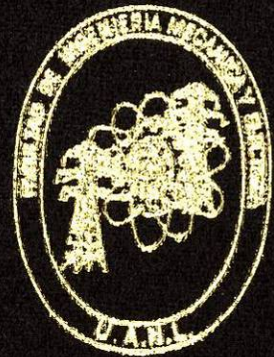
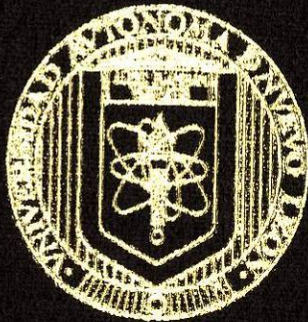


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

EDUARDO ALEJANDRO FONSECA ALANIS

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA T.

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1997

T

TK510

F6

c.1



1080071723

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

EDUARDO ALEJANDRO FONSECA ALANIS

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA T.

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1997

T  
TK5104  
FG



**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**“ Comunicación Vía Satélite ”**

**Que para obtener el título de:**

**Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones**

**Presenta**

**Eduardo Alejandro Fonseca Alanís**

**Asesor: Ing. Fernando Estrada T.**

# CONTENIDO

- \* **Introducción**
- \* **Comunicación Vía Satélite**
  - + Terminología
  - + Ventajas y Desventajas
  - + Servicios de Radiocomunicación Espacial
  - + Parámetros
  - + Localización de Frecuencias
  - + Técnicas de Acceso Múltiple
- \* **Sistema de Satélites Mexicanos**
- \* **Sistema de Satélites Solidaridad**
  - + Coberturas de las Bandas C, Ku y L
  - + Estructura Básica de las Naves Espaciales
- \* **Control y Estado de Salud de los Satélites**
  - + El Centro de Control Primario
  - + El Centro de Control Secundario
- \* **Operación de los Satélites**
  - + Características de la Banda C
  - + Características de la Banda Ku
  - + Características de la Banda L
- \* **Bibliografía**

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de los satélites de comunicaciones funcionan como una estación repetidora que se utiliza para las comunicaciones de ondas terrestres. Las comunicaciones satelitales se colocan en uno de varios tipos de órbitas: circular, elíptica, geosincrónica o polar. La órbita más común utilizada para los satélites de comunicaciones es la geosincrónica o geoestacionaria.

En este tipo de órbita se coloca un satélite sobre la línea del Ecuador, a una distancia de aproximadamente 35.890 kilómetros sobre la tierra. El satélite en órbita geoestacionaria se desplaza de norte a sur en relación al Ecuador y parece que permanece en una posición fija debido a que su velocidad y dirección es la misma que la de la tierra.

Las estaciones terrestres que miran hacia el satélite en órbita geoestacionaria, no necesitan un equipo de seguimiento debido a que la rotación de la tierra es la misma que la del satélite. Una pista orbital es una posición fija en el plano orbital geosincrónico. Por un acuerdo internacional, se le atribuye un arco ( ó sección) de la órbita geosincrónica.

El espaciamiento inicial de los satélites dentro del arco se determina en parte a la capacidad direccional de las antenas de la estación terrena y del satélite y, originalmente, se estableció en 4 grados para las bandas C y 3 grados para la banda Ku. Durante el transcurso de los años, y gracias a las mejoras en la amplitud de los haces, ha sido posible disminuir el espaciamiento entre los satélites a 2 grados, lo que ha proporcionado más espacio para agregar unidades adicionales.

La vida útil de un satélite se debe en parte a su capacidad de recopilar y almacenar energía. El satélite no es una repetidora pasiva ya que necesita energía para procesar las señales que manipula. Se utilizan células solares como la fuente principal de energía de los satélites, pero existen períodos cuando el sol no está disponible. Hay momentos en que el satélite se encuentra en total oscuridad por períodos de hasta 70 minutos por día. Es durante estos períodos y los de máximo uso cuando se necesita el control de la temperatura y por ello es necesario contar con baterías.



Las baterías deben recargarse periódicamente. Generalmente las de níquel-cadmio funcionan solamente al 50 por ciento de su capacidad antes de ser recargadas y las de níquel e hidrógeno deben ser totalmente descargadas primero. Debido a que las células solares se ven constantemente bombardeadas por partículas en el espacio, se tornan cada vez menos eficientes a medida que transcurre el tiempo. Esta disminución constante de la eficiencia de la fuente de energía es la que contribuye, en su mayor parte, a que el satélite deje de brindar sus servicios.

La utilización de satélites para la transmisión de televisión por cable comenzó a mediados de la década del 70 y desde entonces ha crecido en forma sorprendente. Los satélites han permitido distribuir programas de entretenimiento a personas y áreas que de otro modo no hubieran podido tener acceso debido al costo económico de los métodos convencionales.

Con la compresión digital y una mayor demanda de video de alta definición, no cabe duda de que la industria televisiva va a depender cada vez más de los satélites en los próximos años.

# COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

**SATÉLITE:** Desde el punto de vista de las comunicaciones, un satélite no es mas que una repetidora (en el rango de las microondas) puesta en el espacio. Un satélite no crea transmisiones por sí mismo, solo repite lo que recibe de la Tierra.

La Comunicación por satélite ha tenido un gran desarrollo en los últimos años al grado de llegar a ser indispensable para la humanidad como una herramienta básica de sus actividades sociales. Este sistema, no solo se usa en telecomunicaciones también en aplicaciones meteorológicas, observaciones, navegación aérea y marítima, investigación del espacio, etc.

## + TERMINOLOGÍA DE COMUNICACIÓN POR SATÉLITE

Los términos técnicos de comunicación por Satélite y sus definiciones están dados en las Regulaciones de Radio de la Conferencia de Administración de Radio Mundial (WARC) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

Las Regulaciones de Radio designan oficialmente Radiocomunicación Espacial a cualquier Radiocomunicación con un vehículo espacial. El conjunto de Estación Espacial y Estación Terrena para Radiocomunicación Espacial es llamado un Sistema Espacial.

La Estación Espacial es cualquier estación localizada sobre un objeto, el cual generalmente se encuentra por arriba de la porción más extrema de la atmósfera terrestre y Estación Terrena se refiere a la Estación localizada sobre la superficie terrestre o dentro de la atmósfera terrestre (barco o avión).

Los tipos de radiocomunicación espacial, pueden ser categorizados como: 1) Comunicación entre estación espacial y estación terrena; 2) Comunicación entre estaciones espaciales y 3) Comunicación entre estaciones terrenas vía una estación espacial. El caso 3 es generalmente llamado Comunicación por Satélite Geoestacionario y es el sistema de satélite más comunmente empleado para comunicación pública.

## +COMUNICACIÓN POR SATÉLITE, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las ventajas que se presentan al usar Comunicación por Satélite sobre los medios convencionales de comunicación, se encuentran:

- \* Acceso múltiple a cualquier área remota dentro de la cobertura del satélite.

- \* Simplificación del sistema, debido a su gran altura (aproximadamente 36 000 Km.) su área de cobertura puede llegar a ser el 40% de la superficie de la Tierra.
- \* Más económico para circuitos de larga distancia.
- \* Flexibilidad de utilización, que puede ser usado para transmisión de voz, video, datos, etc.
- \* Permite una gran variedad de redes, por ejemplo: punto a punto, troncales, multipunto, conferencias, acceso compartido a base de datos múltiples, etc.

Entre las desventajas, tenemos que:

- \* El equipo de estaciones terrenas y satélite es muy complejo y costoso
- \* Gran inversión inicial.
- \* Vulnerable en simples puntos de falla por ejemplo: el mismo satélite, cohete de lanzamiento.
- \* Dependencia total en tecnología satelital.

Como se observa, la principal desventaja es el factor económico y la dependencia total de la tecnología para los satélites.

#### **+ SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACION ESPACIAL**

Los servicios de Radiocomunicación Espacial se clasifican de acuerdo al objetivo de utilización. La clasificación de los servicios en uso y servicios planeados es la siguiente:

**SERVICIO DE SATÉLITE FIJO:** Este tipo de servicio se refiere a los satélites geoestacionarios o fijos en un punto alrededor de la Tierra, ejemplos de éste servicio son el sistema INTELSAT e INTERSPUTNIK los cuales están dirigidos a establecer comunicación internacional. Para servicio doméstico se encuentra el sistema ANIK de Canadá, SATCOM, WESTAR y COMSTAR de Estados Unidos, CS de Japón, etc., por nombrar algunos ejemplos, aunque también existe servicio regional como el PALAPA de Indonesia.

**SERVICIO DE SATÉLITE A MÓVILES:** Este tipo de servicio, está dirigido a establecer comunicación entre estaciones de tierra y objetos móviles como son barcos, aviones, autos, etc., éste servicio, de acuerdo al móvil que se trate, se clasifica como:

- a) Servicio de Satélite a Móvil Aéreo.
- b) Servicio de Satélite a Móvil Marítimo.
- c) Servicio de Satélite a Móvil de Tierra.

**SERVICIO DE SATÉLITE PARA DIFUSIÓN:** En las Regulaciones de Radio de la WARC, el servicio de satélite para difusión se define como un servicio de radiocomunicación espacial en la cual las señales transmitidas o retransmitidas por estaciones espaciales son recibidas en forma directa por el público en general, ejemplo de éste servicio es el sistema DBS II de Japón.

**SERVICIO DE SATÉLITE PARA RADIONAVEGACIÓN:** Este tipo de servicio está dirigido a barcos con el fin de ubicar mediante radio el rumbo a seguir, ejemplo de éste es el sistema de satélite para la navegación de la marina (NNSS) de los Estados Unidos.

**SERVICIO DE SATÉLITE DE EXPLORACIÓN DE LA TIERRA:** Dedicado a la exploración de recursos en la Tierra, por ejemplo se encuentra el LANDSAT y SEASAT de Estados Unidos.

**SERVICIO DE SATÉLITE METEOROLÓGICO:** Dedicado a predicción y evaluación meteorológica, ejemplos de éste sistema son el GOES de Estados Unidos y el HIMAWARI de Japón.

#### **+ PARÁMETROS SOBRE SATÉLITE GEOESTACIONARIO**

El Satélite Geoestacionario es el tipo de satélite usado en el Servicio de Satélite Fijo y es el comunmente usado para comunicación pública; las características de éste satélite, es el que se encuentra sobre el Ecuador a una altura de 35 786 Km., con un período orbital sincronizado con la rotación de la Tierra, por lo que el satélite permanece fijo con respecto a un punto en la Tierra.

El satélite en ésta posición puede cubrir mediante su lóbulo de radiación cerca de la mitad de la Tierra, por lo que el ancho angular del lóbulo es de 17.4°. La separación orbital mínima entre cada satélite debe de ser de 3° con el fin de evitar interferencia entre satélites. Las frecuencias comunmente usadas para comunicación pública, son 4 GHz para el enlace de satélite a tierra (Down-link), de 6 GHz para enlace de tierra a satélite (Up-link) y el ejemplo más significativo es el sistema INTELSAT.

#### **+ LOCALIZACIÓN DE FRECUENCIAS**

Para los servicios de radiocomunicación espacial, las bandas de frecuencia son localizadas de acuerdo al tipo de servicio que se requiera. Todos los tipos de satélites de comunicación son localizados dentro de la banda de 300 MHz a 10 GHz debido a que en estas frecuencias los efectos de la troposfera y la ionosfera son despreciables.

Sin embargo, el aumento en demanda de satélites de comunicación ha traído como consecuencia que se utilicen bandas de 10 GHz a 30 GHz y se encuentre en estudio la comunicación en bandas de 30 GHz a 100 GHz.

Los satélites, en general, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la tierra (señal up-link), para retornarlas en otra banda de frecuencias (señal down-link). Las bandas más utilizadas son las siguientes:

	<b>BANDA " C "</b> MHz	<b>BANDA " Ku "</b> MHz	<b>BANDA " Ka "</b> MHz
ascendente ( up - link )	5925 a 6425	14000 a 14500	27500 a 31000
descendente ( down - link )	3700 a 4200	11700 a 12200	17700 a 21200

El inconveniente en bandas por arriba de 10 GHz, es que la atenuación por lluvia es muy grande y la polarización de la señal se deteriora. Los sistemas que operan por abajo de 10 GHz deben ser diseñados sobrados al margen de lluvia.

Para la utilización eficiente de radiofrecuencias, es importante adoptar un sistema de modulación de alta eficiencia, es por ello que los sistemas digitales están substituyendo a el sistema de modulación en FM que hasta hace algunos años era el de mayor uso en el mundo.

#### **+ TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE**

El Acceso Múltiple se refiere al hecho de mantener comunicación entre un satélite y muchas estaciones terrenas a través de una trayectoria de transmisión. Los satélites geoestacionarios poseen la capacidad de acceso múltiple con el fin de aprovechar al máximo las frecuencias asignadas para éste servicio. El acceso múltiple es necesario para tomar ventaja de los repetidores de banda ancha que cubren áreas muy extensas.

Los tipos principales de acceso múltiple son:  
 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA),  
 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) y  
 Acceso Múltiple por Diferenciación de Código (CDMA).

**ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA:** En este tipo de acceso el FDMA utiliza el multiplexaje por división en frecuencia comúnmente utilizando en microonda terrestre pero aplicado al satélite repetidor. Cada portadora de canal ocupa una frecuencia asignada para cada usuario y ésta es asignada dentro de la portadora de RF. Las estaciones terrenas al recibir la portadora de RF del satélite seleccionan la portadora de canal adecuada mediante filtraje de FI. En sistemas de satélites es común encontrar el sistema FDMA el cual es conocido como SCPC (Single Channel Per Carrier), el cual es utilizado en sistemas con poco tráfico.

**ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO:** El TDMA utiliza el multiplexaje por división de tiempo, de tal manera que la información es transmitida por ráfagas o pulsos de RF, cada una de ellas espaciadas y sincronizadas en tiempo, para evitar que se intercalen o traslapen. Las estaciones receptoras son sincronizadas a la red y seleccionan las ráfagas deseadas para demodulación.

**ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN (o DIVISIÓN) DE CÓDIGO:** El CDMA, también llamado "acceso múltiple por espectro de dispersión", combina la transmisión desde cada estación terrena con un código al azar; es totalmente digital y presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas. Por otra parte presentan el inconveniente de que ocupa el ancho total del transponder.

FDMA es predominante en la operación de sistemas de satélite, debido a la amplia experiencia que se tiene en sistemas de comunicación terrestre, el cuál fué disponible cuando la comunicación por satélite empezó. FDMA comparado con TDMA y CDMA presenta un menor costo inicial y los parámetros de las estaciones terrenas son menos sofisticados.

Dentro del sistema FDMA, se encuentra una variante denominada SCPC o Simple Portadora por Canal la cual es muy utilizada para comunicación de tráfico ligero de voz y datos.

TDMA es el sistema que se utiliza en los sistemas de satélite futuros por su alta capacidad de transmisión comparado con FDMA y CDMA. Flexibilidad y funcionamiento son muy atractivos en TDMA, ya que puede ser reconfigurado y programado para grandes cambios.

Fig. 1

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SATELITES

### SOLIDARIDAD

IIS - 601

TRIAXIAL

2773.23 Kgs.

1280.4 Kgs.

1492.8 (383.83) Kgs.

3370 Watts

14 Años

6.67 mts. Antenn-Antenn

21 mts. Paneles desplegados

MODELO

ESTABILIDAD

PESO TOTAL

PESO SECO

COMBUSTIBLE

POTENCIA

VIDA UTIL

DIMENSIONES

### MORELOS

IIS - 376

POR GIRO

666 Kgs.

521 Kgs.

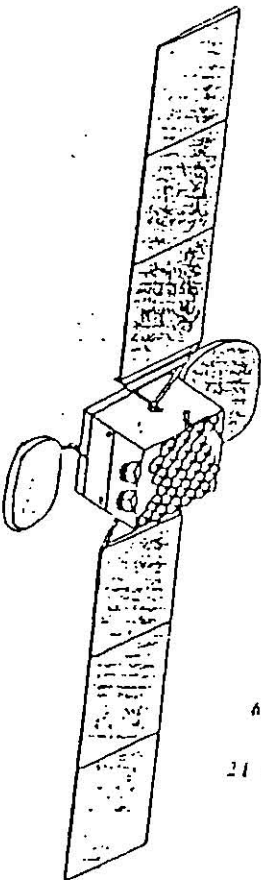
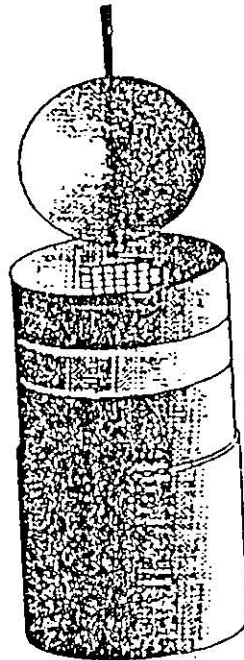
145 kgs.

777 Watts

9 Años

2.16 mts. diam.

6.66 mts. long.



## **Sistema de Satélites Mexicanos**

México se inició en las comunicaciones espaciales en 1968, con la puesta en operación de la Estación Terrena de Tulancingo, Hidalgo y desde 1981 estableció un sistema doméstico con capacidad arrendada a Intelsat por medio de un satélite colocado exprofeso en la posición de 53° W. En 1985, con la puesta en operación del Sistema de Satélites Morelos, los beneficios de las comunicaciones espaciales, se hicieron tangibles para la mayoría de los mexicanos.

El Satélite Morelos I, inició su operación con la canalización de los servicios que se veían prestando a través de un satélite Intelsat, que no excedían en capacidad al equivalente de 4 transpondedores de 36 MHz en la banda C.

El Satélite Morelos II, lanzado cinco meses más tarde, como reserva del Morelos I, fué colocado en una órbita de almacenamiento con el objeto de efectuar un gasto mínimo de combustible y prolongar su vida útil.

El satélite Morelos II, fue colocado en su posición orbital nominal y sometido a control el 18 de Abril de 1989; después de las maniobras de posicionamiento final y pruebas en órbita, inició su operación conduciendo señales de comunicación el 1° de Septiembre del mismo año. El fin de la vida útil del Morelos II se estima en el tercer trimestre de 1998, mientras que el Morelos I fue retirado de su órbita en el mes de Marzo de 1994.

A fin de ofrecer una respuesta a la creciente demanda de servicios requeridos por los usuarios y efectuar el reemplazo del satélite Morelos I, la SCT a través de Telecomm, se dedicó a la tarea de planear y ejecutar un proyecto que solventara las necesidades de la comunidad nacional, tanto presentes como futuras, garantizando con el mismo, la continuidad de los servicios y ofreciéndolos ya no solo a nivel nacional sin regional, lo cual dio origen al Programa de Satélites Solidaridad.



## Sistema de Satélites Solidaridad

El Sistema de Satélites Solidaridad se compone de dos naves espaciales de estabilización por tres ejes del modelo HS-601 de la compañía Hughes Aircraft (figs. 2 y 3), con una vida útil de 14 años; el Solidaridad 1, ocupa la posición orbital 109.2 ° W, en tanto el Solidaridad 2 ocupará una posición cercana a la que fue utilizada por Morelos I, 113° W (fig. 4), cuando lo reemplace; ambos satélites cuentan con carga útil en las Bandas C, Ku y L.

Como parte integral del Sistema Solidaridad se efectuó la ampliación del Centro de Control Primario con un Simulador Dinámico de los Satélites Morelos y Solidaridad, un Laboratorio de Pruebas de Comunicaciones y la ampliación del actual Sistema de Monitoreo del Centro de Control, así como la construcción de un Centro de Control Alterno, en la ciudad de Hermosillo, Son., que es un respaldo del Primario; así mismo el proveedor cumplió con un amplio programa de capacitación y asistencia técnica y un programa de transferencia tecnológica.

La Banda Ku ha sido completamente rediseñada, con mayor capacidad en ancho de banda debido al rehuso de frecuencias, operando en polarización Vertical / Horizontal y Horizontal / Vertical, teniendo un total de 16 transpondedores de 54 MHz. La reducción en el ancho de banda de los transpondedores permitirá hacer un uso más eficiente del recurso Ancho de Banda / Potencia.

La Banda C tiene un total de 12 transpondedores de 36 MHz y 6 de 72 MHz operando en polarización Vertical y Horizontal.

La Banda L es la tercer Banda en la que operan los Satélites Solidaridad; ésta banda es utilizada para Comunicaciones Móviles por Satélite, el sistema Solidaridad utilizará la polarización circular derecha. El rango de operación será de 1525-1559 MHz Espacio-Tierra y de 1626.5-1660.5 MHz Tierra-Espacio.

Para la puesta en órbita de los Satélites Solidaridad, se contrataron los servicios de la compañía Europea **Arianespace**, quien brinda servicios de lanzamiento para los satélites, desde Kourou, Guyana Francesa, en Sudamérica.

Se utilizó un lanzador de tres etapas del tipo no recuperable (ELP) de la versión 44L de Ariane, con capacidad de realizar lanzamientos dobles o dedicados con masa máxima de hasta 4.4 Toneladas. Este lanzador cuenta con seis versiones de diferente capacidad, siendo la máxima la antes mencionada.

fig. 2

# SOLIDARIDAD HS-601

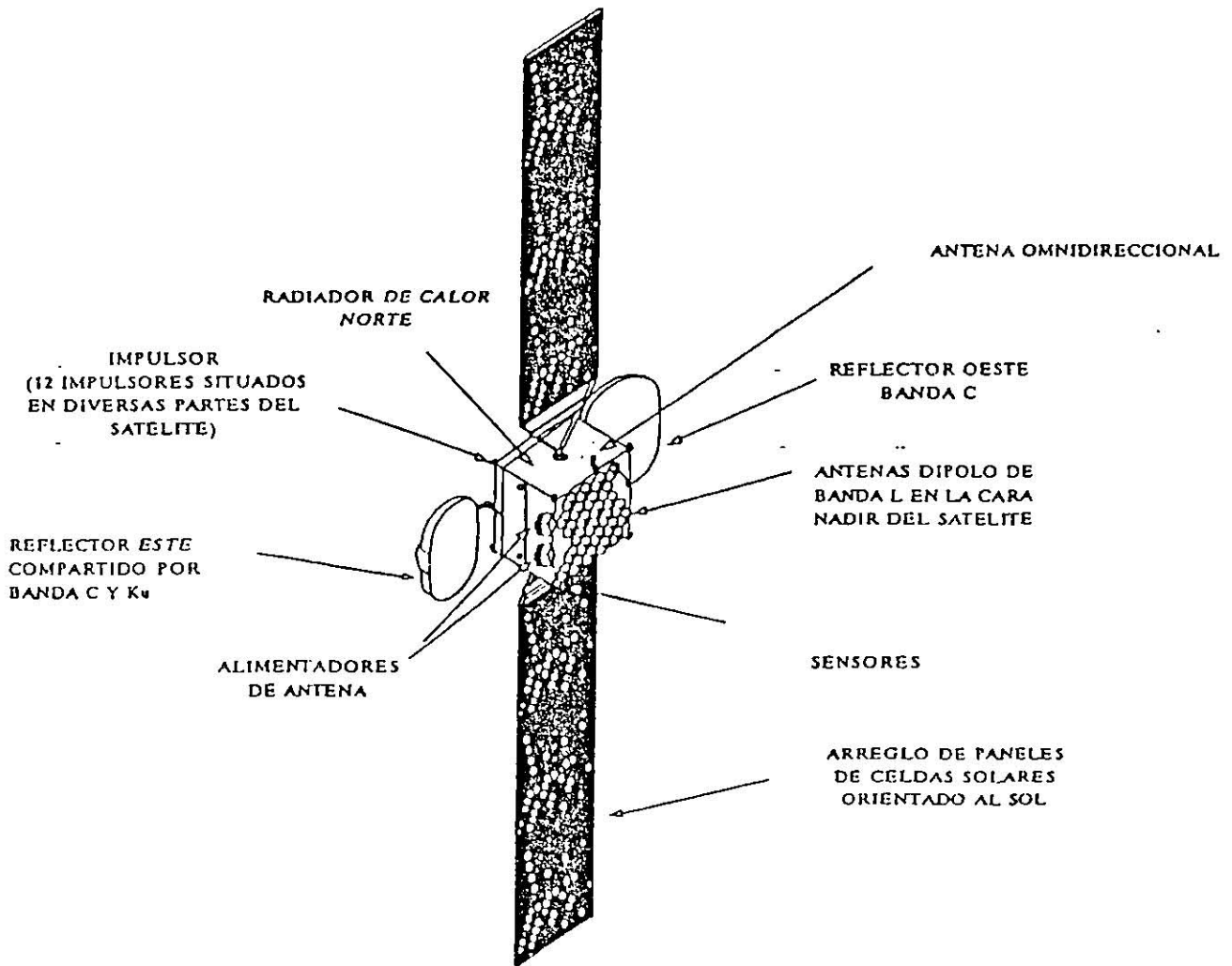


Fig. 3

# SOLIDARIDAD

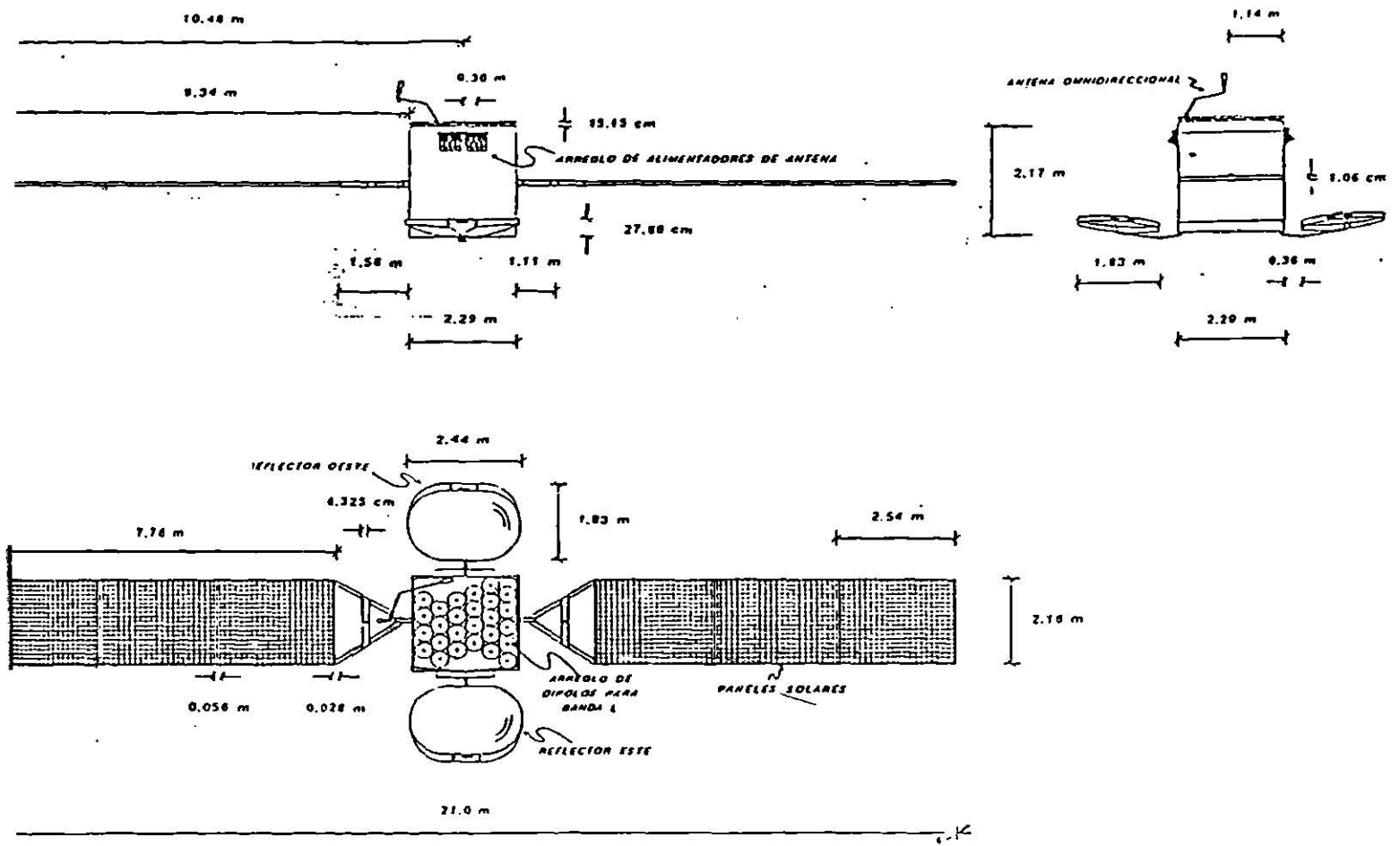
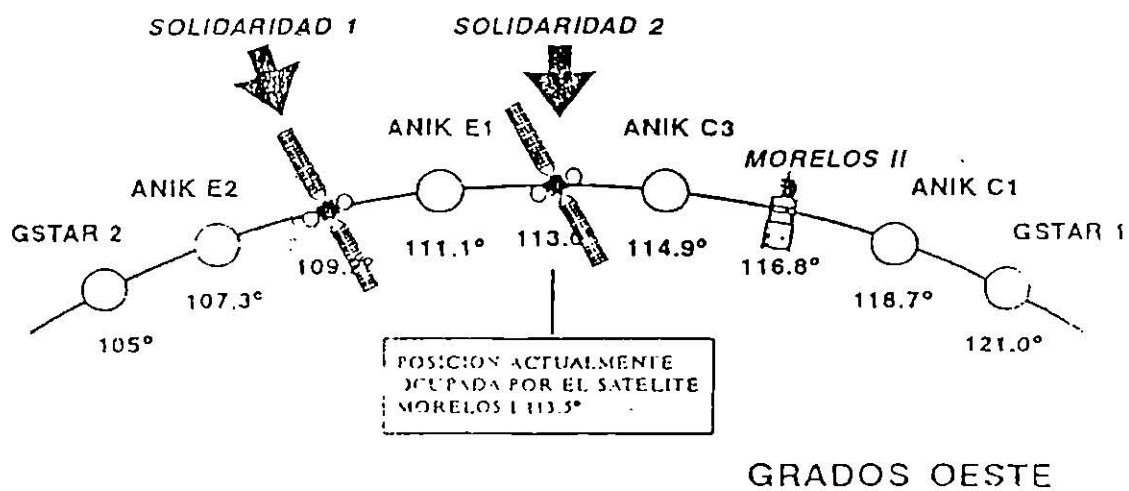


Fig. 4

# POSICION Y COLINDANCIA DE LOS SATELITES MEXICANOS



3.1 Cobertura de las Bandas C, Ku y L

<i>REGION</i>	<i>BANDA</i>	<i>COBERTURA</i>
<i>R1</i>	<i>C</i>	<i>MEXICO, SUR DE LOS E.U.A., GUATEMALA, BELICE, HONDURAS Y EL SALVADOR</i>
<i>R2</i>	<i>C</i>	<i>REGION 1, MEXICO, SUR DE LOS E.U.A., INCLUYENDO EL SUR DE FLORIDA, EL CARIBE, CENTROAMERICA, COLOMBIA Y VENEZUELA</i>
<i>R3</i>	<i>C</i>	<i>SUR DE COLOMBIA, ECUADOR, PERU, BOLIVIA, PARAGUAY, URUGUAY, CHILE, OESTE DE BRASIL Y ARGENTINA</i>
<i>R4</i>	<i>Ku</i>	<i>MEXICO, SUR DE LOS E.U.A., GUATEMALA Y BELICE</i>
<i>R5</i>	<i>Ku</i>	<i>TORONTO, CANADA, LA HABANA Y LAS CIUDADES MAS IMPORTANTES DE LOS E.U.A.</i>
<i>R6</i>	<i>L</i>	<i>MEXICO Y SU MAR PATRIMONIAL</i>

TABLA 1

## **Estructura básica de las naves espaciales (fig. 5)**

### **+ *Los paneles solares***

Los arreglos de paneles solares están localizados en el lado norte (-Y) y sur (+Y) del cuerpo del satélite y están compuestos de tres paneles solares (2.16 x 2.54m) cada uno. El arreglo de paneles solares en total contiene 56 circuitos de celdas solares de silicón K4-3/4, produciendo aproximadamente 4 Kw de potencia para alimentar los diferentes sistemas hasta el final de la vida útil del satélite.

### **+ *Baterías***

Dentro del subsistema de potencia están comprendidas las Baterías, alojadas en las cuatro esquinas de la superficie más lejana del cuerpo del satélite con respecto a la tierra (el Cenit 0-Z) construidas a base de celdas de Níquel-Hidrógeno, agrupadas en 1 paquete de 6 celdas y 3 paquetes de 7 celdas, en donde el componente activo solamente es el electrodo positivo, lo que redundará en la prolongación de la vida útil de las celdas. Cada paquete de baterías está diseñado en su parte N-S con calentadores y disipador a base de espejos, los cuales proveen el control térmico para las baterías.

El arreglo de baterías tiene una capacidad de 160 A-h; el voltaje medio durante un eclipse es de 33.5 Volts, al término de éste el Subsistema de Control de Potencia efectúa un control automático de la carga de las baterías.

### **+ *Sistema de Antenas***

El sistema de antenas lo conforman dos reflectores, los cuales usan dos superficies de reflectores interseccionadas que permiten el aislamiento de las polarizaciones utilizadas sin afectar su rendimiento, montadas al Este y Oeste del cuerpo del satélite y un arreglo de Dipolos de Copa para la Banda L montada en el nadir del cuerpo del satélite.

### **+ *Sistema de Control de Orientación***

En operación de modo Normal un censor estático de dos ejes mide la actitud del Pitch (eje Y) y Roll (eje X), mientras que la orientación del giroscopio por medio de una rueda de momento, acopla a Yaw y Roll, facilitando la estimación continua de Yaw en el procesador. Una doble estructura pivoteada sobre balancines mantiene siempre en posición horizontal a la rueda de momento cuya función es la de asegurar el control positivo de los ejes Pitch, Roll y Yaw.

### **+ *Procesador a Bordo (SCP)***

Dentro del Subsistema de Control de Actitud (ACS), el Procesador a bordo es el elemento más importante al proporcionar los recursos de procesamiento de Software y Hardware para realizar las funciones autónomas del control del satélite.

El procesador monitorea el estado del satélite solicitando datos a través de las unidades codificadoras de Telemetría y de manera directa de las unidades del ACS; utiliza los datos para determinar fallas y errores en el equipo, emplea criterio de verificación límite y algoritmos de detección de error de propósito especial de protección.

Las operaciones de protección de errores tienen lugar en el contexto de dos reglas principales de tierra:

Primero, responder a la protección de error sin usar los impulsores.  
Segundo, cualquier secuencia de recuperación inteligente de tierra requerida, será iniciada en no más de una hora y adquirir un modo de seguridad en no más de dos horas.

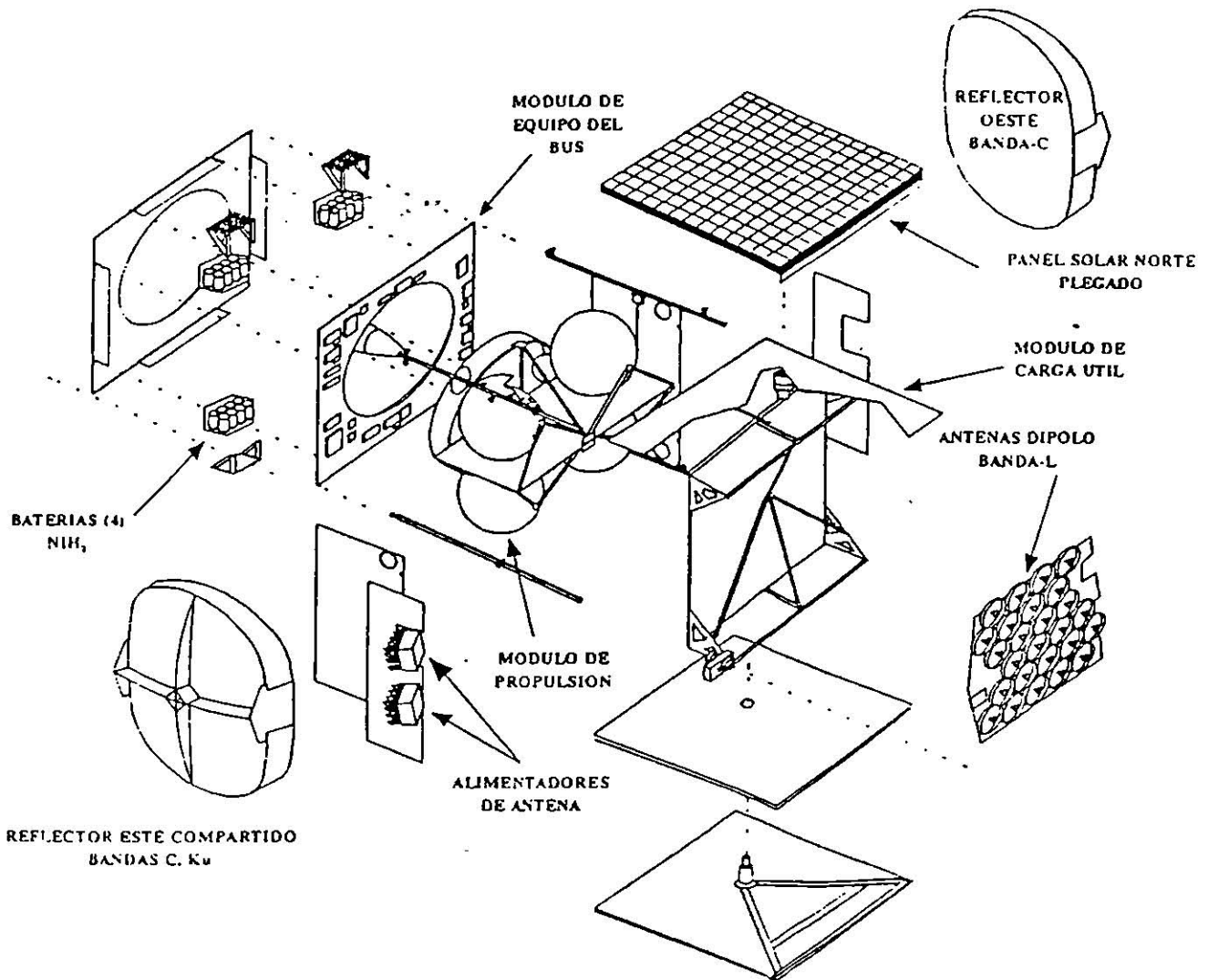
### **+ *Torque Magnético***

En la órbita de operación, se mantiene la orientación del satélite mediante un control de Momento Roll (eje X) / Yaw (eje Z); éste control lo suministra el Torque Magnético.

El Torque magnético se produce mediante una bobina de alambre colocada alrededor del centro del cuerpo del satélite. Cuando se envía una corriente eléctrica a través de ella, se presenta una reacción con el campo magnético de la tierra causando un torque sobre la espira. Regulando los ciclos de encendido y apagado de la espira, es posible absorber el momento angular sobre los ejes Roll (X), Yaw (Z) y Pitch (Y) del satélite. Así, el Torque Magnético puede funcionar esencialmente como un elemento disipador de momento en lugar de los impulsores. Controlando apropiadamente la espira es posible extender grandemente el tiempo en que se requiera el encendido de los impulsores.

fig. 5

# SOLIDARIDAD HS-601 CONCEPTO MODULAR





## **Control y Estado de Salud de los Satélites**

El buen estado operativo de los satélites y el mantenimiento dentro de sus parámetros orbitales es responsabilidad de los Centros de Control, por lo que como parte integral del Sistema Solidaridad se consideró la ampliación del Centro de Control Primario (ubicado en la ciudad de México) y la construcción de un alterno (ubicado en Hermosillo, Son.), mismos que llevan a cabo las funciones asociadas a todas las fases de puesta en órbita del Sistema Solidaridad y todas las funciones principales para el mantenimiento en órbita geostacionaria de los satélites Morelos y Solidaridad, así como el control, verificación de parámetros técnicos y el desarrollo de diversas pruebas de las diferentes señales de comunicaciones que se cursan a través del nuevo sistema de satélites, tales como:

- Procesamiento de los datos de telemetría, para determinar el estado interno de los satélites.
- Determinación de la posición de los satélites a partir de los datos de rango (elevación, azimut y distancia) y por los datos generados por la telemetría de los satélites.
- Cálculo de los nuevos parámetros orbitales.
- Envío de comandos al satélite para mantener al mismo dentro de los parámetros técnicos adecuados y así obtener su máxima eficiencia.
- Obtención de grabaciones y archivos que permitan establecer una historia detallada de la vida de los satélites.

En conjunto, los centros de Control comprenden los siguientes sistemas y subsistemas:

- a) Software de Dinámica Orbital
- b) Interface de Comunicación de Datos (DCI)
- c) Procedimientos / Instrucciones de Operación
- d) Laboratorio de Pruebas de Carga Útil (PTL)
- e) Sistema de Monitoreo de Comunicaciones (CSM)
- f) Equipo de Pruebas en Órbita (IOTE)
- g) Sistema de Computo de Control del Satélite
- h) Simulador Dinámico del Satélite (DSS)
- i) Software de Telemetría Comando y Rango (TC&R)
- j) Subsistema de Banda Base
- k) Subsistema de Antenas / RF

## **El Centro de Control Primario**

El Centro de Control Primario (CCP) (fig. 6), controla tanto al sistema de Satélites Morelos como al Sistema de Satélites Solidaridad, toda vez que los resultados del análisis de compatibilidad y convivencia entre ambos sistemas es altamente satisfactorio.

Como funciones elementales, el CCP provee una interface directa con los satélites, monitorea su salud y seguridad a través de la Telemetría, Comando y el Rango, permitiendo configurarlos, programar el procesador a bordo y mantener su orientación así como su posición orbital, efectúa además, el monitoreo del sistema de comunicaciones y pruebas en órbita con lo que posibilita el control, verificación de parámetros técnicos y el desarrollo de diversas pruebas de las diferentes señales de comunicaciones que se cursan a través de los satélites, adicionalmente efectúa la simulación dinámica de los satélites y pruebas de carga útil.

## **El Centro de Control Alterno**

Para que el Centro de Control Alterno (CCA) (fig. 7), instalado en Hermosillo, Son., cumpla con la función de respaldo del CCP, se le dota de la infraestructura necesaria para realizar las mismas funciones que el primario, además de tener un contacto constante y directo con el CCP, por medio de una interface de Comunicación de Datos, tanto con el propósito de efectuar una medición de Rango más precisa, por triangulación, como para tomar el control total de los Sistemas de Satélites Morelos y Solidaridad en cualquier momento, por situación de contingencia o por alguna actividad planeada que así lo amerite.

Es por eso que el CCA tiene como funciones elementales la de respaldar El Centro de Control Primario y dar soporte para los satélites Solidaridad y Morelos, proveer Telemetría, Comando y Rango, además de efectuar el monitoreo del Sistema de Comunicaciones.

fig. 6

# CENTRO DE CONTROL PRIMARIO

IZTAPALAPA, D.F.

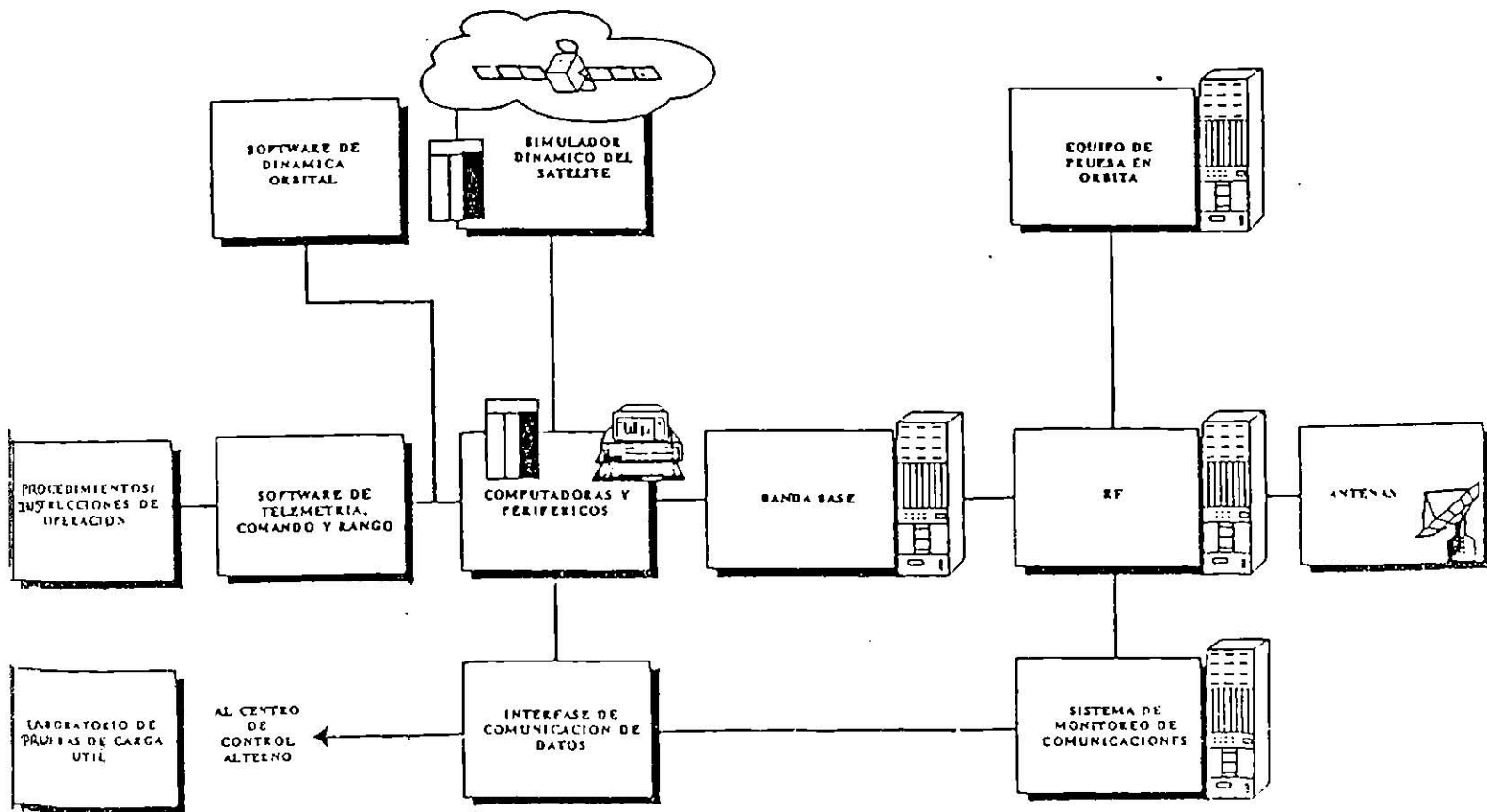
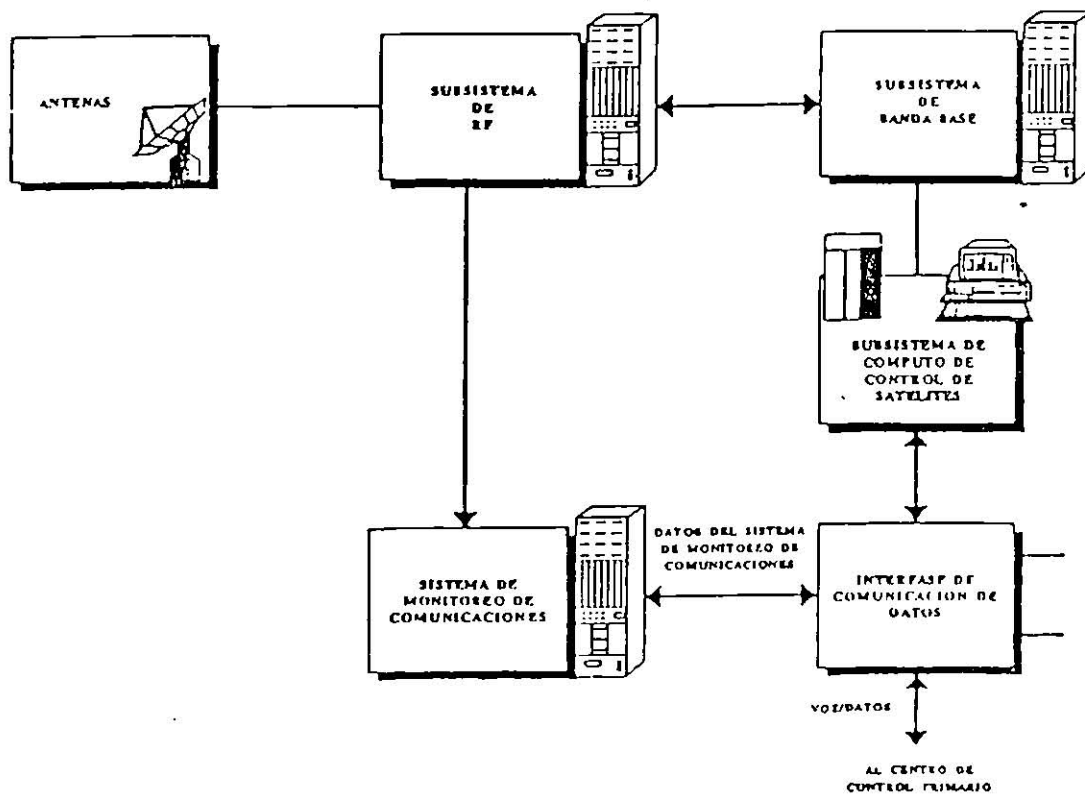


fig. 7

## CENTRO DE CONTROL ALTERNO HERMOSILLO, SONORA



## Operación de los Satélites

Los Satélites Solidaridad operan en las bandas C y Ku para Servicio Fijo y la Banda L para Servicios Móviles.

### Características de la Banda C

El rango de frecuencias en Banda C es de 5.925 a 6.425 GHz para el enlace ascendente y de 3.700 a 4.200 GHz en el enlace descendente. Está compuesta por el mismo número de transpondedores que se tenían en los Satélites Morelos: 12 canales ANGOSTOS de 36 MHz y 6 canales AMPLIOS de 72 MHz. Todos los canales ANGOSTOS han sido diseñados para recibir de la región R1 con polarización Horizontal y transmitir hacia la región R1 con polarización Vertical; además ésta banda cuenta con selección de haces para las regiones R2 y R3 (fig.8)

Los canales AMPLIOS están diseñados para recibir únicamente desde R1 con polarización Vertical y transmitir únicamente hacia R1 con polarización Horizontal.

#### **+ Amplificador de Potencia de Estado Sólido (SSPA)**

Este amplificador tiene la capacidad de proporcionar hasta 16 Watts de potencia de salida de RF, la potencia de salida puede ser seleccionada a menor nivel sin afectar sus parámetros de funcionamiento.

Además los SSPA's proporcionan una mejor respuesta lineal, y una mayor eficiencia en RF, disminuyendo el consumo de potencia y la disipación térmica, y tiene una confiabilidad propicia para satisfacer los 14 años de vida especificados. Existen 4 amplificadores (SSPA's) de respaldo en banda angosta y 2 en banda amplia.

Se deben tomar algunos valores de operación de los transpondedores de la Banda C para tener un enlace más confiable y saber el funcionamiento de esta banda, tales como:

- + Puntos óptimos de operación por Transpondedor
- + Valores de Back-Off's de entrada (BOI)/salida (BOO) para una, dos portadoras y multiplicadoras de los transpondedores Angostos y Amplios
- + Ganancias del Atenuador (ATP)

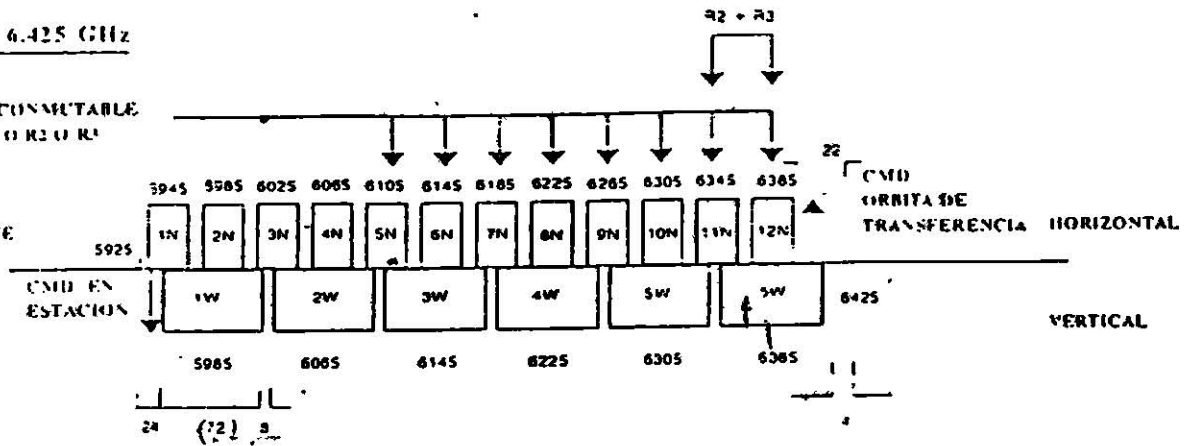
# Fig. 8 PLAN DE FRECUENCIA BANDA C

## SOLIDARIDAD 1 Y 2

SUBIDA 5.925 A 6.425 GHz

INDIVIDUALMENTE CONMUTABLE  
AL RECEPTOR DE R1 O R2 O R3

ENLACE ASCENDENTE  
BANDA C



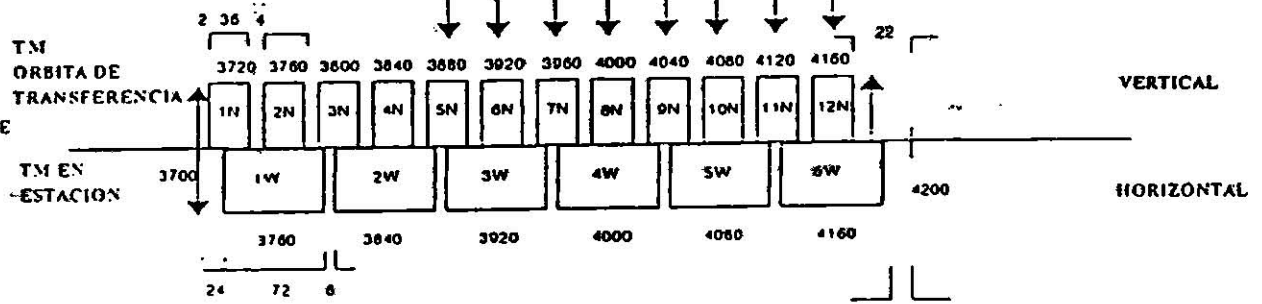
## SOLIDARIDAD 1

BAJADA 3.7 A 4.1 GHz

INDIVIDUALMENTE CONMUTABLE EN REGION R1 O R2

INDIVIDUALMENTE CONMUTABLE EN REGION R1 O R3

ENLACE DESCENDENTE  
BANDA C



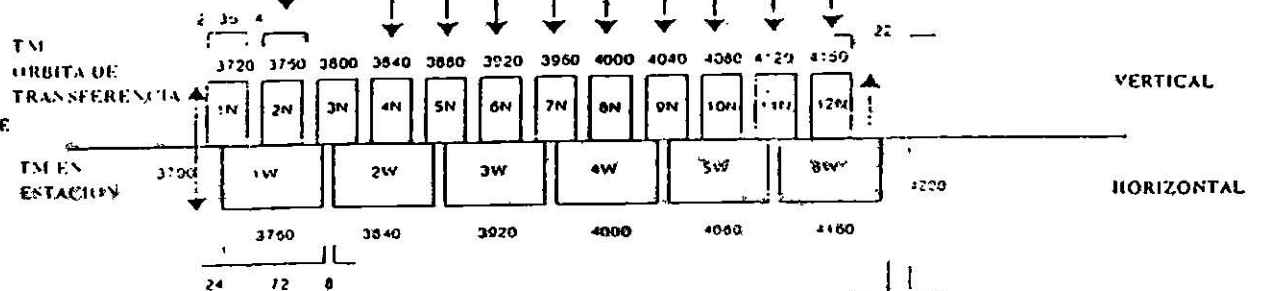
## SOLIDARIDAD 2

BAJADA 3.7 A 4.2 GHz

REGION 1 PERMANENTEMENTE

INDIVIDUALMENTE CONMUTABLE EN  
REGION R1 O R3

ENLACE DESCENDENTE  
BANDA C



## Características de la Banda Ku

El rango de frecuencias en Banda Ku es de 14.000 a 14.500 GHz para el enlace ascendente y de 11.700 a 12.200 GHz en el enlace descendente. Tiene un total de 16 transpondedores de 54 MHz, ocho de los cuales reciben en polarización Vertical y los ocho restantes reciben en polarización Horizontal (fig. 9), y cuenta con 4 amplificadores TWT de respaldo. Todos los transpondedores tienen la capacidad de recibir y transmitir en la región R4.

En relación a las dos áreas de cobertura de la banda Ku, R4 y R5, hay cuatro posibles vías de transmisión por lo cual se puede configurar un transpondedor de Banda Ku como sigue:

VIA A:	R4 Ascendente	→	R4 Descendente
VIA B:	R4	→	R5
VIA C:	R5	→	R4
VIA D:	R5	→	R5

Este diseño permite que el transpondedor 6 sea operado en las vías a, b, c y d y el transpondedor 8 sólo con las vías a y c.

### + *Transmisor de Radiofaro (BEACON)*

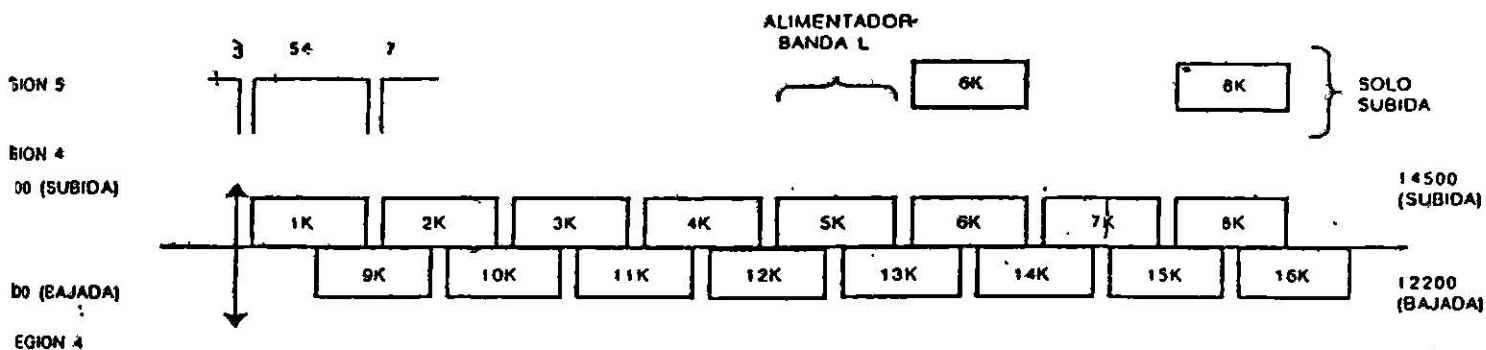
La banda Ku cuenta con un transmisor de Radiofaro con redundancia 2:1, con él se adquiere el control de potencia del enlace ascendente, proporcionando una portadora estable, para radiar a las estaciones terrenas permitiendo modificar la potencia ascendente y compensar las condiciones atmosféricas. El sistema de redundancia está provisto de dos transmisores, cada uno seleccionado por comando terrestre y suministra Telemetría para el estado Encendido / Apagado.

En su funcionamiento, el punto clave es la estabilidad de Frecuencia debido a la temperatura. La estabilidad de la frecuencia de  $\leq 0.3$  ppm., es asegurada a través del uso de un oscilador de temperatura controlada.

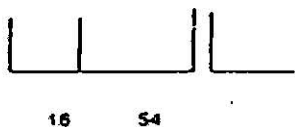
fig. 9

# SOLIDARIDAD PLAN DE FRECUENCIA BANDA Ku

ENLACES ASCENDENTES VERTICAL Y DESCENDENTES HORIZONTAL



BEACON DE BANDA KU ( 11701 )



ENLACES ASCENDENTES HORIZONTAL. DESCENDENTES VERTICAL

Canal No.	Frecuencia Central Descendente. MHz	Frecuencia Central Ascendente MHz
1	11730	14030
2	11791	14091
3	11852	14152
4	11913	14213
5	11974	14274
6	12035	14335
7	12096	14396
8	12157	14457
9	11743	14043
10	11804	14104
11	11865	14165
12	11926	14226
13	11987	14287
14	12048	14348
15	12109	14409
16	12170	14470



## Características de la Banda L

El rango de frecuencias de la Banda L, asignada para los servicios móviles, es de 1525 a 1559 MHz para el segmento Espacio-Tierra y de 1626.5 a 1600.5 MHz para Tierra-Espacio (fig. 10).

El subsistema de comunicaciones en Banda L incorpora la tecnología más reciente en Banda Ku y L para maximizar su funcionamiento, eficiencia y sobre todo la confiabilidad del sistema. El subsistema consiste de dos transpondedores separados, uno en Banda Ku/L y otro en Banda L/Ku, compartiendo una antena común Transmisora/Receptora en Banda L.

### + *Funcionamiento*

En el enlace de ida (Forward), en banda Ku, se cursan las comunicaciones provenientes de una estación terrestre con diversos usuarios; en el satélite, se efectúa la traslación Ku/FI a FI/L y las transmite en banda L a usuarios móviles en tierra, mar y aire, por medio de un arreglo de 26 antenas dipolo tipo copa montado en la cara nadir del satélite.

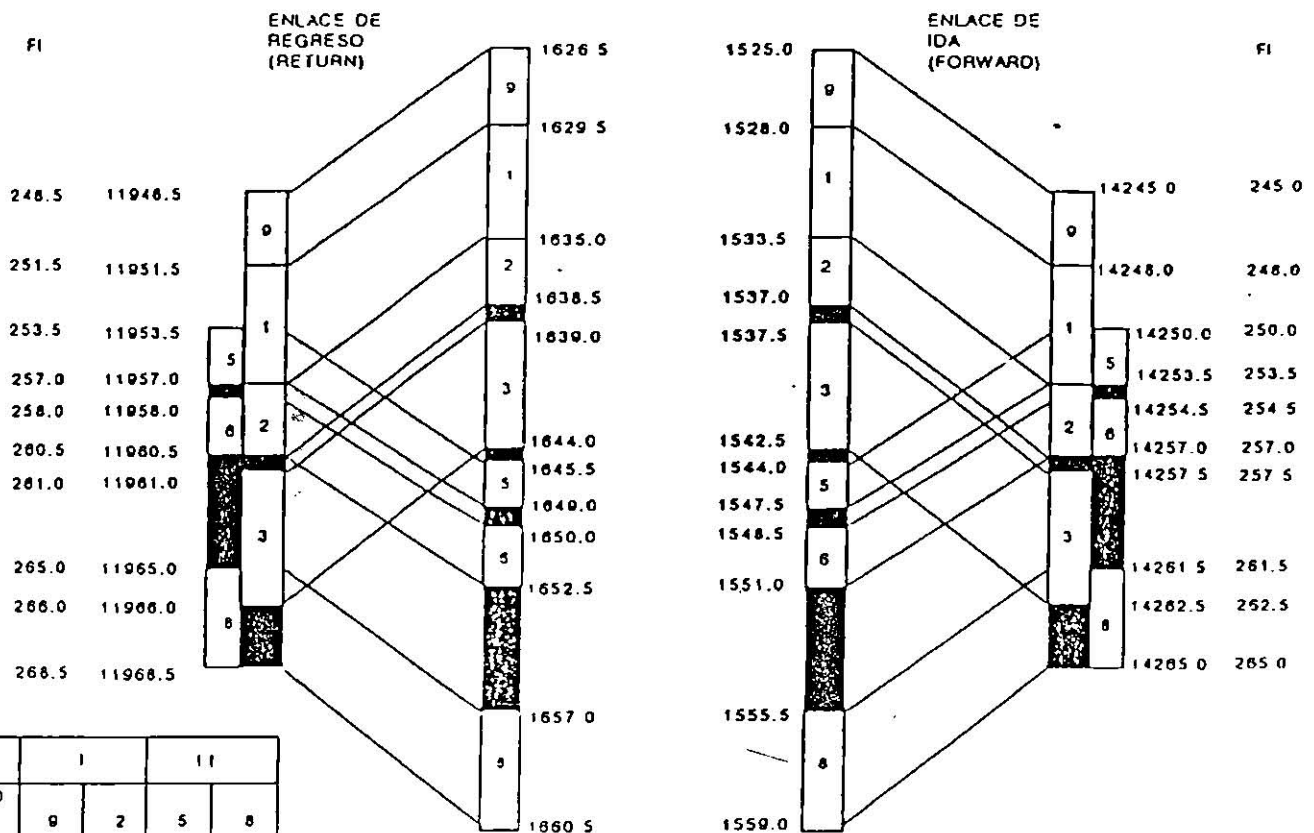
A través del enlace de retorno (Return), en banda L, el arreglo de antenas dipolo recibe las señales de los usuarios móviles, se efectúa la traslación L/FI a FI/Ku y las regresa en banda Ku a las estaciones terrestres.

La Banda L para el servicio móvil, se divide en cuatro sub-bandas en el Solidaridad 1 y tres en el Solidaridad 2, independientemente controlables con un rango de ancho de banda de 2.5 a 8 MHz. Estas sub-bandas son contiguas a la Banda Ku dentro del canal 5, permitiendo el uso del ancho de banda remanente de un canal de 27 MHz a la Banda Ku.

Debido a las características de propagación de ésta banda, únicamente se podrá operar en las áreas en que se efectúe la coordinación de frecuencias.

fig. 10

## SOLIDARIDAD PLAN DE FRECUENCIA BANDA L



NO	I	II
SOLIDARIDAD 1	0 2 5 8	
SOLIDARIDAD 2	1 3 6	

FRECUENCIAS EN MHz.

**Satélites Solidaridad**  
**Capacidad Instalada**  
**(Cada Satélite)**

REGION	BANDA	Nº DE TXP's	B (MHz)	PIRE* (dBw)	SERVICIOS RECOMENDADOS
R1	C	SOL-1 4 6	36 72	37.50 40.50	-DISTRIBUCION DE SEÑALES ANALOGICAS: TELEFONIA, TELEVISION O TELEAUDICION - DISTRIBUCION DE SEÑALES ANALOGICAS DIGITALES, VOZ Y/O DATOS, TELEVISION Y TELEAUDICION
		SOL-2 2 6	36 72	37.50 37.50	
R2	C	SOL-1 4	36	37.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION ANALOGICA Y TELEAUDICION DIGITAL - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS
		SOL-2 6	36		
R3	C	4	36	37.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION ANALOGICA Y TELEAUDICION DIGITAL - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS
R4	Ku	14	54	47.00	- DISTRIBUCION DE TELEVISION (DIGITAL Y/O ANALOGICA) - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS
R5	Ku	2	54	46.50	- DISTRIBUCION DE TELEVISION (DIGITAL Y/O ANALOGICA) - REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS
R6	L	1	SOL-1 13.5	45.5@	- COMUNICACIONES MOVILES DE VOZ Y DATOS: TERRESTRES, MARITIMAS Y AEREAS
			SOL-2 13		

LOS VALORES MOSTRADOS SON VALIDOS PARA CUALQUIER SATELITE A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

TXP's = Transpondedores

PIRE = Potencia Isotrópica Radiada Efectiva

B = Ancho de banda

@ PIRE acumulada (PIREA)

\* PIRE de saturación (excepto R6), disminuye al introducirse más de una portadora en el Transpondedor (deberá considerarse el BACK-OFF).

TABLA 2

## **BIBLIOGRAFÍA**

- \* Memorias de Curso Comunicación Vía Satélite  
Ingeniero Fernando Estrada Treviño  
Enero 1995**
  
- \* Sistema de Satélites Mexicanos Solidaridad  
Manual Técnico, 5ª Edición  
Julio 1995**
  
- \* TV Technology América Latina  
Vol. 15, N° 8  
Abril 1997**

