zonas

geográficas no tan densamente pobladas y obviamente sus necesidades de comunicación no son tan grandes.



Figura 4.2 Cobertura de la región Ku-1 en banda Ku, de tipo zonal

4.2.1.3 Región Ku-2

Por último la región Ku-2, figura 4.3 siguiente página, abarca todo México, América Central, Estados Unidos, el Caribe y Sudamérica con excepción de Brasil. También notamos que existen varias miras como el centro de nuestro país, California, E.U., partes de América Central, la parte norte de Colombia y Venezuela, la zona central de Argentina y partes de Uruguay y Paraguay. Cabe señalar que el satélite baña la mayor parte del continente con una potencia de 47 dbW.

El área geográfica cubierta por la banda Ku estará posibilitada para recibir los servicios directos al hogar (DTH) con antenas de 60 centímetros o menores; los márgenes de PIRE y G/T en los peores casos serán más que suficientes para la transmisión digital.

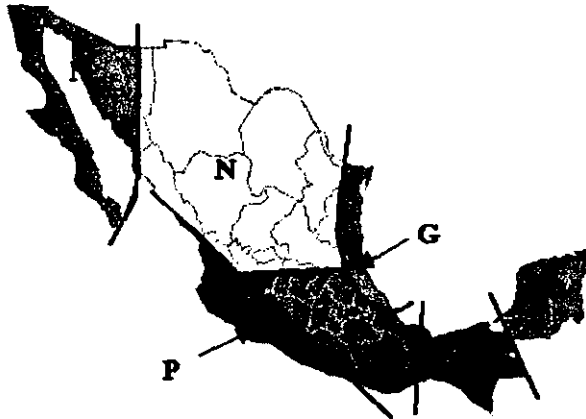


Figura 4.4 Zonas hidrometeorológicas de México

Tabla 4.2 Margen de atenuación y zonas hidrometeorológicas de México

Zona Hidrometeorológica		Disponibilidad		
		99.5% (dB)	99.80% (dB)	99.90% (dB)
Nor Occidente NO	Tx	1.50	3.00	3.50
	Rx	0.00	1.00	1.50
Norte Centro NC	Tx	0.00	1.00	1.30
	Rx	0.00	0.00	0.00
Golfo Norte GN	Tx	3.60	6.80	9.20
	Rx	1.60	4.80	7.20
Centro CE	Tx	2.20	4.20	6.30
	Rx	0.20	2.20	4.30
Pacífico Centro PC	Tx	3.60	5.90	8.50
	Rx	1.60	3.90	6.50
Istmo IT	Tx	2.50	5.80	8.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
Yucatán YU	Tx	2.90	6.00	8.90
	Rx	0.90	4.00	6.90

4.2.2.2 Zona EU y Canadá

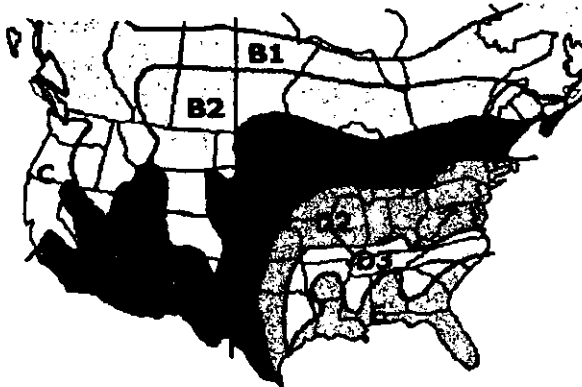


Figura 4.5 Zona hidrometeorológicas de EU y Canadá

Tabla 4.3 Margen de atenuación y zonas hidrometeorológicas de EU y Canadá

Zona Hidrometeorológica		Disponibilidad		
		99.5% (dB)	99.80% (dB)	99.90% (dB)
B1	Tx	0.14	0.29	0.46
	Rx	0.10	0.20	0.32
B2	Tx	0.21	0.40	0.65
	Rx	0.15	0.28	0.46
C	Tx	0.39	0.72	1.15
	Rx	0.27	0.51	0.81
D1	Tx	0.70	1.44	1.95
	Rx	0.49	1.02	1.39
D2	Tx	1.17	2.34	3.74
	Rx	0.83	1.66	2.67
D3	Tx	1.59	3.47	5.69
	Rx	1.12	2.48	4.08
E	Tx	2.10	5.66	9.79
	Rx	1.49	4.06	7.07
F	Tx	0.29	0.49	0.70
	Rx	0.20	0.34	0.50

4.2.2.3 Zona Centro y Sudamérica



Figura 4.6 Zonas hidrometeorológicas de Centro y Sudamérica

Tabla 4.4 Margen de atenuación y zonas hidrometeorológicas de Centro y Sudamérica

Zona Hidrometeorológica		Disponibilidad		
		99.5% (dB)	99.80% (dB)	99.90% (dB)
C'	Tx	0.15	0.48	0.66
	Rx	0.11	0.34	0.47
D	Tx	1.36	2.04	2.84
	Rx	0.95	1.44	2.02
IT	Tx	2.50	5.80	8.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
E'	Tx	0.28	0.73	1.10
	Rx	0.19	0.51	0.77
K	Tx	2.37	4.06	6.14
	Rx	1.67	2.88	4.38
N	Tx	2.65	5.38	8.98
	Rx	1.89	3.86	6.48
P	Tx	6.73	11.37	17.25
	Rx	4.84	8.23	12.55
Y	Tx	2.90	6.00	8.90
	Rx	0.90	4.00	6.90

Como es de suponerse las regiones en las que existe una precipitación pluvial considerable, es ahí donde se tiene la mayor atenuación de la señal, tanto del satélite a la estación terrena como viceversa. Ejemplo de esto, es la región de Yucatán e Istmo en nuestro país, el sureste de Estados Unidos o el centro de Sudamérica donde se encuentra el Amazonas, atenuándose la señal en este último lugar, hasta en 17 dB. Y por el contrario, las zonas desérticas o con muy poca precipitación pluvial, esta atenuación, en algunos casos es incluso nula.

Si observamos en los tres cuadros anteriores, veremos que mientras mayor disponibilidad de señal tengamos, el rango de atenuación será mayor. También podemos observar que la atenuación siempre es mayor en la etapa de transmisión que en la de recepción, llegando a ser incluso más del doble o el triple en algunas zonas hidrometeorológicas.

4.2.3 DERECHOS DE ATERRIZAJE

Los derechos de aterrizaje son los convenios comerciales que en este caso tiene Satmex S.A. de C.V. con los diversos países para poder comercializar sus servicios satelitales o bien, el permiso para que en esos países puedan recibir las señales provenientes de sus satélites. Para cada satélite se deben tener los derechos de aterrizaje correspondientes, es decir, no son los mismos derechos que se tienen para el Solidaridad II, que para el *Satmex 5*, cada satélite debe tener su propio convenio comercial. En ciertos países como en Brasil, se cobran derechos adicionales por la comercialización de señales, al menos para Satmex.

En las regiones cubiertas por las huellas del *Satmex 5*, se tiene total autorización para comercializar las señales en las bandas C y Ku en los siguientes países: Estados Unidos, México, Guatemala, Belice, Puerto Rico, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Paraguay, Uruguay, Brasil, Cuba mediante ETECSA,

Bahamas, Jamaica, República Dominicana, Argentina, y a través de un convenio comercial con Andesat en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En Canadá existen permisos para transmisión internacional de punto a punto, más como Estados Unidos se considera mercado doméstico, no existen las transmisiones entre estos dos países por parte de Satmex, además de que los acuerdos no incluyen DTH ni BSS. Mientras que con Panamá y Chile no existen acuerdos comerciales, las regulaciones locales permiten a los concesionarios de telecomunicaciones usar servicios satelitales extranjeros. Las Islas Caymán, Aruba y las demás Islas del Caribe permiten el uso de servicios satelitales para clientes directos o aplicaciones específicas.

4.2.4 PLAN DE FRECUENCIAS

Las frecuencias típicas de trabajo son: para banda C de 6 GHz de subida y 4 GHz de bajada; para la banda Ku de 14 GHz de subida y 12 GHz de bajada. En la siguiente hoja presento el plan de frecuencias con el cual trabaja el *Satmex 5*. Los números indicados en la parte de arriba de los bloques, corresponden al número de transpondedor en el satélite. Los números de debajo de cada bloque corresponden a las frecuencias centrales de cada transpondedor donde el número superior nos indica la frecuencia de subida y el inferior la frecuencia de bajada para el transpondedor especificado. Las letras a la izquierda (H y V) nos indican la polarización del transpondedor, horizontal o vertical. Los transpondedores con números impares tienen una polarización horizontal de subida y vertical de bajada; mientras que en los pares es al revés, para banda C. Para la banda Ku, esto se invierte, es decir en el plan de frecuencias podemos ver que se van alternando.

El ancho de banda de cada transpondedor tanto en banda C como en banda Ku ya sea en el circuito de subida o de bajada, es de 36 MHz que es el ancho de banda típico con un ancho de guarda de 4 MHz.

SATMEX 5 FREQUENCY PLAN

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
HI fcentral	5945	5985	6025	6065	6105	6145	6185	6225	6265	6305	6345	6385
VI fcentral	3720	3760	3800	3840	3880	3920	3960	4000	4040	4080	4120	4160

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
VI fcentral	5965	6005	6045	6085	6125	6165	6205	6245	6285	6325	6365	6405
HI fcentral	3740	3780	3820	3860	3900	3940	3980	4020	4060	4100	4140	4180

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
VI fcentral	14020	14060	14100	14140	14180	14220	14260	14300	14340	14380	14420	14460
HI fcentral	11720	11760	11800	11840	11880	11920	11960	12000	12040	12080	12120	12160

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
HI fcentral	14040	14080	14120	14160	14200	14240	14280	14320	14360	14400	14440	14480
VI fcentral	11740	11780	11820	11860	11900	11940	11980	12020	12060	12100	12140	12180

4.2.5 CENTROS DE CONTROL ORBITAL

Como ya he mencionado, el *Satmex 5* se encuentra en la posición orbital de los 116.8° W, dicha posición es monitoreada desde los Centros de Control Satelital que se encuentran ubicados en Iztapalapa, México y en Hermosillo, Sonora. Las principales funciones que realizan estos centros son:

1. **Recepción de Telemetría en tiempo real**, función a través de la cual se conoce en todo momento el estado de salud del satélite.
2. **Envío de Instrucciones y Rango**, función que permite darle instrucciones al satélite, ya sea para efectuar un cambio ordinario, una reconfiguración, corregir alguna anomalía, o medir la distancia que hay del Centro de Control al satélite.
3. **Maniobras de Control Orbital** para corregir las perturbaciones inducidas al satélite por los otros cuerpos celestes así como por la forma de la Tierra.
4. **Soporte técnico a los clientes** tanto al inicio como durante sus operaciones, con el propósito de garantizar la armoniosa convivencia de las portadoras.

4.3 SERVICIOS DEL SATMEX 5

El diseño del *Satmex 5* le brinda la posibilidad de proveer nuevos servicios o mejorar los que se tenían, tales como telecomunicaciones privadas, distribución de televisión, programas educativos y otros con una alta rentabilidad, rendimiento y valor. *Satmex 5* es ideal para aplicaciones que requieren gran ancho de banda ya que permite utilizar avanzada tecnología de compresión digital para optimizar capacidad.

4.3.1 BENEFICIOS

Entre los beneficios que ofrece el *Satmex 5* se encuentran los siguientes.

- Su potencia efectiva radiada, diez veces superior a los Morelos y tres veces mayor a los Solidaridad y su elevada densidad espectral en sus transpondedores, ofrecen un mejor aprovechamiento del segmento espacial para transmisiones digitales de gran confiabilidad.
- Las aplicaciones que operan en formatos DVB alcanzan economías de escalas de importancia al beneficiarse de las características del *Satmex 5*.
- *Satmex 5* opera a menor costo total, soluciones con requerimientos de circuitos asimétricos bidireccionales como la conexión a Internet.
- Para los usuarios de servicios ocasionales, *Satmex 5* en su banda Ku, ofrece la posibilidad de usar equipos digitales portátiles que reducen los costos de operación además de hacer más flexible y dinámico el despliegue de cuadrillas de noticias y eventos especiales.
- La cobertura continental de la banda C de *Satmex 5* permite el crecimiento de la distribución de la televisión por cable y la educación a distancia a costos más competitivos.

4.3.2 APLICACIONES

Satmex da servicio a proveedores de broadcasting de audio y vídeo, a compañías que se dedican a la transmisión de voz y datos, transmisión multicast de datos basados en protocolos IP y de acceso al backbone de Internet, telepuertos y

portadoras en México. *Satmex 5* ofrece cobertura y capacidad para solucionar necesidades de comunicación que requieren gran ancho de banda en México, América Latina y EE.UU.

4.3.2.1 Sistemas de Banda Ancha e Internet, Mediastreaming y Caching

La cobertura en la región norte del Continente Americano de *Satmex 5*, está dedicada 100% a Internet. Gracias a su potencia de transmisión, se logra el desempeño eficaz de los nuevos servicios en este rubro. Estas características han hecho que los usuarios lo encuentren como un medio apropiado para hacer crecer su negocio en Internet. Satmex con su cobertura favorece los servicios de conectividad integral al backbone de Internet a primer nivel evitando así los cuellos de botella terrestres.

- **Mediastreaming:** Aplicación idónea para la transmisión de contenidos de teledifusión o multicasting en vivo de multimedia, tales como vídeo en tiempo real o gráficas animadas de computadoras; o para instalaciones corporativas, pequeñas oficinas de usuarios de PC. Con los servicios de mediastreaming vía satélite se podrán obtener ventajas como:
 - ◆ Manejo inmediato de grandes volúmenes de información.
 - ◆ Distribución simultánea a múltiples localidades.
 - ◆ Bajo costo gracias a la utilización de terminales VSAT 'S o USAT 'S.
 - ◆ Fácil instalación y bajo mantenimiento.
 - ◆ Ideal para vídeos corporativos, kioscos interactivos, Internet, etcétera.

- **Caching:** Es uno de los servicios de valor agregado que un proveedor de acceso a Internet puede darle a sus clientes para incrementar su desempeño y

alcanzar mayor capacidad de distribución de información (throughputs), reproduciéndola en servidores estratégicamente colocados para atender su demanda externa.

- **Webpushing**

4.3.2.2 Teledifusión (Broadcasting)

El servicio de teledifusión puede realizarse tanto en banda C como en banda Ku. El servicio satelital de Satmex satisface las necesidades en las transmisiones digitales y/o analógicas de radio y televisión comercial, así como el uso de sistemas móviles para transmisión de eventos especiales (S.O.S.), alcanzando zonas rurales y urbanas dentro del continente. Las comunicaciones satelitales ofrecen grandes ventajas a la industria de la televisión,

- Flexibilidad: debido a que en las estaciones terrenas puede reconfigurarse la señal inmediatamente.
- Alcance: gracias a su cobertura.
- No hay restricciones de ancho de banda.
- Permiten el uso de unidades móviles para eventos especiales.
- Servicio satelital con cobertura continental y con capacidad mundial a través de la Alianza Global con Loral Space.

4.3.2.3 Televisión Directa al Hogar

Satmex 5 ofrece un servicio que permite el establecimiento de enlaces unidireccionales para transmisión digital de las señales de vídeo, audio y datos de coordinación y control. La forma de transmisión de la señal digital desde el satélite es a través de un receptor satelital o pequeña antena (VSAT) conectada al

televisor de cada suscriptor. El sistema binario que se usa para la señal amplía la gama de aplicaciones de este tipo de transmisiones. Las ventajas en este tipo de servicio son las siguientes:

- Cumple con el estándar internacional DVB protocolo para transmisión de señales, MPEGI, MPEGII y MPEGIII.
- Posibilita la transmisión de Información multimedia.
- Claridad y nitidez en imagen y sonido.
- Soporte de distintos formatos de transmisión.

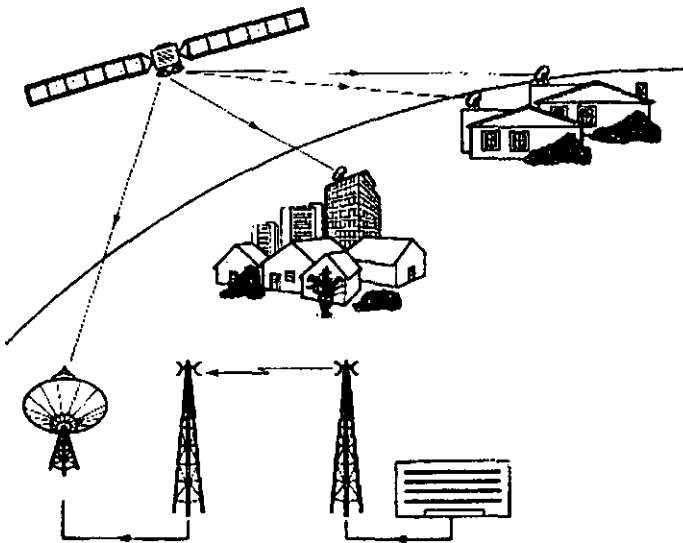


Figura 4.7 Televisión directa al hogar (DTH)

4.3.2.4 Redes Corporativas y Videoconferencia

Las redes satelitales representan una opción para satisfacer las demandas de: mayor rapidez de acceso y configuración a las redes; servicio altamente confiable; desarrollo de aplicaciones tales como "Webpushing" y "Video streaming"; aumento

de capacidad para información multimedia, multicasting y medios masivos; cobertura multiespacial; y anchos de banda grandes en las subredes y en los circuitos de conexión con los ISPs. Satmex ofrece espacio satelital para la implementación de redes de datos que otorgan al usuario una autonomía en la administración de la información, por medio de técnicas de acceso como SCPC que llevan a la divisibilidad de un canal aportándose el diseño de redes privadas de voz, datos y vídeo, multimedia y educación a distancia, entre otros; incluso a través de la tecnología VSAT'S se alcanzan puntos geográficos distantes a un bajo costo por medio de una sencilla instalación de cómoda reubicación de sitios.

El tiempo de implementación de estos proyectos es rápido y el control del canal queda en manos de la compañía, lo que le facilita identificar los puntos de falla del circuito reduciendo riesgos de interrupción y simplificando la administración de la red.

Otra ventaja dentro de este rubro es la ***Videoconferencia*** ya sea considerada como avance de la red telefónica de canales de 380 Kb de transferencia o como subproducto de multimedia. La disponibilidad de esta aplicación por medio de la transmisión satelital conlleva a distribuir la señal simultáneamente a diversos puntos, lo que implica sostener una infraestructura de fluidez informativa a bajo costo, para empresas cuya organización se encuentre orientada a través de representaciones alrededor del mundo.

4.3.2.5 Telefonía Rural y de Larga Distancia

Satmex 5 brinda la posibilidad de implementar redes satelitales de voz, datos, vídeo e Internet; de realizar interconexiones de larga distancia entre carriers; solución a enlaces de última milla y back-up (respaldo) a múltiples puntos nacionales e internacionales. Así mismo apoya a la comunicación rural siendo el mejor aliado para lograr la comunicación entre localidades aisladas.

4.3.2.6 Telemedicina

La Red Nacional de Telemedicina del ISSTE representa para el sector salud una transformación en su historia, ya que apoya la actividad de consultas, diagnósticos, estudios radiológicos y capacitación en centros de salud, clínicas y hospitales móviles en 15 localidades a lo largo de todo el país. Sus ventajas son:

- Disminuye los traslados de los pacientes hasta en un 50%.
- Ahorros mensuales para la institución hasta de 6 millones de pesos anuales.
- Incrementa la capacidad de diagnóstico.
- Apoya los rubros de consulta, diagnóstico, radiología y capacitación.

4.3.2.7 Educación a Distancia

Servicio de sistemas de educación a distancia para apoyar eficientemente la capacitación de forma constante y actualizada. Difundir clases, conferencias o sesiones de trabajo simultáneamente a uno o varios lugares es posible con la tecnología satelital, así como al integrar sistemas interactivos con gran ancho de banda interconectar puntos, los cuales parecían hacer algunos años infranqueables. Ejemplo de lo citado es EDUSAT que desde 1994 cubre el programa de alfabetización en todos los niveles y a lo largo de todo el país, cuenta con 6 canales y 21 mil receptoras que representan a una escuela dentro del territorio.

4.3.3 SERVICIOS PROPORCIONADOS

Satmex proporciona dos tipos de servicios a través del *Satmex 5*: permanente u ocasional, éstos apoyan las aplicaciones antes mencionadas para satisfacer las exigencias de los usuarios.

4.3.3.1 Servicio Permanente

Con el servicio permanente, se obtiene un espacio etiquetado de uso exclusivo con lo que una red privada tendrá una mayor seguridad en el manejo de información, además de prever costos a largo plazo. Es decir la renta de un transpondedor o de un canal para uso único del usuario. Con esto el usuario tiene,

- Disponibilidad geográfica continua e inmediata brindando un servicio ininterrumpido.
- Cobertura Continental nacional, y/o regional.
- Diseño de esquemas financieros según el tipo de cobertura, el plazo y el volumen que se requiera.

4.3.3.2 Servicios Ocasionales de Satmex (S.O.S)

Satmex lanzó sus Servicios Ocasionales Satmex (S.O.S.) que permiten a usuarios reservar capacidad hasta con 15 minutos de anticipación a su evento, para casos de desastres naturales, redundancia o simplemente por requerimientos de capacidad adicional. Empresas como agencias de noticias y deportes se benefician ya de estos servicios. Las principales ventajas:

- Reservaciones con tan sólo 15 minutos de anticipación a través de Internet.
- Disponibilidad continua e inmediata brindando un servicio ininterrumpido utilizable en segmentos mínimos de 15 minutos.
- Cobertura Continental y/o regional.

Destinado para transmisión de eventos especiales, videoconferencias, educación a distancia, recopilación de noticias, televisión educativa, Servicio Ocasional para Noticias (Satellite News Gathering).

4.4 OCUPACIÓN DEL SATÉLITE

Para finalizar las siguientes tablas y gráficas nos muestran como se encuentra la ocupación de los satélites mexicanos, los tipos de servicios que prestan y que tanto ocupa cada uno de ellos, incluye el Solidaridad II y por supuesto el *Satmex 5*.

4.4.1 OCUPACIÓN POR SERVICIO EN PORCENTAJE

Tabla 4.5 Ocupación en porcentajes por servicios

Servicios	Porcentaje de ocupación (%)		
	Solidaridad 2	Satmex 5	Total
Televisión ¹	42.3	31.7	32.6
Radio	0.2	-	0.2
Voz y datos	35.8	48.4	34.5
Móvil	1.5	-	1.0
Capacidad disponible y no comercializable ²	20.2	19.9	31.7
Total	100.0	100.0	100.0

1 Incluye servicio directo a casa (DTH).

2 Espacio destinado a interferencias, señales operativas y espacios libres.

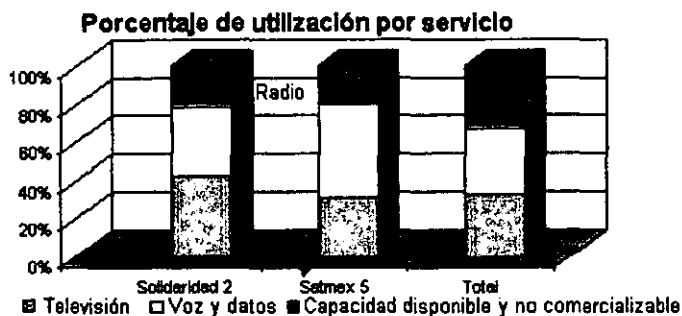


Figura 4.8 Gráfica de la ocupación del servicio en porcentajes

Como podemos notar, el servicio que más ocupa el *Satmex 5* es el de voz y datos seguido de la televisión con la total ausencia de la radio y la comunicación móvil.

4.4.2 OCUPACIÓN POR SERVICIO EN MEGAHERTZ

Tabla 4.6 Ocupación en megahertz por servicios

Servicios	Ocupación Satelital (MHz)		
	Solidaridad 2	Satmex 5	Total
Televisión ¹	732.3	547.6	1 279.9
Radio	4.0	-	4.0
Voz y datos	617.9	835.8	1 453.7
Móvil	25.5	-	25.5
Capacidad disponible y no comercializable ²	348.3	344.6	692.9
Total	1 728.0	1 728.0	3 456.0

1 Incluye servicio directo a casa (DTH).

2 Espacio destinado a interferencias, señales operativas y espacios libres.

En esta tabla comprobamos las cifras porcentuales de la tabla anterior y vemos que de igual manera las comunicaciones de voz y datos ocupan la mayor cantidad de megahertz disponibles en el satélite.

4.4.3 OCUPACIÓN POR SECTORES EN PORCENTAJE

Tabla 4.7 Ocupación porcentual por sectores

Sectores	Porcentaje de ocupación (%)		
	Solidaridad 2	Satmex 5	Total
Gobierno	6.9	2.1	5.4
Transporte y turismo	-	-	-
Industria y comercio	0.5	1.9	2.6
Operadores De servicios de telecom.	71.3	75.1	57.9
Educativo	1.0	-	0.7
Bancos y financiero	0.2	1.0	1.7
Capacidad disponible y no comercializable ¹	20.1	19.9	31.7
Total	100.0	100.0	100.0

1 Espacio destinado a interferencias, señales operativas y espacios libres.

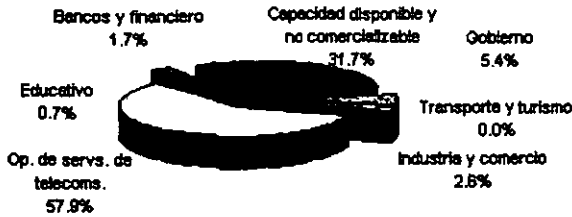


Figura 4.9 Porcentaje de ocupación del sistema mexicano de satélites por sectores

En la gráfica de la figura 4.9 observamos claramente como los operadores de servicios de telecomunicación ocupan más de la mitad del satélite, tales como proveedores de servicios de internet, radiolocalización, tv digital, etc. Es decir, el *Satmex 5* prácticamente se dedica a la transmisión de datos, como lo demuestra la tabla 4.7.

4.4.4 OCUPACIÓN POR SECTORES EN MEGAHERTZ

Tabla 4.8 Megahertz ocupados por sectores

Sectores	Ocupación Satelital (MHz)		
	Solidaridad 2	Satmex 5	Total
Gobierno	119.7	36.0	155.7
Transporte y turismo	-	-	-
Industria y comercio	7.8	32.4	40.2
Operadores de servicios de telecom.	1 231.8	1 297.1	2 528.9
Educativo	16.4	18.0	34.4
Bancos y financiero	4.0	-	4.0
Capacidad disponible y no comercializable ¹	348.3	344.5	692.8
Total	1 728.0	1 728.0	3 456.0

¹ Espacio destinado a interferencias, señales operativas y espacios libres.

En conclusión de las tablas anteriores deducimos que la transmisión de información es el sector que más utiliza los servicios satelitales en parte gracias a su gran ancho de banda y elevada velocidad de transmisión.

CONCLUSIONES

El *Satmex 5* expandió las telecomunicaciones satelitales de nuestro país colocando a México a la vanguardia en estos servicios en América Latina. Con derechos de aterrizaje en todo el continente, México ha pasado de satisfacer sus propias necesidades de comunicación doméstica como con los Morelos, ha ser un proveedor de servicios de este tipo cubriendo toda la región. El reporte financiero del año 2000 de Satmex, revela el alcance de los satélites mexicanos: ingresos anuales de US\$136.4 millones. Estos ingresos se alcanzan principalmente llevando a toda América más de 170 canales de televisión directa al hogar llegando a más de 500 millones de televidentes, así como la conectividad a alta velocidad proporcionada a los proveedores de servicios de internet tales como Hughes Network Systems, ATC Teleports, BellSouth, Interpacket Group, American Multiplexer, Tachyon.net, IWL CapRock, ICG Communications, Latinet, NetSat Express, Turnkey, Vitacom, entre otros.

Como hemos visto en las tablas anteriores referentes a la ocupación del satélite, el sector que más ocupa y necesita de las comunicaciones, precisamente son los operadores de servicios de telecomunicación, ya sea de voz como pueden ser las empresas telefónicas, datos como los ISP's, televisión, etc. Y esta tendencia continúa hacia esa dirección, ya que las empresas desean expandir sus mercados hasta donde sea posible y necesitan estar bien comunicadas. Esto requerirá de mejores sistemas de comunicación y cada vez de mayores volúmenes en el tráfico de información.

La falla del Solidaridad I en agosto del año 2000 le proporcionó a Satmex una nueva oportunidad: **SATMEX 6**, el satélite más potente y en cuya planeación se incluye una cobertura mayor que la del *Satmex 5*. Con este satélite que ocupará la

posición nominal que tenía el Solidaridad II, a 109.2° W en enero del 2003, se espera cubrir mercados estratégicos en todo el continente y así satisfacer las necesidades de gran ancho de banda de los consumidores lo que para Satmex significaría ingresos mucho mayores que con Solidaridad I.

Es posible que **SATMEX 6** tenga una cobertura hemisférica y permita la comunicación entre continentes pero aún no se dispone de esta información, lo cierto es que las comunicaciones satelitales en nuestro país irán avanzando conforme el mercado así lo exija.

APÉNDICE

PARÁMETROS POR LOCALIDAD

En las tablas presentadas a continuación, presento los parámetros por localidad, desde Canadá hasta Argentina. En la primera columna se menciona el país y sus ciudades más importantes. Las siguientes dos columnas nos indican la latitud y longitud de dicha ciudad; todas se encuentran en la longitud oeste, pero no todas estas ciudades se encuentran en la latitud norte. En la columna de latitud, las ciudades con un signo negativo indican que se encuentran en el hemisferio sur, las positivas en el norte. Seguidamente tenemos los ángulos de observación para cada localidad: el azimuth referido a 0° y el ángulo de elevación¹ ambos en grados.

Las siguientes seis columnas, están divididas en dos grupos: el primer grupo se refiere a los transpondedores impares indicando la polarización de subida y la de bajada; el segundo grupo de transpondedores de números pares de manera similar nos proporciona las indicaciones antes mencionadas². El significado de las siglas EIRP, G/T y SFD se encuentran en el glosario.

Correcciones.

- ♦ G/T: en el apéndice se tiene dB/K, debe ser **dB/°K**.
- ♦ SFD: se tiene dBW/m, debe ser **dBW/m²**.
- ♦ En la tabla 3, página 53 los parámetros para localidades de EU se desplazaron una línea más abajo de la ciudad mencionada.

¹ Recuérdese el punto 2.5.1 de la página 11 capítulo 2 "orientación de la antena"

² Esto se encuentra en la página 36 del capítulo 4 "plan de frecuencias"

LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION HORIZONTAL / VERTICAL			POLARIZATION VERTICAL / HORIZONTAL		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	TRANSPONDER 1,3,5,7,9,11 13,25,17,19,21,23			TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
					ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/m	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/m
ACAPULCO, GRO.	16.85	99.92	226.31	62.29	40.32	-0.76	-94.30	40.70	-0.43	-94.77
CANCUN, Q.ROO	21.08	86.77	238.11	48.08	41.29	3.16	-96.22	41.84	2.81	-98.01
CIJADAD JUAREZ, CHH	31.73	106.48	199.10	51.38	40.95	-1.09	-93.97	40.94	-0.28	-94.92
CULIACAN, SIN	24.80	107.40	213.43	56.42	41.17	0.45	-95.51	41.38	1.02	-96.22
CHIHUAHUA	28.63	106.08	238.61	48.55	41.26	3.18	-98.24	41.62	2.90	-98.10
CHILPANCINGO	17.55	99.50	224.29	60.09	40.72	0.20	-95.26	41.11	0.68	-95.88
GUADALAJARA, JAL	20.67	103.33	214.16	61.33	40.74	-0.54	-94.52	40.89	0.37	-95.57
HERMOSILLO, SON	29.07	110.97	191.87	55.48	40.93	-0.85	-94.21	40.51	-0.04	-95.16
LEON, GTO	21.17	101.70	216.77	59.84	40.88	0.01	-95.07	41.16	0.76	-95.96
MAZATLAN, SIN.	23.22	106.42	204.92	60.40	40.80	-0.42	-94.64	40.72	0.55	-95.75
MERIDA, YUC.	20.97	89.62	235.13	50.66	41.12	3.01	-98.07	41.64	2.81	-98.01
MEXICALI, BCN	32.67	115.48	182.44	51.96	40.74	-1.75	-93.31	40.28	-0.52	-94.68
MEXICO, D.F.	19.40	99.15	223.77	59.62	40.78	0.37	-95.43	41.18	0.84	-96.04
MONTERREY, N.L.	25.67	100.32	214.33	54.80	41.22	0.57	-95.63	41.47	1.02	-96.22
MORELIA, MICH.	19.70	101.12	219.79	60.78	40.75	-0.22	-94.84	41.04	0.48	-95.68
OAXACA, OAX.	17.05	96.72	231.27	59.48	40.51	0.58	-95.64	41.04	0.74	-95.94
PUEBLA, PUE	19.05	98.20	210.13	62.48	40.57	-1.02	-94.04	40.60	0.08	-95.28
TAMPICO, TAMP.	22.22	97.85	222.24	56.30	41.05	1.20	-96.26	41.52	1.52	-96.72
TUANA, BCN.	32.37	117.02	179.59	52.32	40.66	-1.92	-93.14	40.11	-0.67	-94.53
VERACRUZ, VER	19.20	96.13	228.92	57.40	40.81	1.35	-96.41	41.36	1.56	-96.76
VILLAHERMOSA, TAB	17.98	92.92	235.11	55.52	40.74	2.13	-97.19	41.36	2.19	-97.39
BARILOCHE	-41.13	71.25	302.83	22.38	38.42	-5.69	-89.37	37.93	-4.07	-91.13
BUENOS AIRES	-34.60	58.45	289.29	17.28	39.89	-1.82	-93.24	39.87	-1.73	-93.47
CORDOBA	-31.42	64.17	291.71	23.23	40.34	-1.22	-93.84	40.27	-1.39	-93.81
LA PLATA	-34.91	57.95	289.08	16.77	39.84	-1.89	-93.17	39.83	-1.77	-93.43
MENDOZA	-32.90	68.83	269.09	26.42	40.16	-1.36	-93.70	40.16	-1.38	-93.82
ROSARIO	-32.95	60.66	290.05	19.69	40.15	-1.53	-93.53	40.06	-1.60	-93.60
LA PAZ	-16.50	68.15	284.03	31.93	39.86	-1.55	-93.51	40.30	-1.85	-93.35
BELO HORIZONTE	-19.91	49.93	275.99	7.45	36.79	-5.36	-89.70	37.99	-6.48	-88.72
BRASILIA	-15.75	47.92	275.99	11.78	36.20	-5.44	-89.62	37.47	-6.84	-88.36
CURITIBA	-25.50	49.80	280.06	11.66	38.59	-3.98	-91.08	38.89	-4.35	-90.85
PORTO ALEGRE	-30.05	51.17	282.78	12.43	39.43	-2.99	-92.07	39.50	-3.05	-92.15
RIO DE JANEIRO	-22.88	43.28	276.56	6.51	37.37	-5.11	-89.95	37.96	-5.98	-89.22
SÃO PAULO	-23.55	46.65	278.21	9.56	37.93	-4.60	-90.46	38.40	-5.28	-89.92
CARACAS	10.58	66.93	261.20	31.94	40.22	-0.70	-94.36	40.13	-1.94	-93.26
MARACAIBO	10.73	71.62	259.52	36.88	40.92	0.76	-95.82	40.64	0.02	-95.22

SATMEX 5 (116.8° W)										
C BAND										
LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION VERTICAL/HORIZONTAL TRANSPONDER 1,3,5,7,9,11 13,15,17,19,21,23			POLARIZATION HORIZONTAL/VERTICAL TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/Hz	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/Hz
CALGARY	51.08	114.08	183.49	31.45	36.84	-6.95	-88.11	37.33	-8.82	-86.38
EDMONTON	53.57	113.42	184.20	28.73	36.03	8.07	-86.99	36.52	-10.48	-84.72
HALIFAX	44.65	63.60	242.27	16.90	37.15	-5.24	-89.82	37.27	-7.26	-87.94
MONTREAL	45.50	73.60	232.78	22.70	37.55	-4.67	-90.39	37.65	-6.60	-88.60
OTAWA	45.42	75.72	230.75	24.00	37.61	-4.59	-90.47	37.77	-6.41	-89.79
QUEBEC	46.83	71.25	234.42	20.48	37.05	-5.32	-89.74	37.11	-7.43	-87.77
REGINA	50.42	104.65	195.61	31.08	36.07	-8.15	-86.91	36.75	-10.42	-84.80
TORONTO	43.70	79.42	227.88	27.34	38.23	-3.78	-91.28	38.48	-5.22	-89.98
VANCOUVER	49.26	123.11	171.70	33.17	37.77	-4.34	-90.72	38.15	-5.80	-89.40
VICTORIA	48.42	123.37	171.25	34.05	37.98	-4.05	-91.01	38.35	-5.43	-89.77
WINNIPEG	49.88	97.15	205.03	29.82	35.65	-6.98	-88.08	36.48	-9.20	-86.00
ANTOFAGASTA	-23.67	70.38	290.91	31.76	40.45	-1.00	-94.06	40.51	-1.45	-93.75
SANTIAGO	-33.50	70.67	297.95	27.60	39.96	-1.67	-93.39	40.01	-1.56	-93.64
TEMUCO	-38.75	72.67	302.83	26.24	38.88	-4.45	-90.61	38.60	-3.15	-92.05
VALPARAISO	-33.08	71.67	298.52	28.61	39.93	-1.72	-93.34	40.01	-1.64	-93.56
BARRANQUILLA	11.17	74.83	257.85	40.20	41.23	1.52	-96.58	40.89	1.22	-96.42
BOGOTA	4.63	75.07	264.83	41.56	40.75	1.05	-96.11	40.56	0.52	-95.72
CALI	3.40	76.50	266.00	43.26	40.66	0.97	-96.03	40.55	0.56	-95.76
CARTAGENA	10.40	75.55	258.37	41.15	41.22	1.64	-96.70	40.87	1.36	-96.56
MEDELLIN	6.25	75.60	262.91	41.95	40.95	1.36	-96.42	40.65	0.91	-96.11
SAN JOSE	9.98	84.07	254.91	50.41	40.75	1.90	-96.96	40.73	2.19	-97.39
CENFUEGOS	22.17	80.45	242.85	41.75	41.56	2.20	-97.26	41.47	1.14	-96.34
HABANA	23.12	82.42	240.15	43.03	41.55	2.49	-97.55	41.57	1.58	-96.78
SANTIAGO	20.00	75.82	248.51	38.38	41.38	1.12	-96.18	41.13	-0.25	-94.95
GUAYAQUIL	-2.22	79.90	272.95	47.14	40.04	-0.66	-94.40	40.43	-0.65	-94.55
QUITO	-0.23	78.50	270.29	45.63	40.25	0.07	-95.13	40.52	-0.09	-95.11
SAN SALVADOR	13.67	89.17	245.70	54.36	40.56	1.96	-97.02	40.94	2.19	-97.39
GUATEMALA CITY	14.63	90.52	242.91	55.23	40.53	1.92	-96.98	41.01	2.12	-97.32
TEGUCIGALPA	14.08	87.23	246.79	52.21	40.81	2.45	-97.51	41.09	2.76	-97.96

LOCALIDAD	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		APUNTAMIENTO		POLARIZACION VERTICAL/HORIZONTAL			POLARIZACION HORIZONTAL/VERTICAL		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	TRANSPONDER 1,3,5,7,9,11 13,25,17,19,21,23			TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
					PIRE dBW	G/T dB/K	DFS dBW/m	PIRE dBW	G/T dB/K	DFS dBW/m
	SA (MHz): 9.1165W									
BANDA:										
KINGSTON	18.00	76.83	249.76	40.15	41.47	1.70	-96.76	41.22	0.88	-96.08
MANAGUA	12.10	86.30	250.41	52.07	40.74	2.09	-97.15	40.87	2.44	-97.64
PANAMA CITY	8.95	79.50	258.46	45.73	41.13	1.94	-97.00	40.82	2.00	-97.20
ASUNCIÓN	-25.25	57.60	284.31	19.45	39.69	-2.53	-92.53	39.76	-2.77	-92.43
MARISCAL	-27.03	60.63	286.94	21.65	40.16	-1.83	-93.23	40.12	-2.03	-93.17
QUITOS	-3.85	73.22	274.04	39.59	39.89	-1.11	-93.95	40.62	-1.84	-93.36
LIMA	-12.10	77.05	284.15	42.32	39.71	-1.50	-93.56	40.47	-1.52	-93.68
SAN JUAN DOMINICAN REPUBLIC	18.48	66.13	255.44	29.37	39.83	-2.16	-92.90	39.86	-4.24	-90.96
URUGUAY	18.50	69.95	253.43	33.16	40.63	-0.72	-94.34	40.48	-2.56	-92.64
PUNTA DEL ESTE	-34.92	56.17	287.86	15.32	39.76	-2.05	-93.01	39.76	-1.91	-93.29
TACUAREMBO	-34.96	54.95	287.05	14.32	39.70	-2.17	-92.89	39.71	-2.02	-93.18
USA	-31.73	55.98	286.37	16.14	39.86	-2.10	-92.96	39.87	-2.17	-93.03
ANCHORAGE, ALASKA	42.65	73.75	234.05	24.61	38.52	-3.55	-91.51	38.56	-5.13	-90.07
ATLANTA, GA	61.22	149.90	143.36	15.40	34.21	-16.50	-78.56	34.50	-20.20	-75.00
BOSTON, MASS	33.73	84.38	228.84	37.72	40.96	0.01	-95.07	41.09	-0.17	-95.03
CHARLOTTE, N.C	42.35	71.05	236.73	23.04	38.44	-3.73	-91.33	38.46	-5.36	-89.84
CHEYENNE, WYO	35.23	80.83	231.52	34.20	40.67	-0.67	-94.39	40.70	-1.16	-94.04
CHICAGO	41.13	104.81	197.89	40.89	39.09	-3.82	-91.24	39.57	-3.83	-91.37
DALLAS	41.83	87.75	219.79	33.39	38.76	-3.11	-91.95	39.29	-3.76	-91.44
DETROIT, MICH	32.78	96.80	213.91	46.18	40.81	-0.83	-94.23	41.26	-0.32	-94.88
HOUSTON, TX	42.38	83.08	224.72	30.41	38.68	-3.20	-91.86	39.04	-4.23	-90.97
INDIANAPOLIS, IN	29.75	95.42	218.27	48.15	41.08	-0.37	-95.43	41.53	0.66	-95.86
LOS ANGELES, CAL	39.75	86.17	222.80	34.24	39.55	-2.16	-92.90	39.91	-2.67	-92.53
MIAMI, FL	34.00	118.25	177.41	50.44	40.55	-1.86	-93.20	40.11	-0.66	-94.54
MINNEAPOLIS, MN	32.00	102.15	239.67	39.59	41.57	1.43	-96.49	41.42	0.04	-95.24
NEW ORLEAN, LOU	45.00	93.25	211.65	33.13	37.42	-4.58	-90.48	38.22	-5.70	-89.50
NEW YORK	30.00	90.05	225.23	44.46	41.18	1.06	-96.12	41.56	1.04	-96.24
PITTSBURGH, PA	40.75	74.00	234.82	25.95	39.09	-2.95	-92.11	39.09	-4.28	-90.92
SAN DIEGO, CAL	40.43	80.00	229.08	30.03	39.40	-2.37	-92.69	39.53	-3.40	-91.80
SAN FRANCISCO, CAL	32.75	117.17	179.32	51.89	40.64	-1.91	-93.15	40.13	-0.66	-94.54
SEATTLE, WA	37.77	122.42	170.87	45.83	40.01	-1.75	-93.31	39.84	-1.25	-93.95
WASHINGTON, D.C.	47.60	122.32	172.54	35.04	38.20	-3.80	-91.26	38.57	-5.07	-90.13
	38.92	77.00	232.98	29.11	39.74	-2.09	-92.97	39.73	-3.11	-92.09

The showed values in Lat refers: (+) North and (-) South

SATMEX 5 (116.8° W)										
KU-1 BAND										
LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION VERTICAL/HORIZONTAL			POLARIZATION HORIZONTAL/VERTICAL		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM (°)	ELEV. (°)	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/m ²	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/m ²
ACAPULCO, GRO.	16.85	99.92	226.31	62.29	48.31	0.09	-93.25	49.24	-1.22	-91.38
CANCUN, Q.ROO	21.06	86.77	238.11	48.08	51.38	3.55	-96.71	51.19	3.63	-96.23
CIUDAD JUAREZ, CHH	31.73	106.48	199.10	51.38	51.32	3.81	-96.97	51.31	3.76	-96.36
CULIACÁN, SIN	24.80	107.40	201.54	59.13	51.10	4.79	-97.95	51.28	5.25	-97.85
GUADALAJARA, JAL	20.67	103.33	214.16	61.33	50.85	3.84	-97.00	51.32	3.26	-95.86
HERMOSILLO, SON	29.07	110.97	191.87	55.48	51.36	4.50	-97.66	50.40	5.12	-97.72
LEON, GTO	21.17	101.70	216.77	59.84	51.35	5.34	-98.50	51.79	4.50	-97.10
MATAMOROS, TAMPS.	25.88	97.50	218.74	52.88	50.70	5.06	-98.22	52.09	2.98	-95.58
MAZATLAN, SIN.	23.22	106.42	204.92	60.40	51.28	3.92	-97.08	50.88	3.99	-96.59
MÉRIDA, YUC.	20.97	89.62	235.13	50.66	51.76	5.42	-98.58	51.80	5.78	-98.38
MEXICALIHCH	32.67	115.48	182.44	51.96	51.79	3.52	-96.68	50.51	4.62	-97.22
MEXICO, D.F.	19.40	99.15	223.77	59.62	51.01	4.10	-97.26	51.29	2.94	-95.54
MONTERREY, N.L.	25.67	100.32	214.33	54.80	51.15	5.44	-98.60	52.16	3.87	-96.47
MORELIA, MICH.	19.70	101.12	219.79	60.78	50.49	3.80	-96.96	51.19	2.35	-94.95
OAXACA, OAX.	17.05	96.72	231.27	59.48	49.67	3.40	-96.56	51.66	1.33	-93.93
PUEBLA, PUE	19.05	98.20	225.88	59.17	51.06	4.62	-97.78	51.60	3.21	-95.81
TAMPICO, TAMPS	22.22	97.85	222.24	56.30	51.46	5.23	-98.39	52.09	4.94	-97.54
TIJUANA, BCN.	32.37	117.02	179.59	52.32	51.25	1.68	-94.84	49.74	3.40	-96.00
VERACRUZ, VER	19.20	96.13	228.92	57.40	51.53	6.04	-99.20	52.44	4.36	-96.96
VILLAHERMOSA, TAB	17.98	92.92	235.11	55.52	51.72	6.21	-99.37	52.35	4.66	-97.26
CALGARY	51.08	114.08	183.49	31.452	43.50	-7.13	-86.03	45.73	-10.83	81.77
EDMONTON	53.57	113.42	184.20	28.73	37.92	-15.48	-77.68	41.05	-16.30	-76.30
HALFAX	44.65	63.60	242.27	16.90	50.59	0.71	-93.87	48.21	3.35	-95.95
MONTREAL	45.50	73.60	232.78	22.70	50.66	3.49	-96.65	50.31	4.90	-97.50
OTAWA	45.42	75.72	230.75	24.00	50.31	3.21	-96.37	50.06	4.63	-97.23
QUEBEC	46.83	71.25	234.42	20.48	50.74	2.05	-95.21	49.70	4.02	-96.62
REGINA	50.42	104.65	195.61	31.08	43.10	-10.43	-82.73	44.27	-11.39	-81.21
TORONTO	43.70	79.42	227.88	27.34	50.43	3.44	-96.60	50.41	4.93	-97.53
VICTORIA	48.42	123.37	171.25	34.05	47.32	0.22	-93.38	49.25	-4.54	-88.06
WINNIPEG	49.88	97.15	205.03	29.82	44.23	-5.49	-87.67	44.83	-5.78	-86.82
CIENFUEGOS	22.17	80.45	242.85	41.75	42.78	-7.36	-85.80	42.88	-9.89	-82.71
HABANA	23.12	82.42	240.15	43.03	48.27	-1.30	-91.86	48.06	-1.20	-91.40
SANTIAGO	20.00	75.82	248.51	38.38	37.65	-8.73	-84.43	38.77	-6.94	-85.66
SAN SALVADOR	13.67	89.17	245.70	54.36	48.24	-1.29	-91.87	48.14	-2.92	-89.68
GUATEMALA CITY	14.63	90.52	242.91	55.23	49.51	1.95	-95.11	49.99	-0.21	-92.81
TEGUCIGALPA	14.08	87.23	246.79	52.21	47.11	-4.71	-88.45	46.23	-4.78	-87.82

SATHEX 8 (116.8°W)										
LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION VERTICAL/HORIZONTAL TRANSPONDER 1,3,5,7,9,11 13,25,17,19,21,23			POLARIZATION HORIZONTAL/VERTICAL TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	ERP dBW	G/T dB/K	SFD dBW/m	ERP dBW	G/T dB/K	SFD dBW/m
	ALBANY, N.Y.	42.65	73.75	234.05	24.61	50.96	4.69	-97.65	51.06	5.11
ANCHORAGE, ALASKA	61.22	149.90	143.36	15.40	25.07	-13.63	-79.53	31.75	-14.51	-78.09
ATLANTA, GA	33.73	84.38	228.84	37.72	51.00	3.25	-96.41	51.24	3.71	-96.31
BOSTON, MASS	42.35	71.05	236.73	23.04	51.33	4.16	-97.32	50.75	4.81	-97.41
CHARLOTTE, N.C	35.23	80.83	231.52	34.20	51.32	2.74	-95.90	50.65	3.74	-96.34
CHEYENNE, WYO	41.13	104.81	197.89	40.89	50.32	4.50	-97.66	50.39	4.42	-97.02
DETROIT, MICH	42.38	83.08	224.72	30.41	50.68	3.25	-96.41	50.49	4.66	-97.26
HOUSTON, TX	29.75	95.42	218.27	48.15	49.86	4.46	-97.62	50.98	2.76	-95.36
INDIANAPOLIS, IN	39.75	86.17	222.80	34.24	50.70	3.57	-96.73	50.39	3.76	-96.36
LOS ANGELES, CAL	34.00	118.25	177.41	50.44	51.20	1.11	-94.27	49.13	3.12	-95.72
MIAMI, FL	32.00	102.15	206.26	49.49	50.53	5.46	-98.62	51.50	4.37	-96.97
MINNEAPOLIS, MN	45.00	93.25	211.65	33.13	50.32	4.05	-97.21	50.79	3.18	-95.78
NEW ORLEANS, LOUI	30.00	90.05	225.23	44.46	50.10	4.35	-97.51	49.93	3.95	-96.55
PITTSBURGH, PA	40.43	80.00	229.08	30.03	50.49	4.11	-97.27	50.88	3.83	-96.43
SAN DIEGO, CAL	32.75	117.17	179.32	51.89	51.28	1.74	-94.90	49.66	3.46	-96.06
SAN FRANCISCO, CAL	37.77	122.42	170.8	45.83	51.40	1.75	-94.91	49.69	3.52	-96.12
SEATTLE, WA	47.60	122.32	172.54	35.04	48.24	1.50	-94.66	49.92	-1.71	-90.89

The showed values in Lat refers: (+) North and (-) South

SATMEX (116.6°W)										
L-BAND										
LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION VERTICAL/HORIZONTAL			POLARIZATION HORIZONTAL/VERTICAL		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	TRANSPONDER 1,13,7,9,11 13,15,17,19,21,23			TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
					ERP dBW	G/T dBiK	SFD dBW/m	ERP dBW	G/T dBiK	SFD dBW/m
ACAPULCO, GRO.	16.85	99.92	226.31	62.29	47.62	2.34	-98.00	48.87	1.70	-98.29
CANCUN, Q.ROO	21.08	86.77	238.11	48.08	46.58	1.15	-96.81	47.77	-0.13	-96.46
CIUDAD JUAREZ, CHH	31.73	106.48	199.10	51.38	48.06	0.82	-96.48	48.48	0.44	-97.03
CULIACAN, SIN	24.80	107.40	201.54	59.13	47.17	1.47	-97.13	48.01	1.23	-97.82
CHIHUAHUA	28.63	106.08	201.56	54.56	46.97	0.68	-96.34	48.04	-0.58	-96.01
CHILPANCIÑO	17.55	99.50	225.93	61.40	47.62	2.87	-98.53	49.12	2.18	-98.77
GUADALAJARA, JAL	20.67	103.33	214.16	61.33	48.01	3.45	-99.11	48.58	2.59	-99.18
HERMOSILLO, SON	29.07	110.97	191.87	55.48	47.39	0.43	-96.09	48.19	0.31	-96.90
LEÓN, GTO	21.17	101.70	216.77	59.84	47.96	3.57	-99.23	48.60	2.17	-98.76
MATAMOROS, TAMPS.	25.88	97.50	218.74	52.88	47.71	2.86	-98.53	48.65	2.01	-98.60
MAZATLÁN, SIN.	23.22	106.42	204.92	60.40	47.60	2.17	-97.83	48.23	1.83	-98.42
MÉRIDA, YUC.	20.97	89.62	235.13	50.66	46.73	1.87	-97.53	47.74	1.11	-97.70
MEXICALI, BCN	32.67	115.48	182.44	51.96	48.15	0.81	-96.47	47.94	1.67	-98.26
MEXICO, D.F.	19.40	99.15	223.77	59.62	47.69	3.60	-99.26	49.04	2.43	-99.02
MONTERREY, N.L.	25.67	100.32	214.33	54.80	47.59	2.78	-98.44	48.69	1.67	-98.26
MORELIA, MICH.	19.70	101.12	219.79	60.78	47.91	3.56	-99.22	48.74	2.27	-98.86
OAXACA, OAX.	17.05	96.72	231.27	59.48	47.68	3.06	-98.72	48.95	1.59	-98.18
PUEBLA, PUE	19.05	98.20	225.88	59.17	47.66	3.76	-99.42	49.10	2.57	-99.16
TAMPICO, TAMPS	22.22	97.85	222.24	56.30	48.17	3.25	-98.91	48.72	1.91	-98.50
TUANA, BCN.	32.37	117.02	179.59	52.32	49.13	1.08	-96.74	48.27	1.69	-98.28
VERACRUZ, VER	19.20	96.13	228.92	57.40	47.95	4.22	-99.88	48.97	2.51	-99.10
VILLAHERMOSA, TAB	17.98	92.92	235.11	55.52	49.32	3.94	-99.60	49.27	2.87	-99.46
BARILÓCHE	-41.13	71.25	302.83	23.90	43.75	-5.18	-90.48	45.78	-6.98	-89.61
BUENOS AIRES	-34.60	58.45	289.29	17.30	48.01	1.27	-96.93	48.53	0.23	-96.82
CORDOBA	-31.42	64.17	297.71	23.22	48.79	1.81	-97.47	49.17	1.33	-97.92
LA PLATA	-34.91	57.95	289.08	16.79	47.91	1.21	-96.87	48.44	0.14	-96.73
MENDOZA	-32.90	68.83	296.09	26.43	48.72	1.36	-97.02	48.56	1.81	-98.40
ROSARIO	-32.95	60.66	290.05	19.70	48.43	1.47	-97.13	48.90	0.59	-97.18
LA PAZ	-16.50	68.15	284.03	31.94	48.70	1.21	-96.87	47.91	1.77	-98.36
BELO HORIZONTE	-19.91	49.93	275.99	7.46	46.08	-5.63	-90.03	45.39	-4.57	-92.02
BRASILIA	-15.75	47.92	275.99	11.79	41.29	-14.68	-80.98	37.11	-11.11	-85.48
CURITIBA	-25.50	49.80	280.36	12.16	47.00	1.44	-97.10	47.93	-0.34	-96.25
PORTO ALEGRE	-30.05	51.17	282.78	12.44	47.02	-1.20	-94.46	47.44	-2.25	-94.34
RIO DE JANEIRO	-22.88	43.28	276.56	6.52	47.12	0.09	-95.75	47.86	-0.08	-96.51
SÃO PAULO	-23.55	46.65	278.21	9.57	47.13	1.54	-97.20	48.18	0.73	-97.32
CARACAS	10.58	66.93	261.20	31.95	47.11	1.26	-96.92	48.02	-0.22	-96.37
MARACAIBO	10.73	71.62	259.52	36.90	48.41	1.64	-97.30	48.34	1.61	-98.20

LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION VERTICAL/HORIZONTAL TRANSPONDER 1,3,5,7,9,11 13,15,17,19,21,23			POLARIZATION HORIZONTAL/VERTICAL TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/m	ERP dBW	G/T dBK	SFD dBW/m
	CALGARY	51.08	114.08	183.49	31.47	39.31	-11.74	-83.92	40.66	-11.73
EDMONTON	53.57	113.42	184.20	28.75	37.25	-13.36	-82.30	38.13	-13.10	-83.49
HALIFAX	44.65	63.60	242.27	16.92	42.37	-7.51	-88.15	42.10	-9.19	-87.40
MONTREAL	45.50	73.60	232.78	22.72	44.72	-5.46	-90.20	44.23	-5.09	-91.50
OTAWA	45.42	75.72	230.75	24.01	45.06	-4.83	-90.83	44.78	-4.23	-92.36
QUEBEC	46.83	71.25	234.42	20.49	43.55	-8.42	-87.24	42.62	-7.31	-89.28
REGINA	50.42	104.65	195.61	31.10	39.95	-5.07	-90.59	42.94	-8.10	-88.49
TORONTO	43.70	79.42	227.88	27.35	45.98	-1.65	-94.01	46.54	-1.91	-94.68
VANCOUVER	49.26	123.11	170.70	33.18	37.67	-14.22	-81.44	37.65	-15.23	-81.36
VICTORIA	48.42	123.37	171.25	34.06	38.97	-14.54	-81.12	38.99	-14.34	-82.25
WINNIPEG	49.88	97.15	205.03	29.83	42.60	-5.66	-90.00	42.73	-9.57	-87.02
ANTOFAGASTA	-23.67	70.38	290.91	31.77	47.76	1.91	-97.57	48.44	0.54	-97.13
SANTIAGO	-33.50	70.67	297.95	27.61	48.34	1.67	-97.33	48.07	1.89	-98.48
TALAHUANO	-36.67	73.17	302.07	27.81	47.29	0.98	-96.64	48.13	-0.89	-95.70
TEHUACO	-38.75	72.67	302.83	26.26	45.72	-1.97	-93.69	47.21	-3.94	-92.65
VALPARAISO	-33.08	71.67	298.52	28.62	48.21	1.90	-97.56	47.96	1.94	-98.53
BARRANQUILLA	11.17	74.83	257.85	40.21	48.61	1.67	-97.33	48.06	1.96	-98.55
BOGOTA	4.63	75.07	264.83	41.57	48.14	0.87	-96.53	48.54	0.74	-97.33
CALI	3.40	76.50	266.00	43.27	48.10	1.20	-96.86	48.50	1.00	-97.59
CARTAGENA	10.40	75.55	258.37	41.16	48.47	1.84	-97.50	48.05	2.02	-98.61
MEDELLIN	6.25	75.60	262.91	41.96	48.29	1.43	-97.09	48.50	1.23	-97.82
SAN JOSE	9.98	84.07	254.91	50.42	48.65	1.86	-97.52	49.27	2.23	-98.82
CIENFUEGOS	22.17	80.45	242.85	41.75	47.89	0.57	-96.23	48.36	0.53	-97.12
HABANA	23.12	82.42	240.15	43.03	47.77	0.72	-96.38	48.34	0.56	-97.15
SANTIAGO	20.00	75.82	248.51	38.38	47.92	0.59	-96.25	47.60	0.38	-96.97
GUAYAQUIL	-2.22	79.90	272.95	47.15	47.82	3.44	-99.10	49.06	1.97	-98.56
QUITO	-0.23	78.50	270.29	45.64	47.83	2.47	-98.13	48.42	1.55	-98.14
SAN SALVADOR	13.67	89.17	245.70	54.36	47.72	2.73	-98.39	48.23	1.71	-98.30
GUATEMALA CITY	14.63	90.52	242.91	55.23	47.87	3.13	-98.79	48.92	2.07	-98.66
TEGUCIGALPA	14.08	87.23	246.79	52.21	48.06	2.59	-98.25	48.17	2.09	-98.68

SATTELIX 5 (116.8° W)										
KU-2 BAND										
LOCATION	COORDINATES		ANTENNA ALIGNMENT		POLARIZATION VERTICAL/HORIZONTAL			POLARIZATION HORIZONTAL/VERTICAL		
	LAT. (°)	LONG. (°W)	AZIM. (°)	ELEV. (°)	TRANSPONDER 1,3,5,7,9,11 13,25,17,19,21,23			TRANSPONDER 2,4,6,8,10,12 14,16,18,20,22,24		
					ERP dBW	G/T dB/K	SFD dBW/M	ERP dBW	G/T dB/K	SFD dBW/M
KINGSTON	18.00	76.83	249.76	40.16	47.74	0.56	-96.22	47.34	0.64	-97.23
MANAGUA	12.10	86.30	250.41	52.08	48.64	1.70	-97.36	48.89	1.73	-98.32
PANAMA CITY	8.95	79.50	258.46	45.74	48.35	3.05	-98.71	48.48	2.72	-99.31
ASUNCIÓN	-25.25	57.60	284.31	19.46	48.52	0.91	-96.57	48.80	0.27	-96.86
MARISCAL	-27.03	60.63	286.94	21.66	48.65	1.23	-96.89	49.06	0.73	-97.32
QUITOS	-3.85	73.22	274.04	39.60	46.51	0.26	-95.92	46.55	0.15	-96.74
LIMA	-12.10	77.05	284.15	42.33	47.77	2.67	-98.33	49.11	2.03	-98.62
SAN JUAN	18.48	66.13	255.44	29.39	47.22	1.87	-97.53	48.31	0.90	-97.49
SANTO DOMINGO	18.50	69.95	253.43	33.17	47.80	2.08	-97.74	48.11	1.35	-97.94
MONTEVIDEO	-34.92	56.17	287.86	15.34	47.50	0.80	-96.46	48.20	-0.63	-95.96
PUNTA DEL ESTE	-34.96	54.95	287.05	14.33	47.20	0.48	-96.14	48.02	-1.18	-95.41
TACUAREMBO	-31.73	55.98	286.37	16.16	47.58	0.31	-95.97	48.26	-1.12	-95.47
ALBANY, N.Y.	42.65	73.75	234.05	24.61	46.01	-2.49	-93.17	46.26	-2.42	-94.17
ANCHORAGE, ALASKA	61.22	149.90	143.36	15.41	31.36	-28.65	-67.01	31.77	-32.25	-64.34
ATLANTA, GA	33.73	84.36	228.84	37.73	47.49	2.19	-97.85	48.48	0.75	-97.34
BOSTON, MASS	42.35	71.05	236.56	22.95	45.54	-3.86	-91.80	45.76	-3.68	-92.91
CHARLOTTE, N.C	35.23	80.83	231.52	34.21	47.81	2.61	-98.27	48.87	1.53	-98.12
CHEYENNE, WYO	41.13	104.81	197.89	40.90	46.51	0.35	-96.01	47.30	-1.08	-95.51
CHICAGO	41.83	87.75	219.79	33.40	46.65	0.83	-96.49	47.94	-0.49	-96.10
DALLAS	32.78	96.80	213.91	46.19	47.12	1.64	-97.30	47.54	0.54	-97.13
DENVER	39.73	104.98	198.13	42.43	47.03	0.61	-96.27	47.75	-0.17	-96.42
DETROIT, MICH	42.38	83.08	224.72	30.43	46.35	0.19	-95.85	47.43	-0.67	-95.92
HOUSTON, TX	29.75	95.42	218.27	48.16	46.91	1.80	-97.46	47.80	0.83	-97.42
INDIANAPOLIS, IN	39.75	86.17	222.80	34.25	46.63	1.51	-97.17	47.90	0.07	-96.66
LOS ANGELES, CAL	34.00	118.25	177.41	50.45	49.34	1.67	-97.33	48.69	1.94	-98.53
MIAMI, FL	32.00	102.15	239.67	39.60	47.92	1.13	-96.79	48.40	0.57	-97.16
MINNEAPOLIS, MN	45.00	93.25	211.65	33.14	45.26	-1.08	-94.58	46.16	-2.38	-94.24
NEW YORK	40.75	74.00	234.82	25.96	46.68	-10.3	-94.63	47.09	-1.11	-95.48
PITTSBURGH, PA	40.43	80.00	229.08	30.04	46.99	1.17	-96.83	47.68	0.12	-96.71
SAN DIEGO, CAL	32.75	117.17	179.32	51.90	49.21	1.18	-96.84	48.35	1.80	-98.39
SAN FRANCISCO, CAL	37.77	122.42	170.87	45.84	48.17	2.37	-98.03	48.92	1.06	-97.65
SEATTLE, WA	47.60	122.32	172.54	35.06	40.48	-14.31	-81.35	40.85	-12.79	-83.80
WASHINGTON, D.C.	38.92	77.00	232.98	29.13	47.30	1.34	-97.00	48.01	0.79	-97.37

The showed values in Lat refers: (+) North and (-) South

ANEXOS: DESECHO ESPACIAL

La NASA define como desecho espacial a todo objeto fabricado en la tierra que flota en el espacio sin un fin útil. Los objetos pueden ser desde partículas de pintura que se desprenden de una nave espacial durante una etapa de presión térmica; herramientas accidentalmente soltadas por astronautas deambulando el espacio, desprendimientos durante las últimas etapas de los lanzamientos y satélites inactivos. La gran mayoría de los objetos que actualmente se encuentran en el espacio en calidad de desecho espacial miden menos de 10 centímetros de diámetro y la mayor parte son el resultado directo de explosiones que tuvieron lugar antes del establecimiento de normas y procedimientos concernientes al desecho de combustibles residuales.

Los objetos detectados por El Comando de Fuerza Aérea Espacial de EE.UU (USSC) incluyen satélites artificiales y varios tipos de desecho espacial. Aproximadamente 7% de los objetos detectados son satélites artificiales en operación. El 93% restante es desecho espacial. De este porcentaje, 16% consiste en restos de vehículos espaciales y el 84% consiste en fragmentos y satélites artificiales inactivos. En el espacio, estos objetos se reparten uniformemente alrededor del globo terráqueo, a pesar de que su densidad varía dependiendo de su altitud. La mayoría se encuentran a 2,000 kilómetros de altitud de la tierra. 84% del total del desecho espacial se encuentra flotando a 800 kilómetros de altitud. Muy pocos objetos se encuentran flotando a 300 kilómetros de altitud en lo que se conoce como la "órbita del transbordador espacial".

El objetivo primordial de la USSC es identificar objetos que puedan causar interferencias a la altura de la "órbita del transbordador espacial". Con este fin, la

USSC se apoya en la Red de Supervisión Espacial (SSN), una red mundial de sensores optoelectrónicos que se encuentran en la superficie terrestre y en radares convencionales y de "fases-en-hilera". Estos radares son operados por las Fuerzas Armadas Estadounidenses en 25 locaciones alrededor del mundo. Por medio del uso de telescopios, cámaras de televisión altamente sensibles y computadoras, en cada locación se llevan a cabo verificaciones zonales frecuentes durante la noche, lo cual permite a los telescopios detectar objetos 10,000 veces menos luminosos de lo que el ojo humano es capaz de percibir. En total se realizan 80,000 observaciones diariamente, las cuales detectan objetos localizados a más de 35,000 kilómetros de altitud sobre la tierra. La SCC analiza la información recibida para determinar el grado de interferencia que puede haber con misiones espaciales. Estadísticamente, la frecuencia con la que un objeto fabricado causa interferencia durante misiones espaciales es de 1 vez en 10,000 años. De hecho, a pesar de la gran cantidad de objetos detectados por la USSC, las probabilidades de que ocurra una colisión son remotas. Esto se debe a varias razones: la mayoría de los objetos son demasiado pequeños y con poca vida, es decir, caen a la tierra debido a su deterioro en órbita, y en el punto de entrada a la atmósfera se calcinan como meteoros. Otra de las razones que disminuyen las probabilidades de colisión entre objetos flotando en el espacio es el tamaño de éste último.

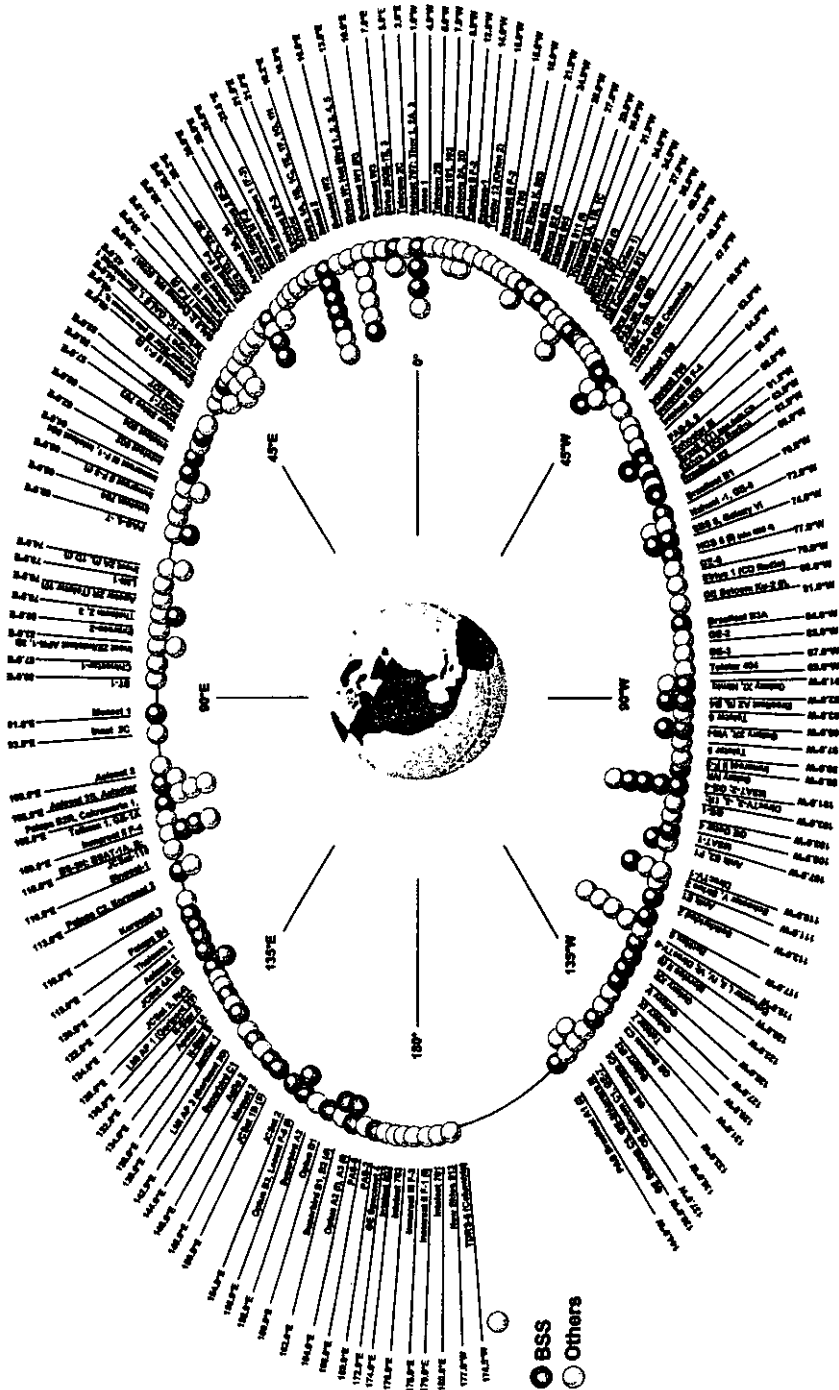
En el área geosíncrona o geoestacionaria, a 35,000 kilómetros de altura se da una de las concentraciones más bajas de desechos en el espacio. Cuando satélites geoestacionarios llegan al fin de su vida útil, se realizan maniobras que llevan al satélite a una órbita a cientos de kilómetros por encima de la órbita geoestacionaria para así prevenir congestiones innecesarias. Si un satélite llega a perder todo su combustible antes de ser impulsado hacia una órbita más lejana de la tierra, este no podrá ejecutar maniobras de corrección este-oeste y por lo tanto, no podrá permanecer en su posición orbital. Cuando un satélite no puede mantener una posición permanente con respecto de la tierra, este comenzará a inclinarse hacia el este o el oeste en un vacío gravitacional a 105° Oeste,

dependiendo de su posición original. El satélite entrará en un movimiento oscilatorio, similar al de un péndulo.

En la industria satelital, se están tomando acciones para impedir la creación de más desechos espaciales en el futuro. El Comité de Coordinación de Desechos Espaciales (IADC), que entre sus miembros cuenta con la NASA, la Agencia Espacial Rusa (RSA), la Agencia Espacial Europea (ESA), y Japón, servirán como una plataforma para la discusión y coordinación de asuntos técnicos. La mayor parte de las agencias espaciales más importantes del mundo están trabajando en la elaboración de lineamientos y recomendaciones para el diseño y operación de naves espaciales y vehículos de lanzamiento, de tal modo que su diseño contribuya a la disminución del crecimiento de desecho espacial. La mayoría de las recomendaciones se enfocan a la prohibición de desechos tales como partes de uso temporal y reducción de las probabilidades de explosiones, eliminando combustibles.

El arco geosíncrono es un recurso natural importante y se pretende mantenerlo tan libre de desechos como sea posible. Los satélites están diseñados específicamente para prevenir la generación de desechos, los mecanismos de despliegue de los paneles solares y reflectores de antenas están diseñados para mantener todas las partes que dejan de ser útiles, incluyendo cables y partículas que ya no sirven.

Commercial Communications Satellites
in Geosynchronous Orbit



SPRINGER

GLOSARIO

- ◆ **Alineamiento norte-sur.** Maniobra por parte del satélite para alinear su eje con los polos norte y sur de la Tierra.
- ◆ **Ángulo de elevación.** Ángulo formado por la antena en la estación terrena entre el satélite y el horizonte terrestre.
- ◆ **Apogeo.** La distancia más grande entre la Tierra y un satélite en su órbita elíptica.
- ◆ **Azimuth.** Ángulo horizontal de una antena. Se mide en sentido horario a partir del norte.
- ◆ **Banda base.** Frecuencia a la cual es generada la información.
- ◆ **BOL (Beggining of life).** Principio de la vida útil de un satélite.
- ◆ **BPF.** Dispositivo limitador de banda.
- ◆ **Broadcasting.** Difusión de señales de televisión.
- ◆ **BSS (Broadcasting Satellite Service).** Servicio de difusión de televisión por satélite.
- ◆ **Bus.** En satélites se considera la estructura primaria que soporta el subsistema de propulsión, el equipo de control, batería, paneles solares, etc.
- ◆ **Centro de caja.** Zona imaginaria de estacionamiento del satélite.
- ◆ **dBW.** Atenuación en decibeles referido a 1 watt.
- ◆ **DTH (Direct to Home).** Servicios directos al hogar vía satélite, principalmente televisión (DirecTV), o internet (DirectPC).
- ◆ **Estación terrena.** Segmento terrestre de un sistema de comunicación por satélite. Puede ser desde una estación para transmisiones intercontinentales o un teléfono satelital móvil.
- ◆ **G/T.** Rendimiento del sistema de recepción.

- ◆ **GEO.** Tipo de satélite de órbita alta o geoestacionaria a una distancia aproximada de 36,000 km de la Tierra.
- ◆ **Geosincrónico.** Se le conoce de ésta manera a los satélites que permanecen fijos con respecto a un punto específico en la Tierra.
- ◆ **HPA.** High Power Amplifier, amplificador de potencia.
- ◆ **Huella de satélite.** Zona cubierta por un determinado haz del satélite. Un mismo satélite puede tener varias huellas satelitales.
- ◆ **IF.** Intermediate Frequency, frecuencia intermedia de trabajo.
- ◆ **ISL.** Intersatellites Link, comunicaciones entre satélites.
- ◆ **ISP.** Internet Service Provider, proveedor de servicio de Internet.
- ◆ **LEO.** Satélite de órbita cercana a la Tierra; los satélites en esta órbita se conocen como de órbita baja son no sincrónicos y describen órbitas circulares.
- ◆ **LNA.** Amplificador de bajo ruido
- ◆ **MEO.** Satélite de órbita media; este tipo de satélites describen elipses variando su distancia con respecto de la Tierra.
- ◆ **Mira.** Centro del haz de una huella satelital donde se produce la máxima densidad de flujo.
- ◆ **Motor iónico.** Motor cuyo funcionamiento se basa en la aceleración de partículas cargadas eléctricamente, o sea iones, para generar empuje.
- ◆ **Payload.** Carga útil del satélite, es decir, el equipo por el cual se logran las telecomunicaciones comerciales.
- ◆ **Perigeo.** Distancia más cercana de un satélite a la Tierra en una órbita no sincrónica elíptica.
- ◆ **PIRE (EIRP).** Potencia isotrópica radiada efectiva.
- ◆ **RDS.** Radiodifusión directa por satélite.
- ◆ **RF.** Radiofrecuencia.
- ◆ **Rx.** Receptor, recepción.
- ◆ **SFD.** Densidad de flujo a saturación.
- ◆ **S.O.S.** Servicios Ocasionales Satmex.
- ◆ **SSPA.** Solid State Power Amplifier, amplificador de potencia de estado sólido.

- ◆ **Transpondedor.** Dispositivo del satélite que recibe la señal de la estación terrena, la procesa y amplifica y la retransmite nuevamente a Tierra. Básicamente es un repetidor.
- ◆ **TWTA.** Traveling Wave Tube Amplifier, amplificador de potencia de tubos al vacío o bulbos.
- ◆ **Tx.** Transmisor, transmisión.
- ◆ **USAT.** Terminal de usuario, por ejemplo, un teléfono satelital.
- ◆ **VSAT.** Receptor satelital, estación terrena.
- ◆ **XIPS.** Xenon Ion Propulsion System, sistema de propulsión por iones de xenon;

BIBLIOGRAFÍA

- ◆ Tomasi, Wayne
ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS
Prentice Hall
- ◆ Roddy, Dennis
SATELLITE COMMUNICATIONS
Second Edition
Electrical Engineering Series
McGraw-Hill International Editions
- ◆ Woods, James
SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE
Editorial ParanInfo

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN: INTERNET

- ◆ SATÉLITES MEXICANOS S.A. DE C.V.
<http://www.satmex.com.mx>
- ◆ BOEING SATELLITE SYSTEMS
<http://www.hughespace.com/>
- ◆ SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
<http://www.sct.gob.mx>
- ◆ GLOBALSTAR DE MÉXICO
<http://www.globalstar.com.mx>
- ◆ GLOBALSTAR COMMUNICATIONS LIMITED
<http://www.globalstar.com>