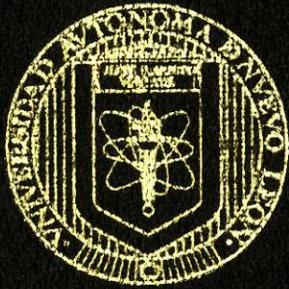


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



CURSO CON OPCION A TITULO  
COMUNICACION VIA SATELITE  
"SOLIDARIDAD"

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION

PRESENTA

ALMA SONIA GONZALEZ SALINAS

CD. UNIVERSITARIA

ABRIL DE 1996

T

TK5104

.2

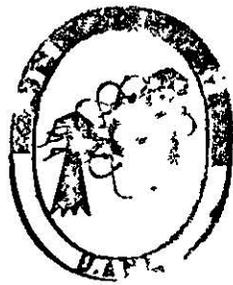
36

36

C.1

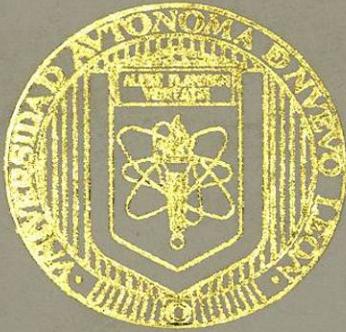


1080072243



BIBLIOT. A

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA



CURSO CON OPCION A TITULO  
COMUNICACION VIA SATELITE  
"SOLIDARIDAD"

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACION

PRESENTA

ALMA SONIA GONZALEZ SALINAS

CD. UNIVERSITARIA

ABRIL DE 1996

FECHA: 9 Dic. 1997  
DONADO POR: Biblioteca  
"Ing. Guadalupe E.  
Cedillo Garza."  
U.A.N.L. FIME BIBLIOTECA



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**CURSO DE COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE**

**“ SOLIDARIDAD “**

**QUE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACIÓN**

**ALMA SONIA GONZÁLEZ SALINAS**

**MATRICULA. 615995**

**CD. UNIVERSITARIA MONTERREY N.L.**

**ABRIL 1996**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**CURSO DE COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE  
" SOLIDARIDAD "**

**QUE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN CONTROL Y COMPUTACIÓN**

**ALMA SONIA GONZÁLEZ SALINAS**

**A MIS PADRES:**

**Sr. MEDARDO GONZÁLEZ BALTIERRA.**

**Sra. ALICIA BERTHA SALINAS DE GZZ.**

**A QUIENES POR SU ESFUERZO Y AMOR, SUPIERON GUIARME  
Y SIEMPRE ME BRINDARON SU APOYO.**

**A MIS HERMANOS:**

**ANDRÉS M. GONZÁLEZ SALINAS**

**MYRNA LUZ GONZÁLEZ SALINAS**

**MARÍA ALICIA GONZÁLEZ DE C.**

**MAURICIO CÁRDENAS FLORES**

**QUE CONFIARON EN MI.**

**Y FAMILIARES .....**

**AL HONORABLE JURADO**

**A MI ASESOR:**

**ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR.**

**POR SU APOYO Y CONOCIMIENTOS BRINDADOS.**

**A MIS AMIGOS .....**

**POR LOS MOMENTOS COMPARTIDOS.**

**A LA FAMILIA GARZA RODRÍGUEZ**

**A QUIENES ESTIMO**

**EN ESPECIAL A MÍ NOVIO**

**QUE CON SU EJEMPLO Y ESFUERZO, ME AYUDO PARA EL LOGRO DE  
ESTE OBJETIVO.**

**ING. RODOLFO DE LA GARZA RODRÍGUEZ**

## INDICE

	<b>PÁGINAS</b>
1.- PROLOGO	1
2.- INTRODUCCION	2
* Historia de las comunicaciones por vía satélite	2
* Sistema de satélites Solidaridad	2
3.- SISTEMA MEXICANO DE SATÉLITE SOLIDARIDAD	2
* Ventajas Tecnológicas	3
* Huellas de Cobertura	4
5.- BANDA C	5
* Ventajas	5
* Características	6
* Huellas de la Banda C	7
6.- BANDA Ku	8
* Ventajas	8
* Características	9
* Huellas de la Banda Ku	10
7.- BANDA L	11
* Ventajas	11
* Características	11
* Huellas de la Banda L	12
8.- CENTRO DE CONTROL DE LOS SATÉLITES	13
9.- ENTRENAMIENTO PERSONAL	14

<b>10.- ESTRUCTURA BASICA DE LAS NAVES ESAPCIALES</b>	<b>15</b>
* Los paneles solares	15
* Baterías	15
* Sistemas de Antena	15
* Sistema de Control de Orientación	15
* Procesador a Bordo (SPC)	16
* Torque Magnético	16
<b>11.- LANZAMIENTO DE LOS SATÉLITES SOLIDARIDAD</b>	<b>17</b>
* Lanzamiento	17
<b>12.- DESCRIPCION DEL RESUMEN QUE SE ELABORO DEL PROYECTO SOLIDARIDAD</b>	<b>18</b>
* La Región I, II, III, IV	18
* La Región V, VI	19
* Banda C, Ku	19
* Servicios	19
* Para México	19
* Para la Región	20
* Beneficios para America	20
* En Resumen	20
<b>13.- RESCATE DE SATÉLITES</b>	<b>21</b>
<b>14.- EL SATÉLITE Y SU NUEVO HOGAR</b>	<b>21</b>
<b>15.- LAS FUERZAS PERTURBADORAS</b>	<b>22</b>
<b>16.- LA TEMPERATURA DEL SATÉLITE</b>	<b>25</b>
<b>17.- OTROS FACTORES DE PERTURBACIONES</b>	<b>26</b>

# **P R O L O G O**

La transmisión directa de televisión desde un satélite hasta un televisor doméstico realmente puede ser considerada como la última palabra tecnológica en la materia, pues es la manera más, adelantada de lograr el objetivo propuesto. Otros métodos entregar señales, como las transmisiones terrestres por aire o por cable tienen un lugar especial, y seguirán teniéndolo si aprenden a cultivar sus características particulares, pero nunca pasarán de ser más que tecnologías provisionales, ya que dejan tantos hogares con poco o ningún servicio.

La comunicación por satélite moderna ha sido posible gracias a una combinación de la ciencia y pericia de la tecnología espacial, con aquellas de la microelectrónica. Cada año se ponen en órbita satélites, cada vez más grandes y complejos, a un costo cada vez menor. Así, la evolución de los satélites demuestra perfectamente cómo va desapareciendo la frontera entre las comunicaciones y la computación. La comunicación por satélite, es uno de los negocios que más rápido crece en la década de 1980 - 1990.

La mayoría de los satélites de comunicación son colocados en el "cinturón de Clarke", o sea en el arco "geosincrónico" situado a (una altura sobre el nivel del mar) 35.812 km. ( 22.247 millas ) sobre el ecuador.

Las comunicaciones por satélites han alcanzado en la actualidad una etapa muy interesante en su desarrollo. Tradicionalmente, los satélites han sido utilizados para brindar el servicio de telecomunicaciones internacionales transoceánicas a través de enormes antenas de entrada, conectadas a las redes nacionales de comunicaciones.

# **I N T R O D U C C I O N**

## **Historia de las Comunicaciones Por Vía Satélite**

A fines de los años 40 e inicio de los años 50 se inician las primeras comunicaciones utilizando la luna como medio para reflejar señales electromagnéticas.

En Julio de 1954 el primer mensaje de voz fue transmitido por la marina de los Estados Unidos de Norteamérica.

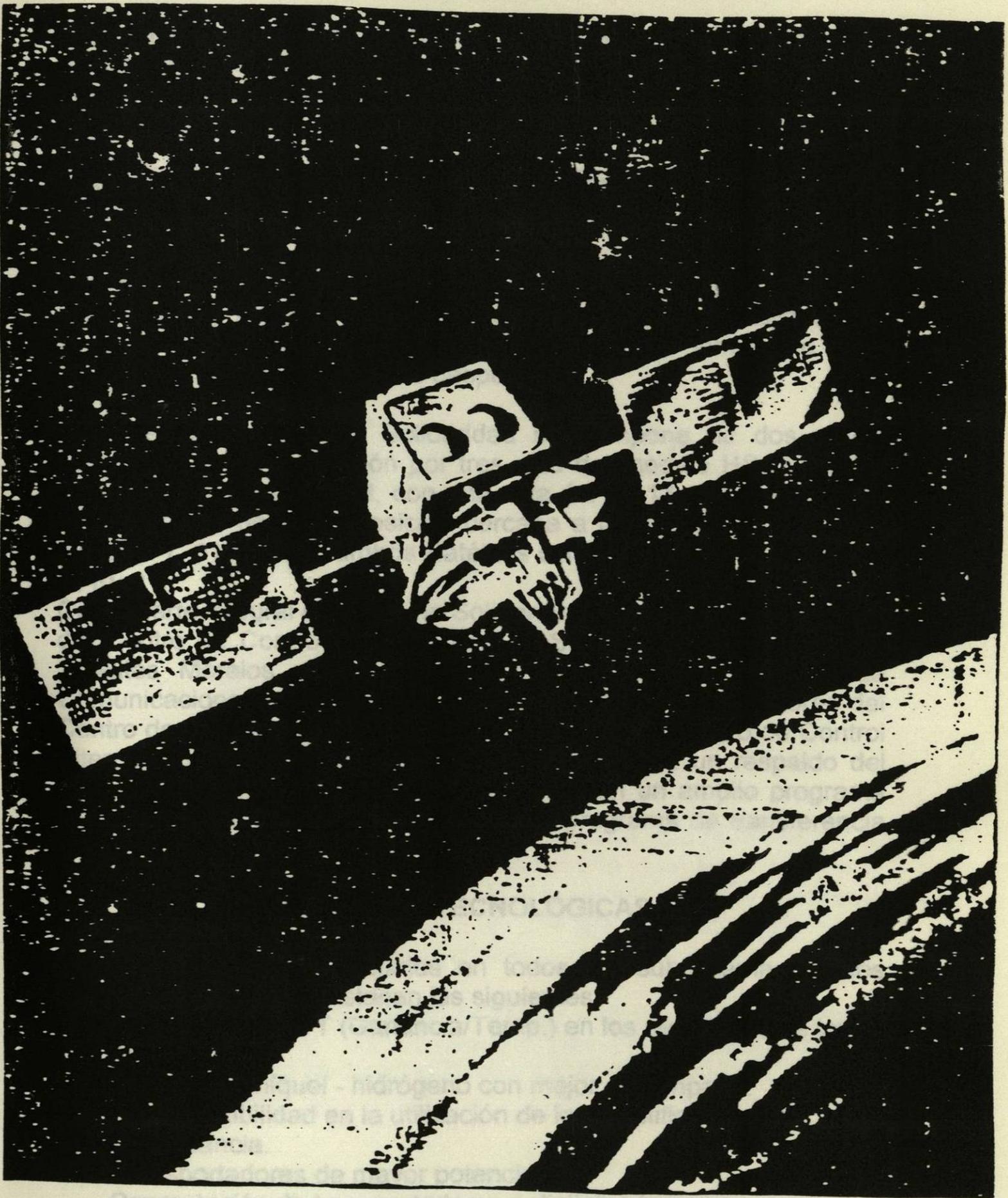
En el año de 1956 se estableció un servicio de comunicación por medio de reflexión de la señal transmitida en la luna, entre Washington y Hawai; opero este sistema hasta 1962, y la potencia utilizada por el transmisor fue de 100 Kw a una frecuencia de 430 Mhz.

Se realizaron experimentos con un globo metalizado lanzado al espacio exterior como reflector de ondas electromagnéticas y al paso del tiempo se fueron diseñando nuevos satélites.

## **SISTEMAS DE SATÉLITES SOLIDARIDAD**

Teniendo en consideración la necesaria integración Latinoamericana, congruente con la voluntad política del grupo de río, expresada a través de los mandatos respectivos, México ratifico su ofrecimiento de coadyuvar a la satisfacción en corto plazo, de las necesidades de telecomunicaciones de los países latinoamericanos, asignado parte de la capacidad de su segunda generación de satélites para cubrir gran parte del continente Americano y el Caribe.

La prestación de los servicios a través de los satélites Solidaridad, se dará, como ya se menciona, en un marco de competencia, por lo que una premisa para el suministro de los mismos a través de solidaridad, es que fuese tecnológica y tarifariamente competitivo, en relación a otros que concurren en la región.



- Conmutación de transpondedores a diferentes haces.

Las funciones de la segunda generación de Satélites Mexicanos denominados "Solidaridad", consisten en reemplazar al Satélite Morelos I y aumentar la capacidad de servicios del sistema de Satélites nacionales.

## **SISTEMA MEXICANO DE SATÉLITES SOLIDARIDAD.**

Previo concurso internacional, se otorgó la construcción de los dos satélites Solidaridad a la compañía Hughes Communications Internacional, de los Estados Unidos de América, y su lanzamiento a la empresa Europea Arianespace. El primero fue lanzado a fines 1993 y el segundo, tres meses después.

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, con una vida útil de 14 años; el Satélite Solidaridad 1, ocupa la posición cercana a la que fue utilizada por Morelos 1, 113.0° W, ambos Satélites 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 Alternativo, 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.

### **VENTAJAS TECNOLÓGICAS.**

Entre las mejoras incluidas en todos los subsistemas de los satélites Solidaridad, destacan las siguientes:

- Mejor relación G/T (Ganancia/Temp.) en los receptores de los Satélites.
- Baterías de níquel - hidrógeno con mejor desempeño.
- Mayor flexibilidad en la utilización de los amplificadores de redundancia.
- Transportadores de mayor potencia.
- Conmutación de transportadores a distintos haces.

- Menor sensibilidad a los efectos de intermodulación.
- Periodo de vida útil estimado en 14 años.
- Ampliación de los servicios de telecomunicaciones tanto en forma analógica como digital en los siguientes rubros (títulos):

\* **Conducción de señales de televisión para:**

- Redes de televisión.
- Enlaces punto a punto.
- Teleeducación.
- Teleconferencia.

\* **Conducción de señales de teleaudición para:**

- Redes de radio.
- Enlaces punto a punto.

\* **Conducción de señales de voz para:**

- Telefonía troncal.
- Circuitos punto a punto.
- Telefonía rural.

\* **Conducción de distribución de datos para:**

- Difusión unidireccional de información.
- Punto - Multipunto.

### **Huellas de Cobertura.**

Las huellas fueron obtenidas de la cobertura que proporciona un transpondedor del Satélite, elegido como una muestra típica de la banda en que funciona; por lo tanto los valores de Pire (Potencia Isotópica Radiada Efectiva) y G/T(Ganancia/Temp.) son correspondientes al transpondedor seleccionado.

Los valores de los parámetros indicados son preliminares y están sujetos a cambio; se muestran los correspondientes a transpondedores de las bandas C, Ku, y L de cada Satélite, además de su polarización.

Los objetivos básicos de los Satélites Solidaridad se subdivide de acuerdo con las bandas que emplearán, en la forma siguiente:

## **BANDA C**

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

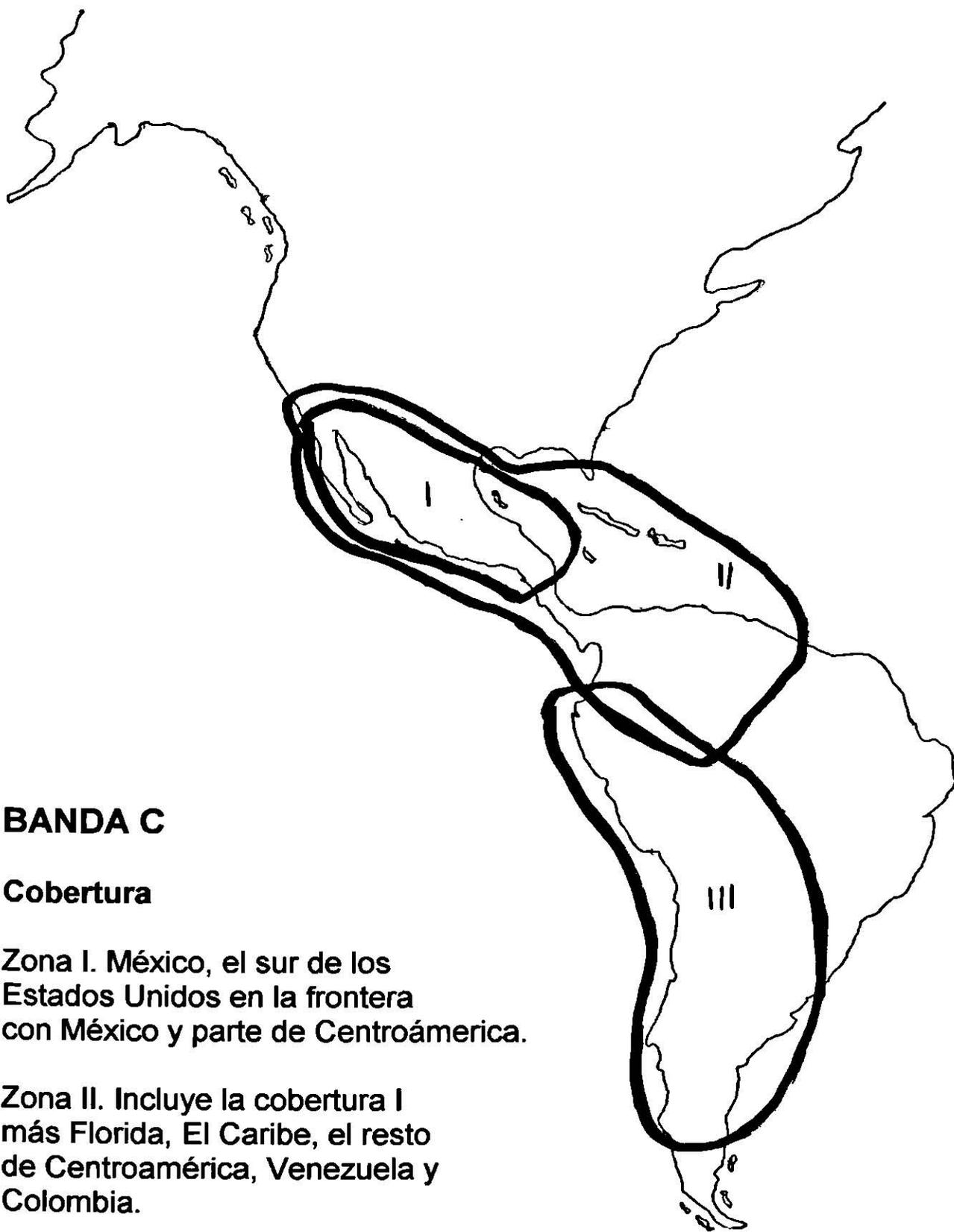
### **VENTAJAS**

- Ampliar la cobertura geográfica a los países del Caribe, Centroamérica y, en Sudamérica, Colombia, Ecuador, Bolivia, Paraguay, Perú, Uruguay, Chile y Venezuela.
- Radiar la menor potencia al mar.
- Mejoramiento de las características de transmisión dentro del territorio mexicano, aumentando la potencia de los transpondedores.
- Aumentar proporcionalmente el número de transportadores de 36 Mhz, con respecto a los 72 Mhz, para mejorar las condiciones de operación de los canales de televisión.
- Contar con flexibilidad en la asignación de capacidad entre los distintos haces, de tal forma que facilite la interconexión de canales entre ellos y así transferirlos de un haz a otro.
- Reducción del diámetro de las antenas.

## **CARACTERÍSTICAS**

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 transportadores 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.

## HUELLAS DE LA BANDA C



### **BANDA C**

#### **Cobertura**

Zona I. México, el sur de los Estados Unidos en la frontera con México y parte de Centroamérica.

Zona II. Incluye la cobertura I más Florida, El Caribe, el resto de Centroamérica, Venezuela y Colombia.

Zona III. El resto de Sudamérica y parte de Brasil.

## **BANDA Ku**

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/Potencial.

### **VENTAJAS**

- Ampliar la cobertura geográfica para incluir, además del territorio de México las ciudades norteamericanas de Chicago, Dallas, Los Ángeles, Houston, Miami, Nueva York, San Francisco, Tampa, Washington y Atlanta en territorio estadounidense.
- Radiar la menor potencia al mar.
- Reutilizar frecuencias mediante polarización cruzada.
- Incrementar en 6 dB la intensidad de potencia por ancho de banda unitario, lo que permite:
  - \* Aumentar la disponibilidad de los enlaces.
  - \* Reducir el diámetro de las antenas de las estaciones terrenas.
  - \* Aumenta la capacidad de información binaria por unidad de ancho de banda.
- Mejorar la distribución de potencia dentro del territorio de México y con ello la comunicación en las zonas más lluviosas del país.
- Contar con suficiente flexibilidad para realizar interconexión entre haces.
- Reducir el ancho de banda de los transpondedores a la mitad para mejorar la calidad de transmisión de los enlaces.

## **CARACTERÍSTICAS**

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. Ha sido completamente rediseñada, teniendo un total de 16 transportadores de 54 Mhz, ocho de los cuales reciben en polarización Vertical y los ocho restantes reciben en polarización Horizontal, y cuenta con 4 amplificadores TWT (Tubo de ondas progresivas) de respaldo.

- Todos los transportadores tienen la capacidad de recibir y transmitir en la región R4.
- Los transportadores 5K, 6K y 9K cuentan con linealizador que mejora el desempeño de los canales con multiportadoras.

## HUELLAS DE LA BANDA KU



### **Banda Ku**

#### **Cobertura**

**Zona I . México y la parte sur de los Estados Unidos.**

**Zona II . San Francisco y el área de la bahía.**

**Zona III . Houston, Dallas.**

**Zona IV . Chicago, Nueva York y otras de las principales ciudades del este de los Estados Unidos.**

**Zona V . Toronto, en Canadá.**

## **BANDA L**

La Banda L es la tercera 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.

### **VENTAJAS**

- Establecer servicios móviles por satélite en una banda exclusiva para ese fin.

(La Banda L permite enlaces de comunicación entre unidades móviles de transporte terrestre, marítimo, ferroviario y aéreo y sus respectivas bases. Es una excelente alternativa para servicios de telefonía y seguridad pública).

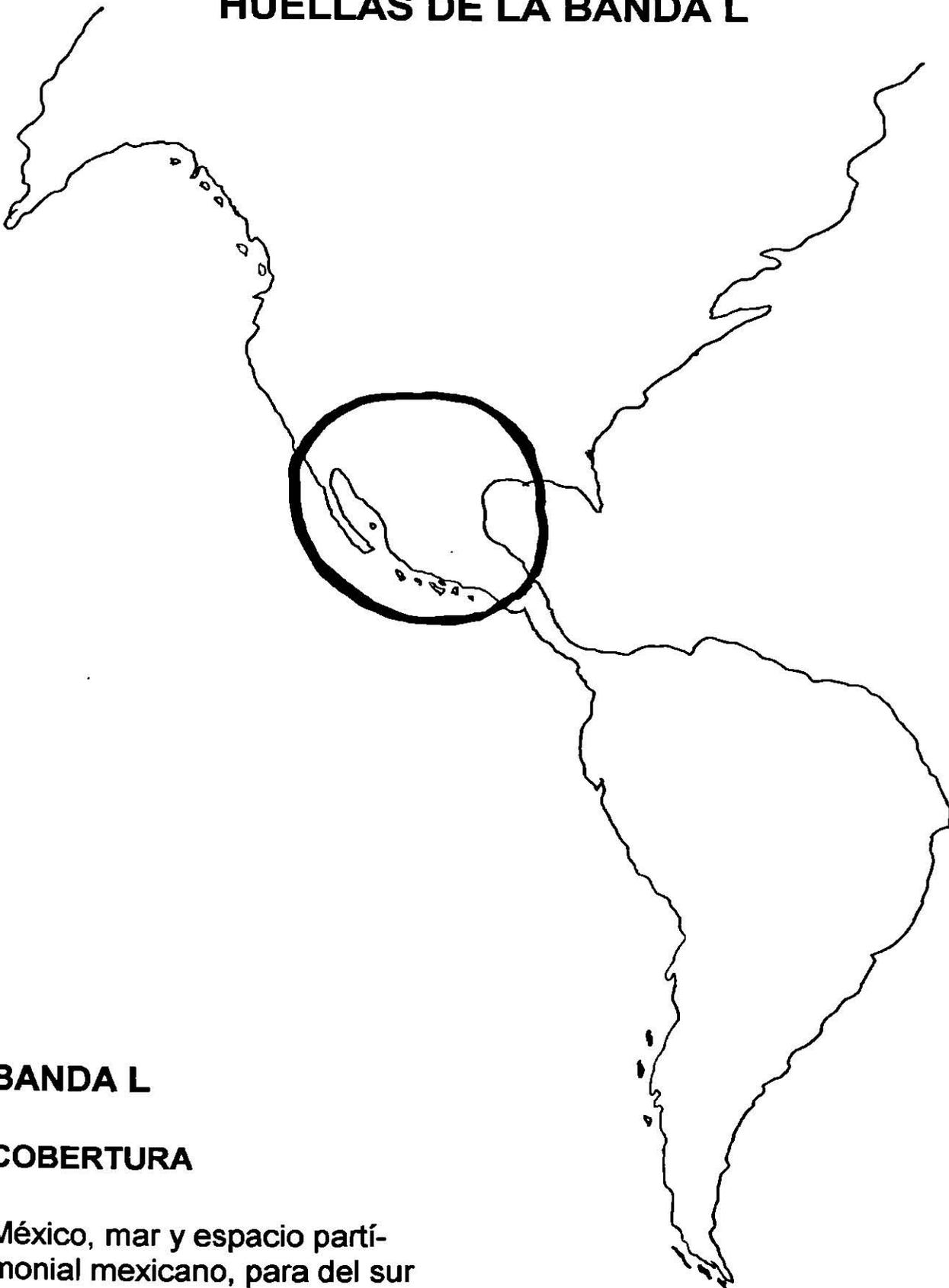
- Cubrir el territorio nacional, el mar patrimonial y las zonas que lo rodean.

(Debido a que este sistema de comunicación utiliza equipo transreceptor de tamaño compacto y antenas pequeñas, y a que no requiere de grandes cantidades de energía, puede instalarse en lugares de difícil acceso o que carezcan de infraestructura).

### **CARACTERÍSTICAS**

El rango de frecuencia de la Banda L, asignada para los servicios móviles, es de 1525.0 a 1559.0 Mhz para el segmento Espacio-Tierra y de 1626.5 a 1660.5 Mhz para Tierra-Espacio.

## HUELLAS DE LA BANDA L

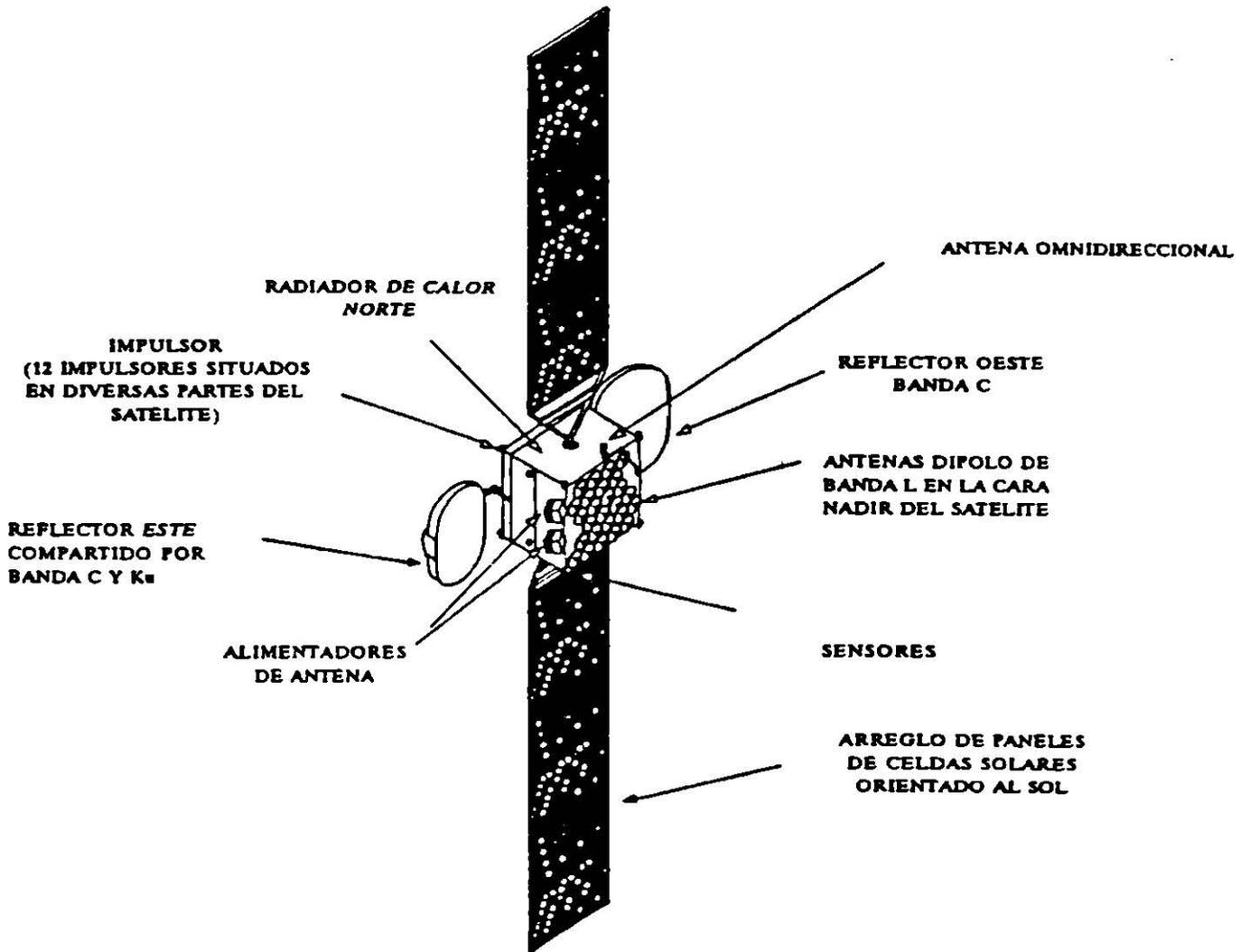


**BANDA L**

**COBERTURA**

México, mar y espacio partí-  
monial mexicano, para del sur  
de los Estados Unidos, norte de  
Centroamérica.

# SOLIDARIDAD HS-601



## **CENTRO DE CONTROL DE LOS SATÉLITES**

Los Satélites están sujetos a fuerzas gravitacionales, principalmente de la tierra, de la luna y del sol, así como las de tipo electromagnético que influyen sobre su posición.

El satélite, que debe permanecer en su posición nominal dentro de un rango de  $\pm 0.10$ , está provisto con equipos de teledetección para identificar la dirección donde se encuentra la tierra y el sol; ello le permite disponer de la información de referencia necesaria para su orientación y así mantener la posición dentro del rango especificando. Cuenta además con un sistema de propulsión, cuyo impulsores axiliares y radiales trabajan con hidrozina, un combustible especial. En cada maniobra para corregir la posición se consume una pequeña cantidad de combustible; al agotarse éste, se carece de medios para corregir la posición del satélite, con lo que termina su vida útil.

El centro de control de la tierra, instalado en el Conjunto Telecomunicaciones (Contel) y ubicado en la ciudad de México, D.F., cuenta con los componentes necesarios para el adecuado control de los satélites mexicanos Morelos y Solidaridad: antena de seguimiento completo en azimuth y elevación; dos antenas para comunicaciones de forma parabólica de 11 metros de diámetro; equipos de radiofrecuencia y banda base; equipo de telemetría y comando; consola de control de operaciones y monitores; equipo de cómputo y sección de análisis de dinámica órbita, entre otros.

En este centro se realizan las funciones de seguimiento, telemetría y control que apoyan la misión del lanzamiento.

Entre las principales operaciones racionales que llevan a cabo el centro están las de medición de la altitud de los satélites, determinación de su posición; análisis y cálculo de parámetros orbitales; envío de señales de comando de control; recepción de información relativa al monitoreo de las condiciones de funcionamiento de los satélites; así como el registro de la información de pantallas, papel, discos y cintas magnéticas, para uso inmediato y de archivo.

Es importante señalar que la operación y mantenimiento del centro de control de los satélites está a cargo de ingenieros y técnicos

mexicanos, cuya especialización y alto grado de eficiencia garantizan la continuidad de los servicios y calidad de acuerdo a estándares internacionales.

## **ENTRENAMIENTOS DE PERSONAL**

Con objeto de que personal mexicano se haga cargo también del control, monitores, operación y mantenimiento de los satélites del Sistema Solidaridad, se contrató con Hughes Aircraft Co., la capacitación y entrenamiento de profesionales, principalmente técnicos e ingenieros especializados en comunicaciones, seleccionados con base en sus conocimientos y experiencia.

Con el propósito de garantizar que el equipo de tierra esté siempre en las mejores condiciones de operaciones para controlar efectivamente los satélites, se adiestrará a este grupo de técnicos e ingenieros en las áreas de reparación y mantenimiento, lo que permitirá evitar retrasos y problemas provocados por la reparación del equipo en otros países.

Además, este grupo, terminada la asistencia de la compañía fabricante de los satélites y adquirida la experiencia necesaria, se responsabilizará de la capacitación y especialización del personal adicional requerido. A esta capacitación se suma la denominada "entrenamiento en el trabajo", en la cual el personal colabora directamente en las actividades que esté realizando la Hughes.

Telecomm está preparando los recursos humanos necesarios para atender la administración de los servicios, lo que incluye programación y asignación de transpondedores, administración del segmento terrestre, así como aspectos técnico-operativos relacionados con el sistema satelital.

## **ESTRUCTURA BÁSICA DE LAS NAVES ESPACIALES.**

**Los paneles solares.-** Los arreglos de los paneles solares están localizados en el lado norte y sur del cuerpo del satélite y están compuestos de tres paneles solares ( 2.16 x 2.54 m ) cada uno.

El arreglo de paneles solares en total contiene 56 circuitos de celdas solares de silicón K4-  $\frac{3}{4}$ , produciendo aproximadamente 4 Kw de potencia para alimentar los diferentes subsistemas 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 lejanas del cuerpo del satélite con respecto a la tierra (el cenit 0-Z) construidas a base de celdas de Niquel-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 disipadores a base de espejos, los cuales proveen el control térmico para las baterías independientemente del sistema de control de temperatura.

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.

**Sistemas de Antena.-** El sistema de antena lo conforman dos reflectores, los cuales usan dos superficies de reflectores interceptadas que permiten el aislamiento de las polarizaciones utilizadas sin afectar su rendimiento, montados 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 sensor 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 balacines mantiene siempre en posición horizontal a la rueda de momento cuya función es la asegurar el control positivo de los ejes Pitch, Roll y Yaw.

**Procesador a Bordo (SPC).**- Dentro del Control de Actitud (ACS), el Procesador a Bordo es el elemento más importante al proporcionar los recursos del procesamiento de Software y Hardware para realizar las funciones autónomas del control del satélite. Las principales funciones de procesamiento están integradas en éste procesador.

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 ASC, utiliza los datos para determinar fallas y errores en el equipo, emplea criterio de verificación límite y algoritmos de detección de error de propósitos especiales de protección.

El propósito de la protección de error es detectar y corregir errores en el Satélite. La primera prioridad es mantener el servicio, si esto no es posible, la segunda prioridad es el apuntamiento a la tierra. La tercera es el adquirir un estado satisfactorio, si ninguna de las anteriores es posible.

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

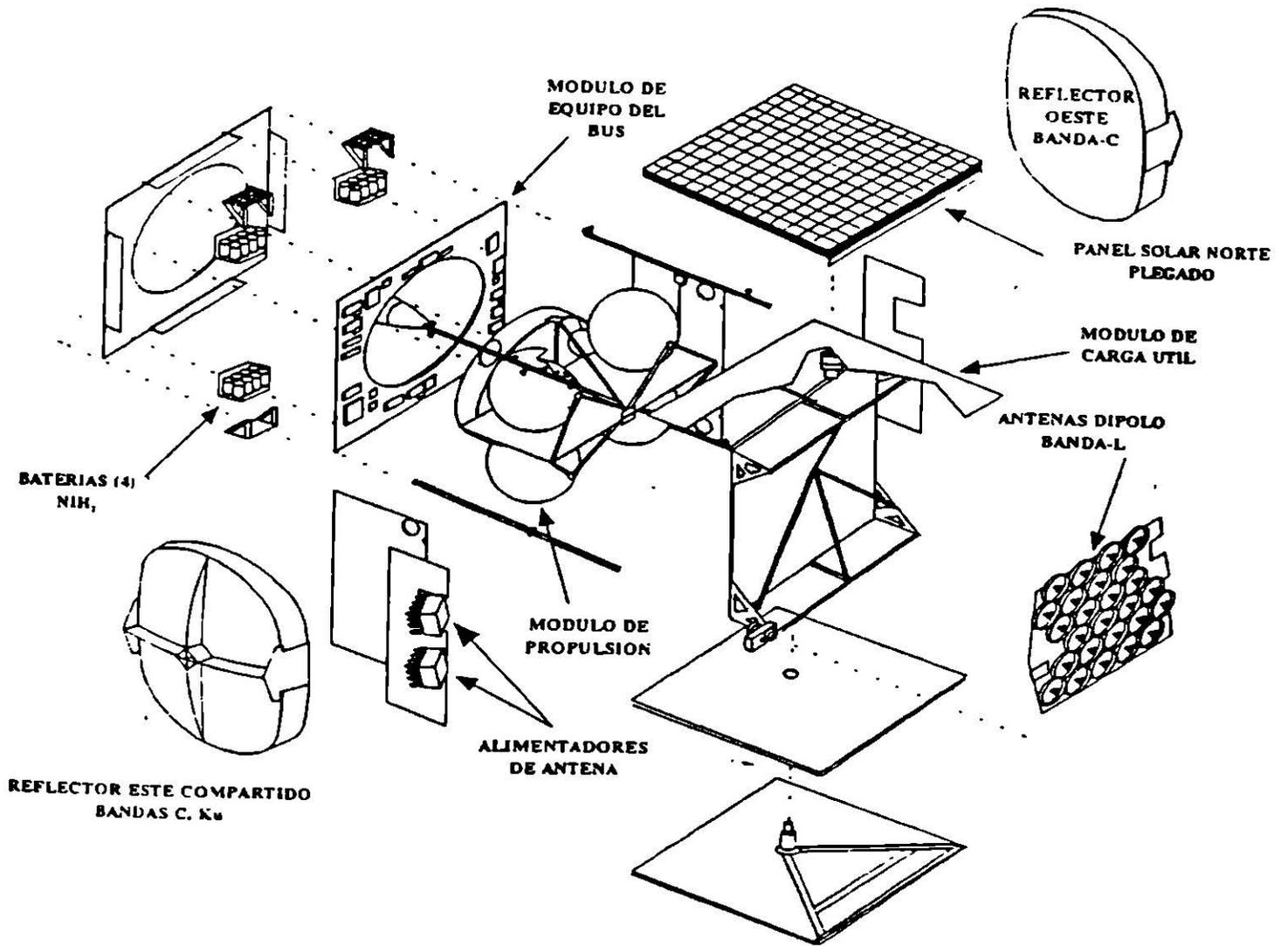
Primero, responde a la protección de error sin usar los impulsores.

Segundo, cualquier secuencia de recuperación inteligente de tierra requerida, será iniciada en no más de una hora y adquirir un modo de seguridad es no más de dos horas.

**Torqué 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 Torqué magnético.

El Torqué magnético se produce mediante una bobina de alambre colocado 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 torqué 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 Torqué magnético puede funcionar esencialmente como un elemento disipado extendiendo grandemente el tiempo en que se requiera el encendido de los impulsores.

# SOLIDARIDAD HS-601 CONCEPTO MODULAR





## **LANZAMIENTO DE LOS SATÉLITES SOLIDARIDAD**

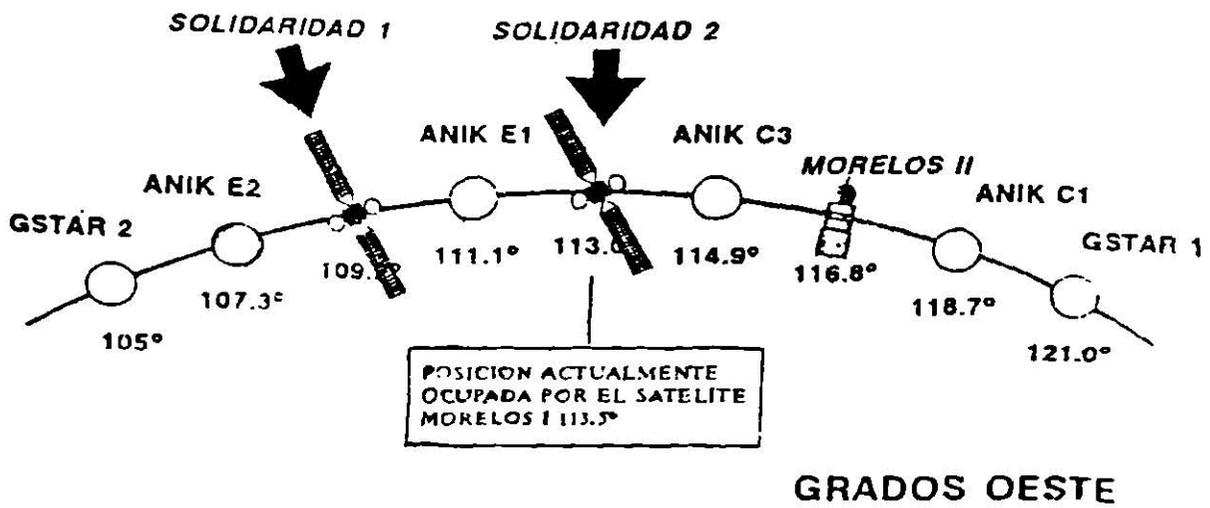
Arianespace, la empresa que colocará en órbita los satélites Solidaridad, es una corporación multinacional fundada en 1980 que aglutina la capacidad científica, tecnológica y financiera de 50 empresas de Alemania, Francia, Gran Bretaña, Bélgica, Suiza, Italia, Irlanda, los países Bajos, Dinamarca y España.

Para colocar los satélites Solidaridad en su órbita geoestacionaria se utilizará un lanzador de la familia Ariane 4, que garantiza las condiciones tecnoeconómicas óptimas para este tipo de satélites y la máxima precisión en el lanzamiento.

**LANZAMIENTO.**- Entre las ventajas más importantes que ofrece Arianespace se encuentra la ubicación de la base de lanzamiento en la Guyana Francesa, a 5° de latitud norte del ecuador; ello permite disminuir el combustible del lanzador y aumentar el destinado a corregir la posición orbital del satélite y, así, ampliar en dos años su vida útil, con el consecuente ahorro de recursos económicos. La ubicación de la base, alejada de la zona donde se producen tormentas tropicales, huracanes o sismos, garantiza que se cumplan las fechas programadas de los lanzamientos. Además, desde 1986, Arianespace cuenta con una segunda instalación que permite no sólo sustituir a la primera en casos de avería, sino acortar en cuatro semanas el tiempo entre dos lanzamientos sucesivos. Los períodos acordados para efectuar los lanzamientos son:

- Solidaridad I, entre octubre y diciembre de 1993 hasta 2007.
- Solidaridad II, entre enero y marzo de 1994 hasta 2008.

## POSICION Y COLINDANCIA DE LOS SATELITES MEXICANOS



## **DESCRIPCIÓN DEL RESUMEN QUE SE ELABORO DEL PROYECTO SOLIDARIDAD**

El Sistema de Satélite Solidaridad, consta de dos Satélites del Modelo HS-601 construidos por la compañía Hughes Aircraft, del tipo de estabilización Triaxial, cada uno con un peso aproximado de 2.772 Kg, con una vida útil de por lo menos 14 años.

El primero de ellos se lanzó el 28 de Noviembre del 1993, en tanto que solidaridad II se lanzó en Marzo de 1994, ocupando, Solidaridad y la posición orbital 113°W, en sustitución del Morelos 1 y una nueva posición en 109.2°W para Solidaridad II.

La cobertura de cada uno de los Satélites Solidaridad será domestica y regional, estructurada en 6 regiones, las cuales se describen a continuación en base a los enlaces satélite a tierra:

\* La Región I está conformada por el territorio Mexicano, la parte Sur de los Estados Unidos y Centroamérica, con 4 Transportadores de 36 Mhz y 6 Transportadores de 72 Mhz, en la banda C, con potencias de 37.5 y 40.5 dBW respectivamente.

\* La Región II, abarca el territorio Mexicano, la parte Sur de los Estados Unidos y parte de la Florida, Centroamérica y el Caribe, Colombia y Venezuela, con 4 transportadores de 36 Mhz en la Banda C y Potencia de 37 dBW. Estos 4 transportadores serán orientables para operar únicamente en la Región I, si la demanda así lo justifica.

\* La Región III, tiene cobertura para Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Argentina, Chile y el oeste de Brasil, con 4 transportadores de 36 Mhz en la Banda C y Potencia de 37 dBW, al igual que la región II, estos 4 transportadores son orientables para operar con la región I, si la demanda así lo justifica.

\* La Región IV, con 14 transportadores de 54 Mhz, en la banda Ku y potencia de 47 dBW, cubre el territorio Mexicano, la parte Sur de los Estados Unidos y la mitad de Centroamérica, uno de estos 14 transportadores, estará destinado a la comunicación fija de Satélite a tierra para las comunicaciones móviles en la Banda L.

\* La Región V, cuenta con 2 transportadores de 54 Mhz y potencia de 47 dBW en la banda Ku, orientados al norte de América, un transportador cubrirá San Francisco y el área de la Bahía, el otro transportador cubrirá las principales ciudades del este de los Estados Unidos, tales como: Chicago, Nueva York, Washington, D.C, Miami, Dallas, Houston y San Antonio, así como Toronto, Canadá.

\* La Región VI, que corresponde a la banda L, con una potencia de 45 Dbw, abarca el territorio Mexicano y su Mar Patrimonial, La parte sur de los Estados Unidos y parte de Centrámerica, con un transportador cada Satélite, que hacen un total de 32 Mhz utiles.

En Forma muy breve se explica la conectividad entre Regiones, lo que es importante para los casos en que se requiere de una comunicación bidireccional.

### **BANDA C:**

De región 1 se emite a la región 1  
De región 2 se emite a la región 2  
De región 2 se emite a la región 3  
De región 3 se emite a la región 3  
De región 3 se emite a la región 2

### **BANDA Ku:**

TXDR 8 regiones 4 a región 4 ó de región 5 a región 4 esté TXDR no se recibe el la región 5.

TXDR 6 de región 5 a región 5 de región 4 a región 5.

### **SERVICIOS:**

Los principales servicios que apoyara el sistema de satélite solidaridad son:

#### **PARA MÉXICO:**

- \* Distribución de radio y televisión.
- \* Telefonía rural.
- \* Redes de voz y datos.
- \* Redes troncales de telefonía pública.

- \* Redes digitales publicas.
- \* Comunicaciones movibles de voz y datos (región 6).

### **PARA LA REGIÓN:**

- \* Distribución de radio y televisión.
- \* redes de voz y datos.

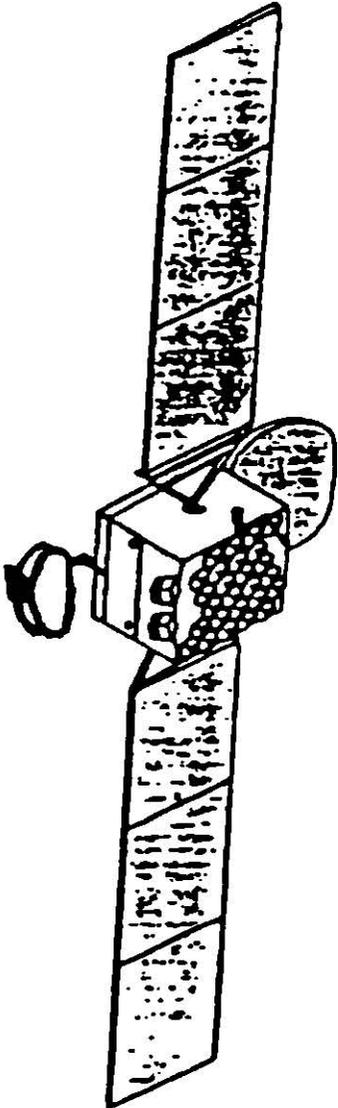
### **BENEFICIOS PARA AMERICA:**

- 1.- Disponibilidad de Canales para comunicaciones domesticas por Satélite.
- 2.- Posibilidad de comunicaciones directa entre paises para señales de telefonía y datos de redes privadas, sin que esten supeditadas a antenas de gran tamaño.
- 3.- Intercambio regional de programas de radio y televisión.

### **En Resumen.**

Se puede decir que el **Sistema Solidaridad** deberá cumplir en el tiempo con el compromiso de mantener la continuidad del servicio del Satélite Morelos I y proporcionará a los usuarios los beneficios tecnológicos que es posible introducir en el Sistema de Satélites Nacionales.

# CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SATELITES



## **SOLIDARIDAD**

**HS - 601**

**TRIAXIAL**

**2773.23 Kgs.**

**1280.4 Kgs.**

**1492.8 (383.83) Kgs.**

**3370 Watts**

**14 Años**

**6.67 mts. Antena-Antena**

**21 mts. Paneles desplegados**

## **RESCATE DE SATÉLITES**

Considérese que por alguna razón el satélite no hubiese podido llegar a su posición final. ¿Sería posible aprovecharlo aún en esas condiciones, o al menos rescatarlo? La respuesta es afirmativa, los satélites sí se pueden rescatar, pero salvo pocas excepciones hay que traerlos de regreso hasta la superficie de la Tierra, para revisarlos y volver a intentar llevarlos hasta la órbita geostacionaria, acoplándoles motores nuevos de propulsión propia.

Sin embargo, es preciso recordar que los orbitadores vuelan en órbita circular baja a unos trescientos kilómetros de altura sobre el nivel del mar. ¿Cómo es posible entonces rescatar satélites que se encuentran a la deriva a miles de kilómetros de distancia?. Los propulsores de este subsistema consume combustible cada vez que deben ser activados, el satélite lleva en su interior tanques con combustibles almacenado para todas estas maniobras que se realizarán a través de varios años.

## **EL SATÉLITE Y SU NUEVO HOGAR.**

El Satélite ha llegado a su posición final en el Cinturón de Claree, autorizada a su propietario con años de anticipación por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sin embargo, no es el primero en llegar ahí, hay muchos otros satélites en el mismo cinturón, algunos jóvenes y otros viejos, de configuraciones, tamaños y aplicaciones distintas, muchos de ellos reciben y transmiten señales en las mismas frecuencias que el satélite recién llegado también usará durante su funcionamiento, por muchos años. Afortunadamente, aunque todos los vecinos, no se encuentran colocados en el mismo punto, de hecho están separados entre sí por dos o tres grados de arco, equivalente a 1500 y 2200 kilómetros respectivamente, con lo cual se garantiza que no existe ningún riesgo de interferencia radioeléctrica entre ellos. Además, una posición en longitud de cada uno depende de la zona geográfica que se encargue de intercomunicar.

Regresando al satélite recién llegado, éste no debe causar problemas de interferencia ni degradaciones en la calidad de las señales recibidas o transmitidas por él, y por lo tanto no deben permanecer ahí lo más "fijo" que se pueda. Es decir, aun cuando se esté moviendo a gran velocidad alrededor de la Tierra para mantener su posición geoestacionaria, no debe desviarse de su trayectoria y tampoco debe cambiar la orientación de su cuerpo con respecto a la superficie terrestre.

Sin embargo, el satélite no puede cumplir del todo con los requisitos anteriores, ya que varias fuerzas se encargan de dificultarle su tarea, empujándolo o tirando de él de un lado a otro, de tal forma que se le puede imaginar, aunque sea en forma exagerada, como una botella que flota sobre las olas del mar cambiando su orientación y posición constantemente. Necesita ayuda para resolver todos estos contratiempos, y tener asimismo cierta flexibilidad de movimiento limitado, nunca se le puede decir "no te muevas ya", como parte de magia, pues las fuerzas externas se encargarán de volver a moverlo. A través del subsistema de propulsión del satélite, es posible ayudarlo a corregir su orientación y posición, enviándole comandos a control remoto en forma periódica.

## **LAS FUERZAS PERTURBADORAS**

¿Cuáles son las fuerzas que causan tantos problemas para conservar al satélite fijo en su posición geoestacionaria? La fuerza que más le afecta es el campo gravitacional de la Tierra. Este campo no es esféricamente uniforme, pues la distribución de la masa del planeta no es esféricamente uniforme pues la distribución de la masa del planeta no es homogénea. Es decir, si se imaginase a una gran esfera en cuyo centro esté en el centro de la Tierra, y si pudiese medirse de alguna forma la intensidad del campo gravitacional en todos los puntos de la superficie de esa gran esfera imaginaria envolvente, no se obtendría el mismo valor en todos los puntos, o sea, que punto en el sur del océano Pacífico que sobre un punto en el continente africano, aun cuando ambos puntos de medición estén a la misma altura sobre el nivel del mar. Más aún, la Tierra no es una esfera perfecta, sino que está achatada en sus polos, y el círculo ecuatorial no es en realidad un círculo, sino una elipse, aunque de muy excentricidad, el eje mayor de ésta es 150 metros más largo que el eje menor.

Para que se tuviera una uniformidad esférica del campo gravitacional de la Tierra, en primer lugar ésta debería de ser una esfera perfecta, y además su masa tendría que estar mezclado homogéneamente, ambas cosas son, por supuesto imposibles, dada la manera en que se formó y a que gira sobre su propio eje.

La no uniformidad del campo gravitacional de la Tierra, combinada con el hecho que la estructura del satélite tampoco tiene una masa homogénea, puesto que son componentes están fabricadas con una diversidad de materiales, produce un par un par gravitacional. Este par o fuerza hace que el satélite gire alrededor de su centro de masa y que su velocidad y aceleración provoca a su vez que el satélite cambie de posición en longitud, es decir, que se mueva a la derecha o a la izquierda (oeste o este) sobre el arco geostacionario, dentro de la caja imaginaria.

El campo gravitacional de la Tierra es la fuerza de mayor influencia sobre la posición y orientación del satélite, debido al gran tamaño que tiene el planeta y a la relativa cercanía del satélite del mismo, pero la Luna también ejerce una ligera fuerza gravitacional perturbadora. Sin embargo, como está última es mucho más pequeña que la Tierra y además se encuentra diez veces más lejos del satélite que esté de la superficie del planeta, su efecto comparativo es mínimo, al igual que en el caso de la fuerza gravitacional perturbadora del sol. De cualquier manera, la combinación de estas fuerzas produce un movimiento del satélite perpendicular al plano ecuatorial, es decir, hacia arriba o hacia abajo (norte o sur) dentro de la caja imaginaria, esto origina una inclinación de su plano orbital de operación con respecto al plano ecuatorial en el que idóneamente debería permanecer. Tal inclinación indeseable entre ambos planos es del orden de  $1^\circ$  por año, medido hacia el plano de la elíptica, un 30% de esta inclinación se debe al efecto del sol y un 70% al de la Luna. Dicha atracción combinada de la Luna y del Sol produce además una pequeña variación en la posición longitudinal del satélite, aunque no es tan importante como la causada por el campo gravitacional de la Tierra.

Otra fuerza que también produce cambios en la posición y orientación del satélite es la posición de la radiación solar sobre la superficie de su estructura. Esta fuerza acelera al satélite, y su efecto es mayor en satélites que tienen sus arreglos solares montados sobre paneles desplegados o extensibles que sobre satélites de configuración cilíndrica, puesto que en el primer caso la superficie total expuesta a la presión de la radioación solar es mucho

mayor; el principal efecto de esta fuerza es cambiar la excentricidades la órbita del satélite, y como la resultante no incida precisamente sobre su centro de masa, al mismo tiempo se produce un giro, que cambia su orientación con respecto a la superficie del planeta.

El Campo magnético de la Tierra también produce un par o fuerza perturbadora sobre el satélite, pero en realidad su efecto es despreciable en compensación con los de la fuerza comentadas anteriormente. Existen, además otras cuyas aparición y efecto son impredecibles, producidas por el impacto de meteoritos. Cuando hay una colisión de un meteorito con el satélite, el primero le transmite un momento al segundo, que modifica ligeramente su posición y orientación.

Por otra parte, la posición y orientación del satélite no son modificadas solamente por las fuerzas externas que se han mencionado, sino que el propio satélite también genera otras fuerzas perturbadoras. El simple hecho de que haya movimiento en sus antenas, sus arreglos solares o el combustible que quede dentro de sus tanques de almacenamiento, produce pares o fuerzas que afectan al satélite. Contiene apuntar que conforme los tanques de combustible se van vaciando, el centro de masa del satélite cambia, por lo tanto, cuando se activa el subsistema de propulsión para corregir errores en orientación y posición, el empuje resultante no se aplica precisamente sobre el centro de masa; esto produce pares o fuerzas igualmente perturbadoras durante la realización de las correcciones.

Por último, la misma radiación radioelétrica de las antenas del satélite produce una presión, cuyo efecto es importante cuando la potencia de transmisión del satélite es alta y está concentrada en un haz de iluminación muy angosto. Esta fuerza origina un giro del satélite, y para reducir al máximo su efecto sobre él, se debe diseñar con antenas colocadas simétricamente con respecto a su centro de masa, o bien, el eje de radiación principal de la antena debe contener dicho centro de masa.

Como puede verse, el nuevo hogar del satélite es muy inestable, y por ello su subsistema de propulsión es sumamente importante para poder mantenerlo dentro de la habitación que le corresponde en el espacio, es decir, dentro de su caja imaginaria. Sin embargo,

hasta ahora sólo se ha hablado de los efectos perturbadores mecánicos o de movimiento sobre el satélite.

## **LA TEMPERATURA DEL SATÉLITE**

El Satélite está integrado por gran número de elementos, todos ellos fabricados con distintos materiales y diseñados para realizar funciones diversas. Por ejemplo, las celdas solares trabajan con mayor eficiencia entre  $-100^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ , las baterías solamente entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$ , y los tanques de combustible deben estar entre  $10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ ; el equipo electrónico y los sensores infrarrojos, entre otros componentes, también también requieren rangos especificados de temperatura para funcionar bien. Por lo tanto, es preciso garantizar un control térmico eficaz en la estructura del satélite y en cada uno de sus equipos para que no falle. El mecanismo para hacerlo es muy complejo, pues se necesita mantener un balance térmico entre la energía que el satélite recibe por la radiación de fuentes externas y la energía que él mismo disipa internamente. El problema se complica aún más si se considera que la energía de las fuentes externas cambia constantemente conforme el satélite gira alrededor de la Tierra, ya que según la hora del día y época del año de la magnitud de la radiación que recibe del sol y de la Tierra es variable.

La principal fuente de radiación externa es el sol, y aun cuando causa algunos problemas para conservar el balance térmico en el satélite, es obvio que si él no sería posible generar electricidad a través de las celdas solares; por supuesto, sin él tampoco habría vida sobre la superficie de la Tierra y mucho menos satélites artificiales girando alrededor de ella. Por un lado el Sol permite generar electricidad para que el satélite funcione por el otro complica el diseño del mismo. En todo momento el satélite tiene varias de sus partes expuestas a distintas temperaturas, mientras la cara que ésta orientada hacia el sol se caliente mucho, las partes no iluminadas se enfrían. En el interior del satélite, la transferencia de calor se lleva a cabo por conducción, y en el espacio por radiación, puesto que el medio ambiente de casi vacío excluye la posibilidad de que en este último se pueda transferir por convección. En cuanto a la combustión térmica de la Tierra, ésta consiste en radiación infrarroja emitida por ella misma y de la reflexión de los rayos solares sobre su superficie,

denominada albedo; sin embargo, el efecto térmico de su radiación total es despreciable en comparación con el producido por la radiación solar directa.

Por otra parte, cuando ocurre un eclipse, el satélite no solamente se enfría machismo al interponerse la Tierra entre él y el Sol, sino que además no puede transformar energía solar en electricidad; en estas condiciones, necesita obtener su energía de alguna otra fuente para seguir funcionando. Esta fuente de respaldo está constituida por varias baterías que forman parte del satélite, y gracias a ellas el servicio nos e interrumpe durante un eclipse o la noche terrestre.

## **OTROS FACTORES DE PERTURBACIÓN**

Hasta ahora se han visto ya la mayor parte de los factores que alteran el funcionamiento correcto de un satélite geostacionario y que, por consiguiente, exigen en él un buen diseño y una supervisión y control permanentes. A continuación se mencionan algunos otros factores importantes que complican aún más la vida operativa del satélite.

La radiación ultravioleta del Sol causa que los materiales del satélite se ionicen, esto produce un aumento en la conductividad de los aislamientos y cambios en las características de emisión y absorción de calor de los materiales protectores. Además, la misma radiación degrada poco a poco la eficiencia de las celdas solares, que después de varios años de trabajo y de estar expuestas al Sol reducen su eficiencia en un 20 % a 30%.

El medio ambiente de casi vacío ocasiona, por su parte, que los metales y los semiconductores se sublimen y tiendan a evaporarse. La cantidad de masa que pierden depende mucho de la temperatura, pero en realidad estas pérdidas son despreciables siempre y cuando los materiales utilizados para proteger al satélite no sean muy delgados. Hay otros efectos que pueden resultar más dañinos, como es la posibilidad de que se condensen gases en superficie frías y produzcan un corto circuito en materiales aislantes. Como punto a su favor, el medio ambiente de casi vacío tiene la ventaja de que elimina la posibilidad de que haya problemas por corrosión.

Adicionalmente, las partículas cósmicas que inciden sobre el satélite ocasionan que sus plásticos se ionicen y que la eficiencia de sus celdas solares se desgraden aún más; por si fuera poco,

también pueden modificar el acabado de las superficies diseñadas para controlar su balance térmico.

Se menciona que los meteoritos podrían modificar la orientación y posición del satélite, pero además de esto, algunos también pueden perforar partes de su exterior, por la enorme energía que traen consigo a la velocidad que viajan.

Con todo esto se ha descrito someramente el medio ambiente hostil en el que un satélite geoestacionario debe sobrevivir durante varios años.

T  
T  
S  
G  
C