

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES



EL SISTEMA DE SATELITES MEXICANOS
A FINALES DEL MILENIO

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA COMUNICACION

P R E S E N T A
LUZ MARIA CASTILLO SANDOVAL

MEXICO, D. F.

203739

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Con cariño:

Para quienes formaron a los lindos seres
que me dieron la vida, **mis abuelitos**
paternos y maternos.

A mis padres...

Con el amor, respeto y admiración
que a lo largo de la vida han
despertado en mi y por el gran
ejemplo que me han dado.

A mis hermanos...

Quienes me han ayudado, apoyado y
compartido conmigo sus triunfos y
errores que en la vida se les han
presentado, con la esperanza de
seguir como hasta hoy:
"Siempre unidos".

A todas y cada una de las personas que hicieron posible
la realización de éste trabajo con su apoyo, cariño y
comprensión. **Gracias.**

A mi asesora Elvira Hernández Carballido quien
constantemente me motivo hasta llegar a la conclusión
del mismo, compartiendo conmigo sus conocimientos y
experiencia profesional.

INDICE

Pág.

Introducción..... |

Capítulo 1

Antecedentes de los Satélites en México

1.1. La Historia..... 1
1.2. La Sana Competencia..... 7

Capítulo 2

Sistema de Satélites Morelos

2.1. Descripción..... 18
2.2. Subsistemas
2.2.1. Subsistema de comunicaciones..... 21
2.2.2. Subsistema de potencia..... 22
2.2.3. Subsistema de orientación..... 24
2.2.4. Subsistema térmico..... 30
2.2.5. Subsistema de propulsión..... 34
2.2.6. Subsistema de telemetría
comando y rango..... 36

Capítulo 3

Sistema de Satélites Solidaridad

| | |
|--|-----------|
| 3.1. Descripción..... | 39 |
| 3.2. Control y estado de los satélites..... | 50 |
| 3.3. El reemplazo del Morelos II..... | 54 |
| | |
| Conclusiones | 60 |
| | |
| Bibliografía | 65 |

Introducción

En las postrimerías del siglo veinte y en la antesala del siglo XXI se han llevado a cabo algunos estudios entorno a la materia satelital. Algunos se han caracterizado por analizar el contexto económico-político, o analizar la trayectoria de los satélites como lo hace la profesora e investigadora Carmen Gómez Mont en su texto *Desafío de los nuevos medios de comunicación en México*, en el que nos da a conocer de una manera detallada la visión que dentro de estos campos se tiene de los satélites en México.

Igualmente la profesora Delia María Covi Druetta aborda el tema en diversas de sus obras como es por ejemplo su tesis de maestría titulada *Educación Vía Satélite o Aquiles y la Tortuga*, en la cual nos da un esbozo histórico de la trayectoria satelital en México. Quizá por el tiempo en que fue elaborada únicamente abarca lo que sería entonces el Sistema de Satélites Morelos sin hacer referencia al "Solidaridad", que hoy día forma parte integrante del Sistema de Satélites Mexicanos mismo que abarca a los satélites : Morelos II que fenece a finales de 1998, así como los satélites Solidaridad 1 y 2.

Dichas investigadoras, así como otros especialistas han contextualizado o analizado la existencia de los satélites.

Por ello y debido a mi experiencia profesional en tanto que he trabajado en Telecomunicaciones de México primeramente y después en Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. he decidido la elaboración de la presente tesina a manera de una investigación monográfica-descriptiva que pretende cumplir con los siguientes objetivos :

1. Dar a conocer el contexto histórico de los satélites en México.
2. Describir de qué manera están constituídos los satélites mexicanos.
3. Exponer a grandes rasgos el proceso a seguir para obtener un satélite.
4. Dar a conocer el proceso que se está llevando a cabo para realizar el lanzamiento del nuevo satélite de comunicación Satmex 5.

Así pues el presente trabajo se dividió en tres capítulos que se desarrollarán como se muestra a continuación :

Capítulo 1. **Antecedentes de los satélites en México.** Se ofrece un panorama general sobre los antecedentes nacionales que forjaron el sistema satelital mexicano, así como su desarrollo hasta la actualidad.

Capítulo 2. **Sistema de Satélites Morelos.** Este apartado nos permitirá conocer como está constituido un satélite, sus características generales y las partes que lo conforman para dar una idea más precisa del funcionamiento de los mismos.

Capítulo 3. **Sistema de Satélites Solidaridad.** Se demuestran las particularidades y generalidades de los satélites Solidaridad, y da a conocer a grandes rasgos cómo es y qué características va a tener el nuevo satélite de comunicación Satmex 5.

De estos dos últimos capítulos, la mayoría de la información se obtuvo de documentos internos de Satélites Mexicanos, S.A. de C.V., excepto donde se indique una fuente específica. Debido a que alguna información es considerada como confidencial no especifico con precisión el nombre del documento y simplemente sintetizo el contenido para describir las partes del satélite así como su funcionamiento y proceso de adquisición.

Es así como se pretende, a través de la presente tesina, mantener a la vanguardia a quienes hoy en día cursan la carrera de Ciencias de la Comunicación, ya que es de sumo interés ver cómo con el transitar del tiempo los satélites ocupan un papel preponderante dentro de la sociedad. A diario somos testigos de que en cualquier transporte público la gente trae consigo su radio localizador, biper o teléfono celular ya sea por necesidad como persona física o bien porque es una herramienta indispensable para su trabajo, en cualquiera de los casos yo les preguntaría : ¿Acaso todo esto sería posible sin un satélite de comunicación?, ¿Cuáles serían los costos si México no contara con su propio sistema satelital?. Las preguntas están al aire y cualquiera que se detenga a responderlas entenderá la importancia de este trabajo.

CAPITULO

1

ANTECEDENTES DE LOS SATELITES EN MEXICO

1.1. LA HISTORIA

"En los inicios de la quinta década de este siglo el Gobierno Federal, ante la necesidad de mejorar su sistema de transmisión y atender la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones, se interesó en los incipientes sistemas de [microondas]¹, que ya se utilizaban con éxito en algunos países"².

En 1951 se iniciaron las instalaciones de los primeros enlaces cortos de microondas en el centro de la ciudad de México. Con las primicias del inicio de estos servicios se decidió adquirir en gran escala el

¹ La definición de dicha palabra no viene incluida en el texto, pero se entiende por ella como: "Término con el que se conocen a las longitudes de onda del espectro que abarca aproximadamente de 30 a 0.03 cm, y corresponde a frecuencias comprendidas entre 1 y 1000 GHz. Hasta el momento las microondas son el principal medio de transmisión a larga distancia". Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm. Segunda Edición, México, 1992, Pág 189.

² Carlos A Merchan Escalante Historia de las Comunicaciones y los Transportes en México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, D.F. 1988 Pág 205

sistema de microondas para mejorar en primera instancia el servicio telegráfico y telefónico público de larga distancia.

Este nuevo cambio enfrentó una infinidad de problemas creados por autoridades y particulares, principalmente en la resistencia de quienes veían afectados sus intereses como fue el caso de la compañía Teléfonos de México, resistencia que en párrafos más adelante se precisa.

Cuando empezó a recibirse el equipo de microondas de manufactura francesa, "un reducido grupo de la Secretaría y noveles pasantes de ingeniería que habían estudiado lo poco que se conocía de microondas en nuestro país, se dedicó a la tarea de compenetrarse en los aspectos técnicos de ese equipo, bajo la dirección y la participación directa de los ingenieros Cross Buchanan y Méndez Docurro"³.

Así, de acuerdo a los estudios realizados y el plan establecido se procedió a la concentración de la primera ruta de occidente entre México y Cerrillo, continuando a través de repetidoras para concluir con la estación terrena de Guadalajara, Jalisco; paso a paso se comprobó que el sistema de microondas funcionaba perfectamente, transformando lo que era un sueño en una prometedora realidad.

Cabe indicar que ante los primeros éxitos en el avance de la instalación de la ruta de occidente, se decidió ampliar las

³ Idem, Pág. 207

comunicaciones por microondas. El conjunto de instalaciones realizadas permitió que para 1971 en el país se conformaron rutas como las del norte del sureste, del pacífico, del noroeste, del noreste, transversal noreste, transversal suroeste, este, oeste y sur, con capacidad suficiente para atender la demanda de servicios solicitados y previstos en esos momentos.

Como parte complementaria la empresa Teléfonos de México en el interés de las actividades que la "Secretaría de Comunicaciones y Transportes"⁴ (SCT) venía desarrollando desde su inicio, "llegó a mostrar su preocupación al considerar a ésta como un gran competidor que se estaba introduciendo en el campo de la comunicación de larga distancia, la que a Teléfonos de México más le redituaban"⁵

Por otra parte, reconocía lo impráctico y poco económico que resultaba seguir aumentando sus circuitos con la instalación de más hilos en las posterias, para satisfacer la creciente demanda del servicio telefónico de larga distancia.

Para 1959 la SCT autorizó a "Teléfonos de México"⁶ su primer red México y Nuevo Laredo misma que se interconectó a la ruta México - Guadalajara (de la SCT) para que finalmente se establecieran las comunicaciones entre San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey y Nuevo Laredo.

⁴ En lo sucesivo aparecerá como SCT.

⁵ Carlos A. Merchan Escalante *Historia de las Comunicaciones y los Transportes en México*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, D.F. 1988 Pág. 210

⁶ En lo sucesivo aparecerá como TELMEX.

Después de estas instalaciones de Telmex continuó con la instalación de sistemas en todas las direcciones ya que no existió impedimento oficial para efectuarlas, y con ello se crearon sistemas de microondas paralelos con la consiguiente duplicidad de gastos, esfuerzos y objetivos.

Con este auge de redes terrestres existió entre la extinta Dirección General de Telecomunicaciones (ahora TELECOMM) y TELMEX, un intercambio de capacidad instalada de redes con la finalidad de que ambas empresas pudieran optimizar las infraestructuras instaladas y de esta manera poder ambas ofrecer los servicios que a cada uno competía.

Esta infraestructura de Telecomunicaciones cumplía su contenido, sin embargo, el alto índice de crecimiento demográfico y el desarrollo industrial y económico del país creaban nuevas necesidades e innumerables problemas en todos los ordenes, que hacían necesario entre otros aspectos, multiplicar y diversificar los sistemas y servicios de telecomunicaciones.

"En 1968 México se incorpora al sistema de comunicaciones vía satélite, ya que en ese año renta a Intelsat algunos canales y adquiere una estación terrena de señales de telecomunicación: Tulancingo I, en el Estado de Hidalgo. El primer enlace se realizó para transmitir los Juegos Olímpicos"⁷

⁷ Documento interno Telecomm

Por otra parte la expansión de las cadenas de televisión tanto comerciales como estatales, demandaban medios para cubrir regiones del país a los cuales aún no podían atender, ante esta panorámica a principios de 1980 se tomaron las siguientes decisiones:

A) Liberar las rutas de microondas de la conducción de señales de televisión, y la capacidad desocupada dedicarla a la conducción de señales de voz o telefónica en altas capacidades.

B) Utilizar las técnicas de comunicaciones espaciales, para la conducción de señales de televisión, así como para las de telefonía que los requerían.

Debido a ello se decidió buscar capacidad especial para distribuir las señales de televisión nacional y además la posibilidad de adquirir en corto tiempo estaciones terrenas. Por lo que respecta a la capacidad del segmento espacial necesaria, se estudió la posibilidad de rentar satélites americanos o del consorcio Intelsat.

Al saber que los satélites americanos tienen dirigida su potencia para cubrir el territorio de su país, se determinó que ante tales circunstancias se iniciaran pláticas con el consorcio Intelsat a fin de poder utilizar uno de los satélites ubicados en el plano del ecuador y que garantizara el cubrimiento en el territorio nacional.

Para fines de "junio de 1981 se coloca en órbita el satélite Intelsat IV - F3 en la posición orbital 53° E"⁸, para que así México pudiera acceder y proporcionar los servicios inmediatos.

Paralelamente en el año de 1982 de forma programada se instalaron paulatinamente estaciones terrenas para su recepción, y para 1987 se concluyó con 243 instaladas en toda la República Mexicana.

Através del Sistema de Satélites Morelos como parte del sistema integral de las telecomunicaciones de México, ofrece disponibilidad de servicios para la conducción de señales de televisión, teleaudición, telefonía y transmisión de datos.

La "vida útil"⁹ del satélite Morelos I se programó de nueve años, mientras que la del Morelos II es de 13 años. Debido a esta planeación de vida útil del sistema de satélites Morelos y dado que se debería contemplar el ofrecimiento de servicios a la región de América Latina, fue necesario programar el lanzamiento y puesta en operación del "Sistema de Satélites Solidaridad y que inicialmente se estableció con el satélite Solidaridad 1 el 19 de noviembre de 1993 y el Solidaridad 2 el 7 de octubre de 1994, lanzados por la empresa francesa Ariane y fabricados por la Hughes Aircraft Company"¹⁰.

⁸ Carlos A. Merchan Escalante *Historia de las Comunicaciones y los Transportes en México*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, D.F. 1988 Pág. 278

⁹ "En determinadas condiciones, intervalo que comienza en un instante dado y termina cuando la intensidad de fallas se hace aceptable o cuando el elemento se considera irreparable tras una avería" *Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones* Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 189

¹⁰ *El Nacional*. 7 de diciembre de 1992

En el año de 1990 finalmente la red de microondas fue vendida a la empresa Teléfonos de México.

1.2. LA SANA COMPETENCIA

En los últimos años, la economía mundial ha experimentado una enorme transformación que ha repercutido en una nueva competencia internacional.

Las empresas e industrias se han enfrentado de manera creciente a una nueva dinámica, nuevos patrones de comportamiento de la producción y de los mercados.

Existe un nuevo tipo de competencia diferente a la que tradicionalmente se había observado, por un lado, existen nuevos servicios, así como una nueva constante de incorporación de innovaciones tecnológicas, por el otro existen nuevos e importantes competidores de servicios de telecomunicaciones como lo son por ejemplo dentro de la telefonía Avantel, Alestra (AT&T), Miditel y otras tantas que hoy en día existen en el mercado así como lo serán el año entrante en materia satelital las compañías Nahuelsat y Panamsat quienes vendrán a ser verdaderos competidores del sistema satelital mexicano.

Estas diferencias en la competencia internacional son el resultado del proceso de globalización de la economía mundial, el cual ha

provocado que el mundo entero se convierta en un solo mercado. En este único mercado donde se producen y manufacturan los bienes industriales, con la participación de las empresas de diferentes nacionalidades, sectores o regiones. Las empresas adquieren sus insumos de este mismo y único mercado, sin preocuparse del origen de los mismos, pero sí de la calidad, precio y puntualidad en el tiempo de la entrega del servicio.

Es en este mercado donde los empresarios comercializan y distribuyen sus productos. Por tanto, la competencia se da ahora en el mercado de la economía y mercados globales.

La esencia de la economía global, es la competitividad, misma que dependerá de la habilidad de cada empresa para crear condiciones y aprovechar circunstancias sobre las bases de una superior calidad o bien un menor precio.

Existe consenso general en reconocer a los servicios de telecomunicaciones un papel primordial en la modernización y desarrollo social de los países. Pero en la actualidad, son además, la condición indispensable para que los países puedan competir en términos equitativos en una comunidad internacional caracterizada por la interdependencia y la globalización de la economía.

El sistema de satélites mexicanos surge como proyecto del Gobierno Federal que permite ampliar la infraestructura de las telecomunicaciones y que, además de satisfacer las necesidades de

servicio del país, garantiza su economía e independencia en esta área.

Por tanto en México como en varios países latinoamericanos el mayor desarrollo consiste en disponer de los más modernos servicios de telecomunicaciones para la transmisión de voz, datos e imagen, para apoyar la competitividad de los productos en el comercio exterior y por otra parte ampliar la cobertura de estos servicios al mayor número de poblaciones y hogares, ya que el poder acceder a un servicio de telecomunicaciones le brinda a toda la población una perspectiva totalmente distinta de desarrollo.

En los años 80's, los usuarios de países latinoamericanos que no disponían de un sistema satelital, podrían acceder a una muy limitada gama de satélites, muchos de ellos diseñados para cubrir el hemisferio norte dejando al hemisferio sur con señales débiles y cobertura discontinua.

Mediante uno de los acuerdos del Grupo Río, "México se comprometió en el apoyo para desarrollar los servicios de telecomunicaciones de los países de la región latinoamericana, cambiando el diseño de reemplazo del sistema de satélites Morelos y para que el 15% de su capacidad se destina para cubrir a los países de América Latina y el Caribe"¹¹

¹¹ Documento interno Telecomm.

Las Telecomunicaciones disponen de un capítulo en los Acuerdos Generales de Comercio (GATTs), que deriva en un protocolo internacional que se utiliza como marco de referencia para concertar los acuerdos comerciales internacionales.

El capítulo de Telecomunicaciones debe prever para sustentar la competencia y libertad de comercio los siguientes aspectos:

- El acceso a redes y servicios públicos de telecomunicación y su uso (interconectividad) .
- Normalización de sistemas y equipos.
- Tarifas competitivas.
- Coexistencia de empresas exclusivas y monopolios.
- Nuevos servicios.

El objetivo que se persigue en la apertura del comercio de servicios y de equipo, incentivando los términos de acceso a los medios de telecomunicaciones (satelitales, fibra óptica, cable submarino y otros) es contar con una herramienta que haga productivo los medios disponibles para las empresas y la población .

Sin embargo, en el campo de las comunicaciones por satélite en todos los países se presentan tendencias de regionalización y en consecuencia, acuerdos de cooperación bilaterales para la ampliación del comercio de productos, bienes y servicios con reglas específicas de acceso a mercados, intercambio recíproco e inversión.

El negocio de los satélites es por naturaleza global ya que su descubrimiento no conoce fronteras y hay ventajas al difundir a muchos puntos como lo es por ejemplo el hecho de difundir la visita de algún Jefe de Gobierno a nuestro país, o viceversa, tener la ventaja de poder observar lo que del otro lado del mundo está sucediendo.

"Dado que la competencia más preocupante la tenemos en los satélites americanos y los del consorcio Intelsat ya que en los últimos años la tasa de crecimiento en el caso de la capacidad satelital ha provocado el reemplazo de satélites con mayor potencia y cobertura. Esto ha originado que los dos grandes operadores de satélites busquen nuevos mercados fuera de los Estados Unidos, orientando nuevas aplicaciones directas al usuario que son mucho más rentables, sin olvidar diversas redes en América Latina como Nahuelsat, Brasilsat además de la próxima red Simón Bolívar"¹².

En síntesis, México es partícipe de una creciente competencia en los servicios satelitales, esto se traduce necesariamente en beneficio para los usuarios, ya que de alguna manera se intenta no perder la captación de éstos, además se prevee que pronto entraran en nuestro país nuevas empresas para proporcionar servicio de telecomunicaciones.

Para concluir este capítulo, podemos observar los diferentes cubrimientos de los satélites competitivos para México, a continuación

¹² Documento interno Telecomm.

se presentan las huellas de cada uno en los cuadros A.1, A.2, A.3, A.4, y A.5, para los satélites Panamsat, Intelsat, Nahuelsat y Solidaridad, respectivamente.

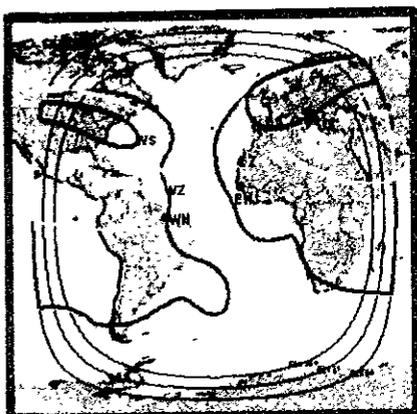
CUADRO A.1

PANAMSAT

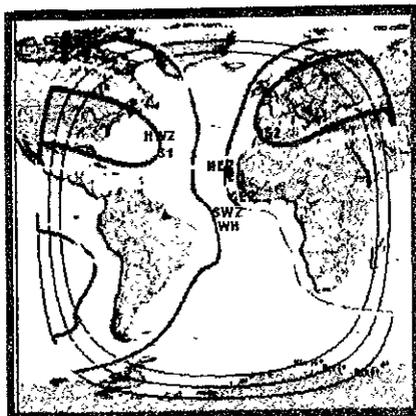


CUADRO A.2

INTELSAT



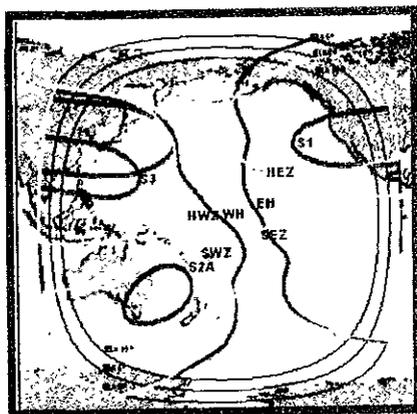
330.5°E AOR



332.5°E AOR

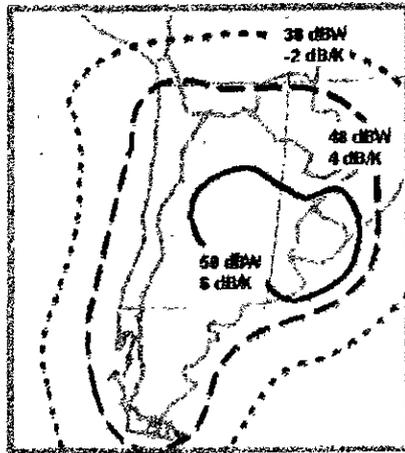


64.0°E IOR

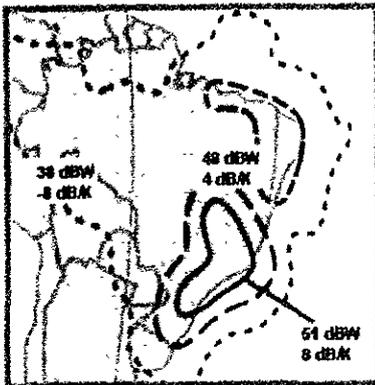


177.0°E POR

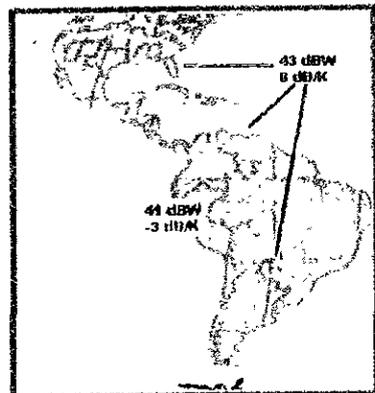
CUADRO A.3
NAHUELSAT



Región 1 Kono Sur



Región 2 Brasil



Región 3 Latino América

CUADRO A.4
SOLIDARIDAD 1



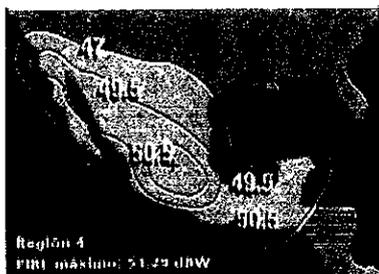
Región 1



Región 2



Región 3



Región 4

CUADRO A.5
SOLIDARIDAD 2



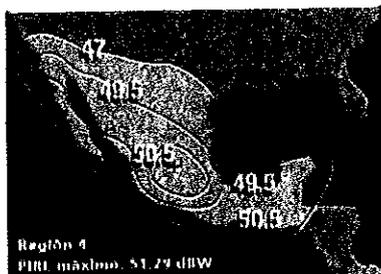
Región 1



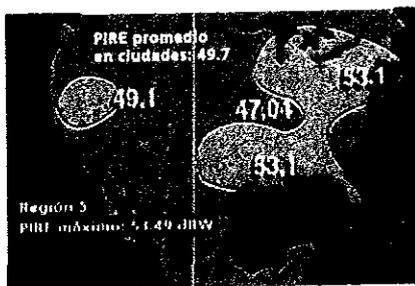
Región 2



Región 3



Región 4



Región 5

CAPITULO

2

SISTEMA DE SATELITES MORELOS

2.1. DESCRIPCION

México inició sus comunicaciones espaciales propias con la puesta en operación del sistema de satélites Morelos permitiendo así aceptar la infraestructura de las telecomunicaciones, para satisfacer las grandes necesidades de servicio.

Este sistema cuenta de dos segmentos fundamentales: el espacial y el terrestre. Se define como segmento espacial al conjunto de estaciones ubicadas en el espacio o satélites de comunicaciones. El segmento terrestre lo constituyen el conjunto de estaciones terrenas que se enlazan entre sí por medio del segmento espacial, y que en este caso están ubicados en la superficie del territorio mexicano.

El sistema de satélites Morelos lo constituyen dos satélites "giroestáticos geostacionarios"¹ modelo Hs 376, fabricados por la compañía norteamericana Hughes Aircraft Company, con posiciones orbitales nominales de 113.5° y 116.8° longitud oeste, respectivamente a 36,200 km de distancia sobre el plano del ecuador en el denominado segmento espacial.

El posicionamiento en órbita de los satélites Morelos I y II, se llevó a cabo el 17 de junio y el 26 de noviembre de 1985, desde el centro espacial Kennedy para lo cual fueron utilizados los transbordadores Discovery y Atlantis de la NASA.

El Morelos II, fue concebido como un satélite de respaldo del Morelos I, pero con posibilidades de operar servicios sujetos a interrupción.

Ambos satélites, miden 2.16 mts. de diámetro y 6.60 mts. de altura, y tienen una masa inicial de 666 kg; de los cuales 145 Kg son de hidracina (combustible) y cuya utilización permite su mantenimiento en órbita y determina el tiempo de vida útil real, el cual ha sido estimado en nueve años nominales para el satélite Morelos I mientras que la del Morelos II es de 13 años.

¹ Satélite geostacionario " Satélite geosincrónico cuya órbita circular y directa se encuentra en el plano ecuatorial de la Tierra y que, por consiguiente, aparenta estar fijo; la deriva existente es mínima, cuenta con motores de apogeo y peripogeo que corrigen dicha deriva y la órbita en que se desliza está localizada aproximadamente a 36,000 Kms de la Tierra en un plano ecuatorial". Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág.250

Los satélites Morelos están catalogados como satélites híbridos de comunicaciones ya que manejan la "[banda "C"]² la [banda "Ku"]³ del espectro.

Además su servicio es doméstico pues su patrón de radiación fue diseñado para cubrir únicamente el territorio nacional.

Dado que los satélites se encuentran expuestos a ciertos fenómenos naturales requieren de un control continuo, así como del monitoreo constante del estado operativo de los equipos que conforman sus subsistemas, siendo estas:

- Comunicaciones
- Potencia
- Orientación
- Térmico
- Propulsión
- Telemetría, comando y rango

(Cabe aclarar que estos subsistemas serán explicados en el siguiente punto).

El control operativo de los satélites (Telemetría, rastreo y comando) se realiza desde el territorio nacional a través del Centro de Control Primario (Walter C. Buchanan), ubicado en el conjunto de telecomunicaciones (CONTEL) en Ixtapalapa, ciudad de México.

² "Esta banda se utiliza tanto para transmisiones de microondas como de satélite, es muy usada en las transmisiones de televisión". Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 40

³ "Esta banda se utiliza únicamente para transmisiones por satélite, su principal uso es el de telefonía troncal, así como transmisión de datos". Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 40

2.2. SUBSISTEMAS

2.2.1. SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

Cada satélite Morelos tiene una capacidad de comunicaciones de 500 Mhz por banda, la cual está cubierta con 22 transpondedores o canales repetidos, de los cuales, 12 son de 36 Mhz (banda angosta) y 6 de 72 Mhz (banda ancha) constituyen la banda "C", y utilizan el reuso de frecuencias al manejar señales con polarizaciones ortogonales: horizontal y vertical.

Además, se tienen cuatro transpondedores de 108 Mhz (banda ancha) que cubren la banda "Ku" (fig 1.1) considerando la ganancia de la antena a esa frecuencia, provocan señales con frecuencias de 44.3 dbw.

Los dos parámetros más importantes de cada satélite, desde el punto de vista de comunicaciones, son la potencia de transmisión y el ancho de banda de sus transpondedores, ya que determinan la cantidad de información, con calidad aceptable que puede enviarse por él.

En general su transpondedor de 36 Mhz tiene una capacidad promedio para manejar mil canales de telefonía, de uno o dos canales de televisión, o datos a una velocidad de hasta sesenta millones de bits por segundo, los transpondedores de 72 y 108 Mhz tienen, respectivamente, el doble y el triple de capacidad de uno de 36 Mhz.

Este subsistema utiliza dos tipos de antenas de comunicaciones:

1. Antena de plato de 1.8 mts de diámetro que permite la transmisión/recepción de señales en banda "C" y la transmisión de señales en banda "Ku".
2. Arreglo planar utilizado únicamente para la recepción de señales en banda "Ku".

2.2.2. SUBSISTEMA DE POTENCIA

La fuente primaria de alimentación de energía eléctrica requerida para la operación de los satélites, consta de un tambor de celdas solares que genera 940 w de corriente directa y se encuentra montado sobre la estructura cilíndrica de los mismos. Además como fuente secundaria de alimentación, se cuenta con baterías de almacenamiento a bordo, capaces de generar 830 watts para casos de eclipse o de escasa iluminación de las celdas solares.

En la fuente secundaria de alimentación, las baterías entran en funcionamiento automáticamente cuando se detecta un voltaje por debajo del rango de 29.1-0.1v. Por lo anterior se requiere mantener a las mismas en buenas condiciones de operación, ya sea por medio de un reacondicionamiento previo, en caso de eclipse, o en el nivel de carga adecuado cuando el satélite está operando con la energía proporcionada por las celdas solares.

La energía proporcionada a los equipos por cualquiera de las fuentes, es suministrada por dos líneas de alimentación que abarcan ambas secciones del satélite.

(fig. 1.1)



2.2.3. SUBSISTEMA DE ORIENTACION

El diseño de los satélites Morelos I y II al ser de tipo girostáticos, basan su estabilización en un momento de giro de alrededor de 55 revoluciones por minuto sin embargo, para el adecuado control de apuntamiento de la antena, están previstos de una plataforma no giratoria, o de degiro; es decir, los satélites están constituidos por dos secciones una giratoria y otra que aparentemente se encuentra estática o sin-giro, pues gira en sentido contrario y con la misma magnitud que la parte giratoria (fig. 1.2).

El subsistema cuenta con dos mecanismos de control, de los cuales el primero conocido como DANDE (Electrónica de amortiguamiento de nutación activa de desgiro) corrige ángulos pequeños de error de apuntamiento, mediante torques en la plataforma de desgiro, proporcionales a la magnitud del error.

El segundo llamado ANC (Control de Nutación Activo), comanda el encendido de impulsores para generar el torque contrario a la desviación para corregir ángulos grandes de error.

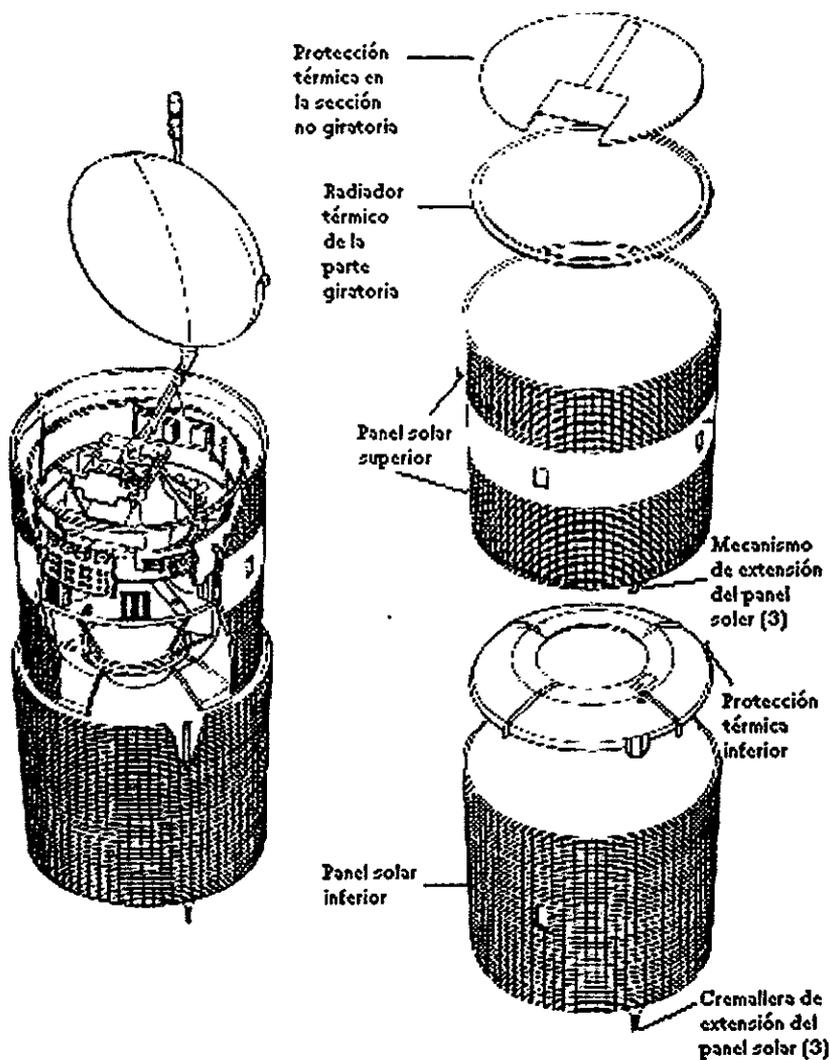
Por otra parte se planean maniobras de control de velocidad y orientación basadas en datos enviados por satélite a través de la telemetría, con el fin de mantener estable al sistema, y son ejecutadas mediante comandos dirigidos desde tierra que accionan los impulsores del satélite.

El subsistema está constituido por los siguientes elementos:

- **Sensores de sol:** Proporcionan la posición del satélite respecto al sol.
- **Sensores de tierra:** Entregan la señal de referencia del satélite respecto a tierra.
- **Acelerómetros:** Sencen el movimiento axial que presenta el satélite en caso de perturbación.
- **Pulso de índice maestro (MIP):**Prevee la razón de giro-desgiro del satélite, que permite establecer la posición relativa de la sección giratoria con la no giratoria.
- **BAPTA:** Es el motor eléctrico que forma parte de ambas secciones, y permite el desgiro de la plataforma que contiene el equipo de comunicaciones, así como la electrónica asociada al control de la nave espacial (fig.1.3).
- **Señal de RF:**Indica la posición que guarda la antena del satélite y permite mantener el apuntamiento fino con el usuario.

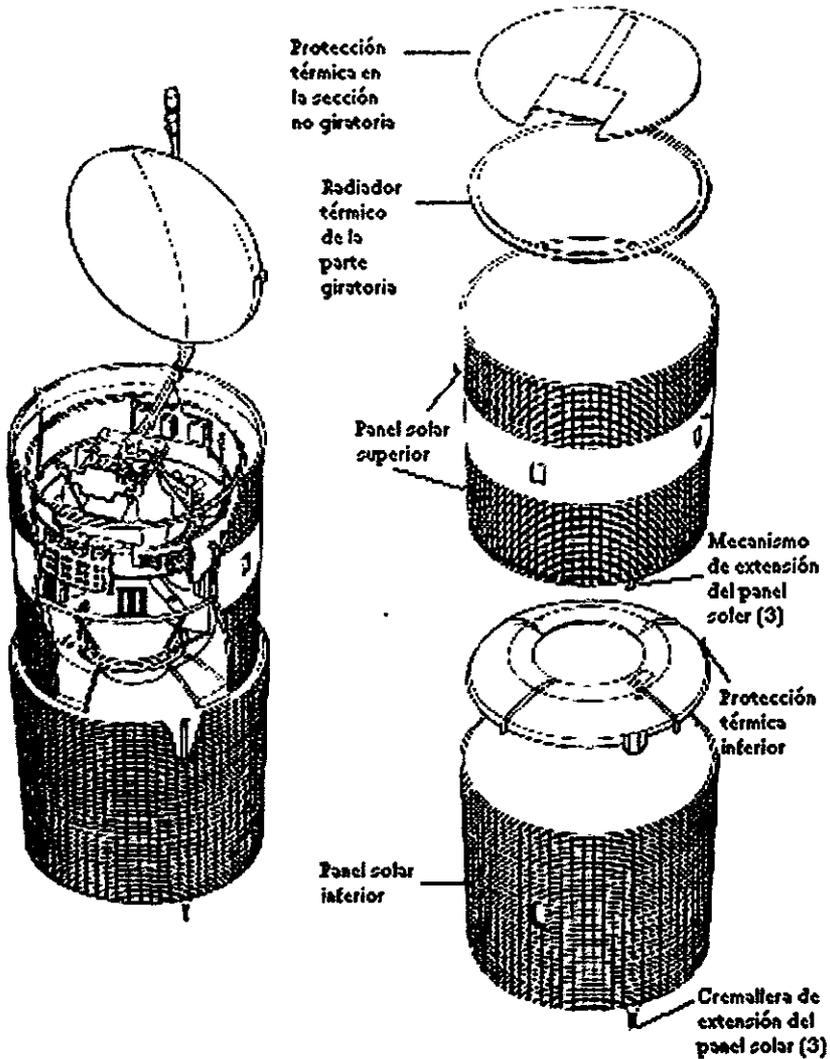
(fig. 1.2)

Vista seccionada del satélite

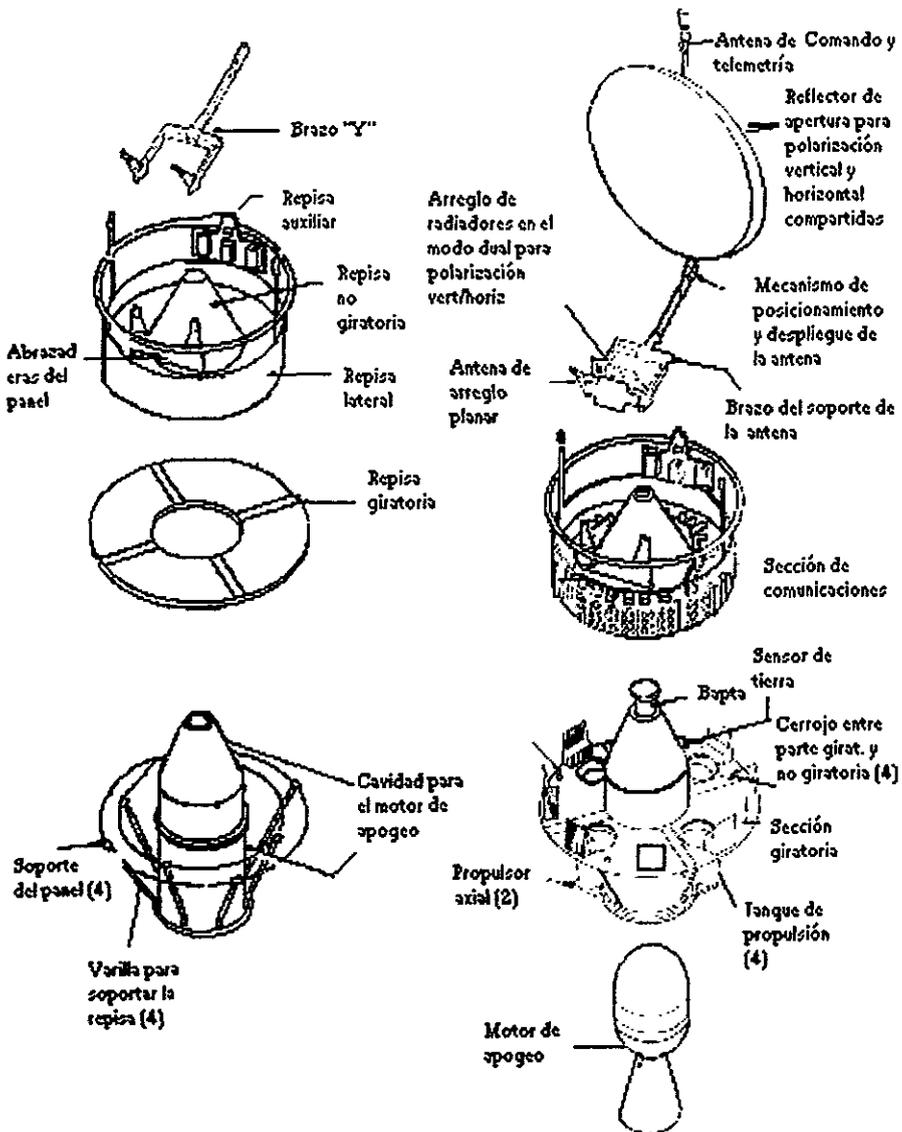


(fig. 1.2)

Vista seccionada del satélite



(fig. 1.3)



Los principales objetivos de este subsistema son:

Determinar la orientación del satélite, el eje de giro del satélite debe ser paralelo al eje de giro de la tierra; sin embargo, debido a las fuerzas gravitacionales de sol, luna y tierra, puede llegar a experimentar desviaciones manifestadas por tres diferentes tipos de errores:

1. Procesión solar - Debida a la fuerza que ejercen los rayos solares sobre el cuerpo del satélite, provoca la inclinación del eje de giro. Se corrige cada tres o siete días mediante el encendido de algún impulsor axial.
2. Error norte-sur.- Es conocido también como la inclinación de la órbita del satélite y es causado por efectos gravitacionales de sol, luna y tierra. Su corrección se realiza encendiendo los impulsores axiales en el nodo descendente de la órbita cada 28 días.
3. Error Este-Oeste.- Es el deslizamiento que sufre el satélite en su longitud orbital, es decir, sufre un corrimiento. Esto es debido a que la masa de la tierra no es uniforme, por lo que actúan fuerzas de diferente tipo sobre el cuerpo del satélite. Su corrección se realiza mediante el encendido de alguno de los impulsores radiales cada 28 días.

Estabilización de la orientación.-los dos tipos de movimientos que afectan la estabilización del satélite son:

1. **"Nutación"**⁴ - La característica de este movimiento es que la base del cuerpo del satélite permanece en el mismo punto, es decir, el eje de giro en uno de sus extremos permanece fijo, mientras que el otro extremo se empieza a alejar de su posición inicial descubriendo una circunferencia que tiende a crecer. Una variación mayor a la permitida en el apuntamiento de la antena debido al movimiento de nutación, puede poner en peligro el tráfico de comunicaciones, y la estabilidad del satélite. Cabe mencionar que el satélite está en continuo movimiento, por lo que es necesario corregirlo constantemente a través de los sistemas ANC y DANDE.

2. **WOBBLE.**- Este movimiento se diferencia del anterior, en que el extremo del eje de giro que antes permanecía fijo, ahora también tenderá a describir una circunferencia al mismo tiempo que lo hace el otro extremo. En este caso lo que tiende a aparecer fijo es el centro de la masa del satélite.

La causa de este movimiento es que el satélite una vez que está en operación no es un cuerpo simétrico, debido a que su centro de masa

⁴ "Ligero movimiento periódico del polo astronómico de la Tierra con respecto al polo de la eclíptica"
Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 202

no coincide con su centro geométrico, por lo tanto tiende a desvalancearse.

Otro fenómeno que tiende a incrementar este desvalance es el consumo de combustible, lo que ocasionará una variación en la posición del centro de masa del satélite, produciendo el movimiento de WOBBLE.

Apuntamiento de la Antena.- Para el buen apuntamiento de la antena del satélite se necesitan dos coordenadas:

- Elevación o apuntamiento Norte-Sur se controla por medio de un motor de pasos, el cual puede ser accionado desde tierra mediante el envío de comandos siendo la magnitud de cada paso del motor de 0.0025 grados y la máxima tasa de velocidad de 0.625 grados/segundo.

- Azimuth- o apuntamiento Este- Oeste :para corregirlo o modificarlo es necesario mover toda la plataforma de no giro, ya sea por comando desde tierra o por efecto del mecanismo del control DANDE.

2.2.4. SUBSISTEMA TERMICO

Este subsistema tiene como función proporcionar y mantener la temperatura del satélite dentro del rango permitido de operación que

va de los 5 a los 15 grados centígrados, lo anterior se lleva a cabo por medio de un control térmico que hace uso de elementos pasivos.

Además, cuenta con sensores colocados en diferentes puntos del satélite, los cuales permiten el monitoreo de la temperatura.

El principal elemento del subsistema, es un cinturón de cuarzo de 20 pulgadas de ancho colocado en la parte media del panel superior del satélite; el cual además de que radía el calor generado por el equipo de comunicaciones, rechaza la energía solar que en otras secciones del panel es absorbida por las celdas solares y provoca un incremento de temperatura.

Además cuenta con: Sábanas térmicas cubriendo componentes especiales, tales como los tanques de combustible o las antenas de comunicaciones y calentadores que maximizan el diseño del control térmico, manteniendo dentro del límite las variaciones de temperatura de la baterías, válvulas, líneas de conducción del combustible, motor de apogeo y tubos de comunicaciones, etcétera.

Otros elementos importantes del diseño térmico son: El protector de regilla de kapton para la antena, cobertor de aislamiento de alimentadores, teflón aluminizado, pintura negra dentro y fuera de algunos componentes, protector solar de las secciones de giro y no giro.

El plato parabólico está protegido en su parte trasera con una cubierta aislante multicapa y por la parte frontal con un protector

solar de material kapton, la superficie interna de este protector está cubierta de vapor de aluminio depositado en un patrón de regilla el cual permite el paso de la energía de radio-frecuencia mientras rechaza la mayoría de la energía solar la parte frontal del protector tiene una capa de germanio con el fin de incrementar la reflexión solar. Estas protecciones aíslan la antena de la carga solar, reduciendo la distorción térmica.

Los alimentadores tienen una cubierta aislante alrededor de las cornetas y además cuentan con protectores de entrada, los cuales tienen depositado en su superficie interna vapor de aluminio, y en su superficie externa germanio, las bases de las cornetas, las guías de onda y todos los acopladores están pintados de negro para maximizar la radiación de energía térmica introducida por los alimentadores y la energía disipada por la señal de radio frecuencia.

El uso de limitadores en las líneas principales de alimentación permiten minimizar la disipación térmica debida a las variaciones que se presentan al incidir los rayos solares sobre los paneles.

La estructura de soporte de la sección de no giro está toda pintada de negro para evitar la absorción del calor despedido por los equipos, los contenedores de los equipos electrónicos que hacen la función de disipadores de calor, están hechos de materiales de alta conductividad térmica con la finalidad de maximizar la emisión térmica hacia los paneles solares y hacia el cinturón de cuarzo.

Los paquetes de baterías están contruidos de ocho celdas separadas por conexiones térmicas las cuales transfieren el calor generado dentro de las celdas al radiador de aleta, este radiador, se extiende hacia arriba por la parte trasera de las celdas y está acoplado al radiador cilíndrico del satélite mediante el uso de material de alta emitancia térmica, mientras que la parte opuesta tiene un terminado de superficie de baja emitancia para desacoplarlo, las aletas y las conexiones están hechas de aluminio y tienen un área total de 537 cm².

Para evitar que el propelante se congele, se instalaron calentadores dobles en las válvulas de los impulsores, en las válvulas de aislamiento, en las líneas de propelante y en los tanques, los calentadores están diseñados de tal manera que si uno de los elementos falla en cualquier posición del subsistema de propulsión, el otro podrá mantener la temperatura arriba de los 5°C.

El motor de apogeo está desacoplado térmicamente del satélite mediante capas de kapton aluminizado dentro del tubo del impulsor y alrededor del casco del motor, solo la parte baja del cono esta expuesta al espacio, pero la salida de esta protegida por una lámina de aluminio con orificios para ventilación.

La parte inferior del satélite está sellada mediante una placa de titanio de 2 milímetros de ancho como protección contra la caída del motor de apogeo; la parte interna de esta placa se cubre con oro para

minimizar el calentamiento interno del satélite después del encendido del motor de apogeo.

2.2.5. SUBSISTEMA DE PROPULSION

Este subsistema permite ejecutar las maniobras de control de orientación, velocidad de giro, velocidad de órbita e inclinación de la misma, ya sea como respuesta del mecanismo de control de nutación activo o como ejecución comandada desde tierra. En cualquier caso, la actividad del subsistema está en función de los datos generados por los sensores de posición del satélite, y por el combustible requerido para las maniobras, ya que de él depende el tiempo de vida útil del satélite, los elementos que lo conforman son:

- **Tanques de combustible.**- Son cuatro tanques de aleación ligera de titanio, cuya forma coniesférica y posición inclinada, permite que el combustible (propelante llamado hidracina, N_2H_4) fluya con facilidad hacia los impulsores para lograr la reacción necesaria, los tanques están divididos en grupos de dos, formando dos medios subsistemas, para obtener así la redundancia requerida para asegurar la continuidad del control del satélite en posición óptima de operación, la presión máxima permisible es de 350 psia y en volúmen nominal es de 58.58 cm^3 .

- **Impulsores.-** Se tienen dos impulsores axiales colocados en la parte inferior del satélite, los cuales permiten llevar a cabo las correcciones Norte-Sur; y dos impulsores radiales, colocados en la parte media del satélite, utilizados en las correcciones Este - Oeste necesarias, la reacción del combustible o propelante se realiza en la cápsula del impulsor a través de un proceso de catálisis y el gas producido sale expelido produciendo el empuje dirigido.

- **Válvulas de interconexión y aislamiento.-** Se tiene una válvula que interconecta los dos medios subsistemas, con el fin de mantener el combustible a un mismo nivel en los cuatro tanques. Esta se encuentra normalmente cerrada para asegurar la redundancia requerida. Por otra parte, se tienen dos válvulas de aislamiento, las cuales al permanecer abiertas permiten el paso del combustible a los impulsores, pero que pueden cerrarse en caso de detección de fuga de combustible, los dos tipos anteriores de válvulas mantienen su estado (encendido/apagado), y sólo puede cambiarse su configuración mediante comando.

- **Válvulas de impulsores.-** Se cuenta con una válvula normalmente cerrada, para cada impulsor, la apertura de las válvulas está determinada por el tiempo de encendido de los impulsores, cuando éstos realizan alguna

corrección de posición o giro. Dicho tiempo, es el requerido para alcanzar la magnitud del empuje necesario en la corrección, así como la optimización del combustible.

- **Sensores de presión.**- Se tiene una por cada medio subsistema, con los que puede monitorear el nivel de presión de los tanques de combustible y así, poder detectar cualquier fuga del mismo en un momento determinado.

2.2.6. SUBSISTEMA DE TELEMETRIA COMANDO Y RANGO

El subsistema de telemetría, comando y rango proporciona la capacidad de comando desde tierra y la información de estado y funcionamiento del satélite, para llevar a cabo de manera óptima el control de la nave.

Así mismo, a través de él, se enruta de regreso la señal que es transmitida desde tierra para obtener la distancia a la que se encuentra el satélite.

Los elementos principales del subsistema son:

- **Antenas.**- Las antenas con las que cuenta el subsistema son dos, la antena omnidireccional y la antena de reflector parabólico, la primera se utiliza principalmente en época de la misión, cuando el satélite no cuenta

todavía con una posición fija de operación; o como respaldo, cuando se pierde la posibilidad de mantener el apuntamiento fino de la señal de control, debido a una alteración considerable en su orientación.

Por último, la segunda antena se utiliza de manera normal, cuando el satélite se encuentra en su posición óptima de operación, esto es, cuando describe una órbita geosíncrona sobre el plano del ecuador a 36,200 Km de distancia, aproximadamente.

- **Diplexor de comando.**- Enruta la señal de control recibida desde tierra, ya sea por antena omnidireccional ó por antena de reflector, hacia los receptores de comando.

- **Receptores de rastreo y comando.**- Procesan la señal de subida (comando ó tono de rango) y la enrutan al equipo correspondiente que permite completar dichas tareas. Cada receptor de comando tiene la posibilidad de accesarse a cualquiera de los cuatro decodificadores o registros donde será almacenado el comando, o puede enrutar el tono de rango a través de un conmutador para su retorno a tierra.

- **Decodificadores de comando.**- Almacena el comando o instrucción generada desde tierra, hasta que se recibe el tono de ejecución. Se cuenta con dos de ellos

para la sección de giro y dos para la de no giro, por lo que dependerá de hacia que elemento del satélite va dirigida la instrucción, la secuencia seguida por la misma.

- **Conmutador de telemetría y rango.**- Permite enrutar de regreso la señal de rango, además de configurar en el enlace de bajada la señal de telemetría.
- **Codificadores de telemetría.**- Se cuenta con cuatro codificadores, dos por cada sección de satélite, los cuales recolectan la información generada por los sensores ubicados en diferentes puntos del satélite, con el fin de conocer el estado operativo y configuración de los subsistemas que lo conforman.
- **Transmisores de telemetría.**- El sistema cuenta con dos transmisores de telemetría y la información que lleva cada flujo es muy similar lo que representa su respaldo en caso de falla de alguno de los dos flujos. Estos transmisores reciben la información de los codificadores. De la sección de no giro, los cuales a su vez recolectan la información de los codificadores de la sección giratoria, la salida de los transmisores de telemetría puede ser enrutada por la antena de plato, o bien por la antena omnidireccional pasando antenas a través de un transpondedor y así tener la potencia suficiente para llegar a la tierra.

CAPITULO

3

SISTEMA DE SATELITES SOLIDARIDAD

3.1. DESCRIPCION

El sistema de satélites Solidaridad se compone de dos naves espaciales de estabilización por tres ejes del modelo HS-601 fabricados por la compañía Hughes Aircraft, con una vida útil de 14 años; el Solidaridad 1, lanzado el 19 de noviembre de 1993 ocupa la posición 109.2°E, en tanto el Solidaridad 2, lanzado en 7 de octubre de 1994 ocupa la posición 113.0°E.

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 y la construcción de un Centro de Control Alterno, como respaldo del Primario.

Tomando como base el diseño de la banda Ku de los satélites Morelos, el de los Solidaridad es un diseño nuevo, con mayor capacidad en ancho de banda debido al reuso 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 permite hacer un uso más eficiente del recurso ancho de banda/potencia.

La banda "C" tiene un total de diez transpondedores de 36Mhz y 6 de 72Mhz operando en polarización horizontal/vertical y vertical/horizontal respectivamente.

La banda "L" es la tercer banda en la que operan los satélites Solidaridad; esta banda es utilizada para comunicaciones móviles por satélite, el sistema Solidaridad utiliza la polarización circular derecha. El rango de operación es de 1525-1559Mhz espacio-tierra y de 1626.5-1660.5Mhz tierra-espacio.

El compromiso específico de construir un satélite regional que enlazará vía satélite a los pueblos latinoamericanos, fue adquirido por México ante el Grupo de los Ocho, es por ello que el Sistema de Satélites Solidaridad surge no sólo como una necesidad del país, sino de todos los países de América Latina.

La segunda generación de satélites mexicanos, como se ha denominado al Sistema de Satélites Solidaridad, tuvo entre otros objetivos : "mejorar y ampliar el sistema de comunicación vía satélite en diversos medios de nuestro país"¹ además de sustituir al sistema satelital Morelos, esto debido a que la vida útil de los satélites es

¹ Documento interno de Telecomm "Sistema de satélites Solidaridad", noviembre 1993

limitada, situación determinante para el emplazamiento espacial de un nuevo sistema satelital nacional.

Para la formulación de las especificaciones tecnológicas del nuevo sistema de satélites, se conjuntó la experiencia técnica de la SCT y del "Instituto Mexicano de Comunicaciones de México"², por lo que en febrero de 1990, se distribuyeron las especificaciones preliminares entre los cinco posibles proveedores, dentro de éstas se consideraron las bandas "C" y "Ku" con las que ya contaba el Sistema de Satélites Morelos, adicionándole también la banda "L" misma que representó un nuevo avance en el desarrollo del avance tecnológico.

En septiembre del mismo año, se determinaron las especificaciones finales para el satélite y en noviembre se informó sobre el calendario de las licitaciones centrales del proyecto : "la fabricación del sistema y los servicios de lanzamiento"³, también se dieron a conocer las acciones necesarias para lograr la coordinación técnica del servicio fijo en las posiciones "109.2° W y 113° W entre México, Canadá, Estados Unidos de América y [los países del Arco Andino]"⁴ para el sistema de Satélites Solidaridad"⁵.

Con respecto al servicio móvil se celebraron reuniones de coordinación con Canadá, Estados Unidos de América

² IMC

¹ Documento interno de Telecom "Sistema de satélites Solidaridad", noviembre 1993

⁴ Estos países son : Venezuela, Bolivia, Ecuador, Colombia y Perú.

³ Documento interno de Telecom "Sistema de satélites Solidaridad", noviembre 1993

"INMARSAT"⁶, en donde se hizo una presentación de las características y parámetros técnicos de la banda "L" de los satélites Solidaridad.

En diciembre de 1990, la SCT por conducto de TELECOMM, publicó la convocatoria de la licitación pública internacional para el suministro del Sistema de Satélites Solidaridad, dentro de esta convocatoria se insertaron las especificaciones técnicas definidas anteriormente y los formatos para presentación de precios, así como las características para las opciones de financiamiento.

Las bases de licitación fueron adquiridas por las empresas General Electric Technical Services Company, Inc., Hughes Communications International, Inc., Matra-Espace, S.A. y Alcatel, pero "el 11 de febrero de 1991, en el acto de registro de licitaciones y de apertura de ofertas se señaló que las tres primeras habían cumplido los requisitos exigidos en la convocatoria publicada el 3 de diciembre de 1990"⁷. Para llevar a cabo un análisis y evaluación de las propuestas técnicas hechas, se encomendó a las empresas "COMSAT"⁸ (E.U.A.), SATEL CONSEIL (Francia) y TELESAT (Canadá).

⁶ (International Maritime Satellite Communications Organization). "Consortio Internacional de Comunicaciones marítimas por Satélite. Es el servicio marítimo internacional de comunicaciones por satélite, dependiente de la Organización Marítima Internacional de la ONU, brinda comunicaciones marítimas, terrestres y aéreas a nivel mundial a través de una red de 17 estaciones terrestres costeras". *Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones* Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 162

⁷ Documento interno de Telecomm "Sistema de satélites Solidaridad", noviembre 1993

⁸ Communications Satellite Corporation. "Corporación de comunicaciones por satélite" *Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones* Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 74

El "19 de marzo de 1991"⁹, se dio a conocer el fallo de la licitación el cual favoreció a la empresa denominada Hughes Communications International, Inc., la cual se encargó del suministro del sistema de Satélites Solidaridad integrado por dos satélites de telecomunicaciones con estabilidad triaxial en su versión primera, que consistió en un simulador dinámico, un laboratorio de pruebas de carga útil, la ampliación del Centro de Control Primario ubicado en Iztapalapa y la integración de un Centro de Control Alterno.

Los factores que llevaron a que la empresa Hughes fuera la ganadora son los siguientes :

1. Desde el punto de vista técnico, presentó una alta calificación.
2. Económicamente hablando, fue la de menor precio.
3. En lo que se refiere al costo de lanzamiento, la propuesta de esta empresa fue menor, en virtud de que se proponen satélites menos pesados.
4. Desde el punto de vista de su oportunidad, ofreció mejor calendario de entrega.
5. En otros aspectos, los satélites propuestos tienen mayor margen de vida útil y de masa.

El contrato con la empresa Hughes fue firmado por "el Secretario de Comunicaciones y Transportes. Andres Caso Lombardo, el Subsecretario de Desarrollo Tecnológico, Carlos Mier y Terán, y el Director General de Telecomunicaciones de México, Carlos Lara

⁹ Documento interno de Telecomm "Sistema de satélites Solidaridad", noviembre 1993

Sumano y el Director General del Instituto Mexicano de Comunicaciones de la SCT, Eugenio Méndez Docurro"¹⁰.

El tiempo de construcción de los dos satélites fue de 28 meses, el Solidaridad 1 fue entregado en noviembre de 1993 y el Solidaridad 2, tres meses después, lo que permitió que el solidaridad 1 sustituyera de inmediato al Morelos I cuya vida útil terminó en 1994.

De acuerdo con lo estipulado en el contrato, "la empresa constructora se encargó de capacitar y entrenar a los técnicos y operadores de los satélites, así como del programa de transferencia tecnológica para ingenieros mexicanos, además de que la industria nacional podrá participar en la fabricación de partes del equipo"¹¹.

Así pues, el entonces nuevo sistema de satélites se conformó de dos satélites idénticos modelo HS-601 en los que se incorporaron las siguientes características :

- Estabilidad triaxial en lugar de giratoria como el Morelos.
- Peso de aproximadamente 2800Kg., frente a 655Kg del Morelos.
- Potencia del orden de 2500 watts frente a 800 watts de Morelos.
- Servicio fijo en banda "C" con 18 transpondedores al igual que el sistema Morelos, pero con mayor potencia, lo que

¹⁰ Documento interno de Telecomm "Sistema de Satélites Solidaridad", noviembre 1993.

¹¹ Documento interno de Telecomm "Sistema de Satélites Solidaridad", noviembre 1993.

mejora la calidad de la señal y la posibilidad de reducir el tamaño de las antenas de recepción.

- Servicio fijo en banda "Ku" con 16 transpondedores, que representan más de tres veces la capacidad del Morelos.
- Servicio móvil en banda "L", para los diversos modos de transporte y telefonía rural.
- Cobertura de territorio mexicano y el sur de los Estados Unidos, así como "haces"¹² dirigidos en banda "Ku" a las zonas de alto tráfico de Estados Unidos y otros haces en banda "C" dirigidos al Centro, Sudamérica y el Caribe como se aprecia en la tabla 3.1.

Tabla 3.1¹³

| REGION | BANDA | COBERTURA |
|--------|-------|--|
| R1 | C | México, Sur de los Estados Unidos, Guatemala, Belice, Honduras y el Salvador |
| R2 | C | Región 1, Sur de Florida, el Caribe, Centroamérica, Colombia y Venezuela. |
| R3 | C | Sur de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay, Chile, Oeste de Brasil y Argentina. |
| R4 | Ku | México, Sur de los Estados Unidos, Guatemala, Belice. |
| R5 | Ku | Toronto, Canadá, La Habana y Cds. de los Estados Unidos como San Francisco, Nueva York, Chicago, Washington D.C., Miami y Houston. |
| R6 | L | México y su mar patrimonial, sur de los Estados Unidos y norte de Centroamérica. |

¹² Se refiere al haz " región del espacio que ocupa una corriente unidireccional de radiación electromagnética o grupo de ondas emitidas" en este caso estaríamos hablando de un haz zonal tipo de haz satelital que cubre áreas muy selectas. Este haz opera en las bandas "C" y "Ku". Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecom, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 153-154

¹³ Sistema de Satélites Mexicanos Solidaridad "Manual Técnico" Telecomunicaciones de México, sexta edición, 1995, Pág.7

El costo de la fabricación de los satélites Solidaridad fue de "183.47 millones de dólares"¹⁴, con las ampliaciones y mejoras autorizadas.

| | | | | |
|---|----------------------|-------------|-----------------|--|
|  | HS - 601 | MODELO | HS - 376 |  |
| | TRIAXIAL | ESTABILIDAD | POR GIRO | |
| | 2773.23 Kgs. | PESO TOTAL | 666 Kgs | |
| | 1280.4 Kgs. | PESO SECO | 521 Kgs. | |
| | 1492.8 (383)Kgs. | COMBUSTIBLE | 145 Kgs. | |
| | 3370 Watts | POTENCIA | 777 Watts | |
| | 14 Años | VIDA UTIL. | 9 años | |
| | 6.67 mts. Ant. - Ant | DIMENSIONES | 2.16 mts. Diam. | |
| | 21 mts. Pan. Desple. | | 6.66 mts. Long. | |

Descripción de los satélites

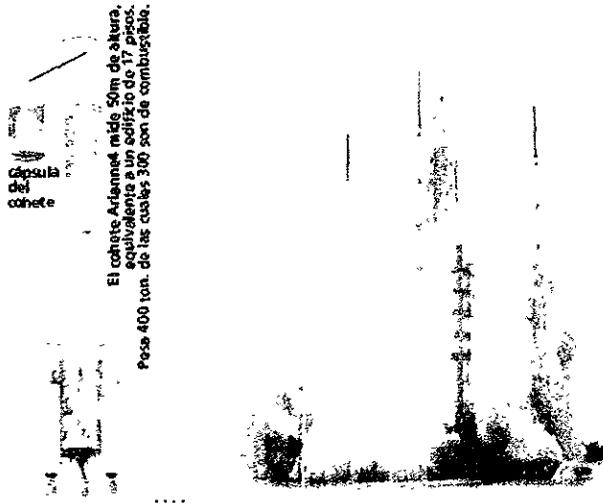
En mayo de 1991 se generó la convocatoria para la licitación pública internacional para la prestación de los servicios de lanzamiento de satélites comerciales de telecomunicaciones, a lo que dio como resultado las propuestas de las empresas como Arianespace, China Great Wall Industry Corporation y General Dynamics Commercial Launch Services, conforme a los requisitos señalados en la convocatoria.

¹⁴ Documento interno de Telecomm "Sistema de Satélites Solidaridad", noviembre 1993.

Después de un análisis exhaustivo y tomando en cuenta diferentes factores se determinó que la propuesta más adecuada y conveniente era la presentada por la empresa Arianespace ya que desde el punto de vista técnico, tuvo una alta calificación., ofreció los servicios a un menor precio, además de garantizar la vida útil de los satélites "por más de 14 años"¹⁵ así como la compatibilidad de los vehículos lanzadores con los satélites Solidaridad y sus plataformas HS-601 y finalmente fue el que ofreció el mejor programa de asistencia técnica y de participación de técnicos mexicanos.

El fallo a favor de Arianespace se emitió el 19 de julio de 1991 y en septiembre del mismo año la Secretaria de Comunicaciones y Transportes y la empresa Arianespace, formalizaron el contrato para que los cohetes europeos de la serie Ariane 4 colocaran en órbita los satélites Solidaridad.

¹⁵ idem

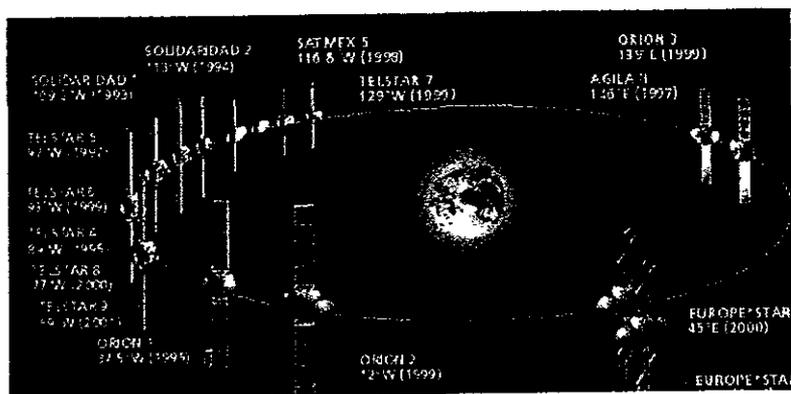


Ariane 4

Arianespace es una corporación multinacional fundada en 1980, que integra la capacidad científica, tecnológica y financiera de 50 empresas de Alemania, Francia, Gran Bretaña, Bélgica, Suecia, Suiza, Italia, Irlanda, Los Países Bajos, Dinamarca y España., ha realizado durante once años 43 lanzamientos y colocado en órbita 70 satélites, lo que ha incrementado su experiencia y prestigio.

El costo de los lanzamientos se fijó en poco más de 148 millones de dólares y se llevó a cabo en Kourú, Guyana Francesa.

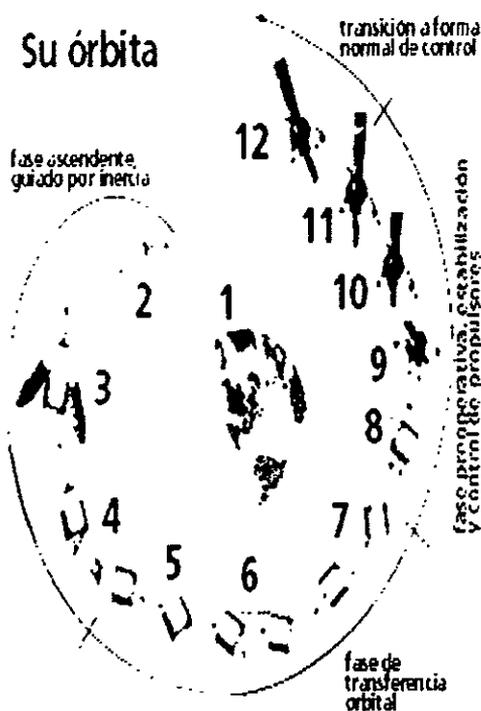
Las posiciones orbitales fijadas para los satélites Solidaridad 1 y 2 fueron 113.5° y 109.2° latitud oeste respectivamente.



Para el lanzamiento de los Solidaridad, el vehículo lanzador Ariane 4, que consta de tres etapas y cuatro cohetes auxiliares (boosters), lo cual permite el lanzamiento de los satélites Solidaridad a una órbita geosíncrona normal de transferencia; es decir una órbita elíptica alrededor de la tierra con "peripogeo"¹⁶ a 200Km y "apogeo"¹⁷ a 36,000Km de latitud.

¹⁶ Punto de la órbita de un satélite situado a la mínima distancia de la tierra.

¹⁷ Punto de la órbita de un satélite de la tierra situado a la máxima distancia de la tierra.

Fases de posicionamiento de un satélite en la órbita terrestre

1. Se desprenden los cohetes de combustible sólido
2. Se separa el segundo módulo propulsor
3. Se separa la cubierta aerodinámica del satélite
4. Se separa el último módulo propulsor al llegar al apogeo de la órbita
5. Se reorienta el satélite
6. Comienza el control en tierra al recibir señales, se determina órbita y altitud
7. Se ajusta la rotación
8. Estabilización del satélite sobre sus tres ejes
9. Despliegue de reflectores
10. Despliegue de los paneles solares
11. Orientación al Sol y a la Tierra
12. Fase operacional

3.2. CONTROL Y ESTADO DE LOS SATELITES

El modelo de los satélites es el HS601 de Hughes Aircraft de posicionamiento triaxial, forma parte de una nueva generación en diseño de cuerpos estabilizados, que incorporaron los mayores avances tecnológicos en materia de satélites comerciales, lanzados por primera vez en agosto de 1992. Estos satélites se encuentran compuestos principalmente por :

- a) Un módulo de Plataforma
- b) Un módulo de carga útil
- c) Dos alas de arreglo solar
- d) Un sistema de batería de Níquel Hidrógeno de cuatro paquetes.
- e) Una cámara de sensores y,
- f) Un sistema de antena

a) Un módulo de Plataforma

Es el elemento que integra a todos los sistemas.

b) Un módulo de carga útil

Se integra por los sistemas de comunicación, con transpondedores en banda Ku, C y L.

c) Dos alas de arreglo solar

Estas se unen a los manejadores de ala solar independientes y están montadas sobre los paneles radiadores norte sur del módulo de comunicaciones. Cada ala consiste en tres paneles de celdas solares, un limitador de voltaje y un brazo de soporte.

d) Un sistema de batería de Níquel Hidrógeno de cuatro paquetes.

Este proporciona la potencia eléctrica durante eclipses. Cada paquete tiene su propio radiador e instalación de aislamiento térmico y está montado en la cara posterior de la plataforma.

e) Una cámara de sensores.

Se localiza montada en una base térmicamente estable en la esquina sureste (parte baja del satélite en su orientación con respecto a la tierra). Contiene los sensores del sol y tierra y su instalación de control térmico.

f) Un sistema de antena

Cuenta con dos grandes superficies reflectoras duales y sus cornetas de alimentación asociadas. Los reflectores y el sistema de alimentación proporcionan las bandas C, Ku y L polarizadas vertical y horizontalmente sobre México y áreas circundantes.

Así mismo se puede señalar que los satélites Solidaridad cuentan con seis subsistemas mismos que se mencionan a continuación

1. De energía. Proporciona voltaje regulado a todos los sistemas y esta compuesto por dos arreglos de paneles solares que proveen 3.5 Kw de potencia durante los catorce años de vida del satélite. El subsistema de baterías de Níquel-Hidrógeno de cuatro paquetes, es recargado por el arreglo solar en épocas de sol, suministra la energía total durante los eclipses.

2. De propulsión. Es un diseño integral con combustible y oxidante contenidos en cuatro tanques, los cuales son presurizados después del lanzamiento por tanques de helio en forma separada. Doce propulsores proporcionan el impulso necesario para el control y el mantenimiento de la estación espacial con completa redundancia

funcional, además son utilizados para el control de la orientación en la órbita de transferencia y durante las maniobras de su posicionamiento orbital.

3. **De control de orientación.** Incluye a los sensores, los actuadores de control y el procesamiento electrónico asociado. El control de orientación y el apuntamiento de antena son mantenidos por una computadora abordo y una rueda de momento de doble suspensión. Las computadoras abordo controlan los despliegues actuadores y propulsores y procesan la señal de los sensores y los datos en órbita durante las diferentes fases de la misión.
4. **De telemetría, comando y rango.** Recibe y ejecuta los comandos de tierra vía los receptores y decodificadores de comando redundantes. "Los transmisores y las unidades codificadoras de telemetría colectan y transmiten los datos de telemetría"¹⁸ y funcionan como un circuito de retorno para el rango. Durante la órbita de transferencia los reflectores están plegados y la comunicación con este subsistema es a través de la antena omnidireccional bicono de la banda C. En tierra el enlace es establecido vía el sistema de antena de banda C de alta ganancia.
5. **De control térmico y de estructura.** Proporciona una plataforma estable y un ambiente térmico controlado a través de las fases de la misión. La estructura primaria consiste de las estructuras de los

¹⁸ "Medición a distancia de la posición geostacionaria de un satélite" Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág 281

módulos de electrónica y comunicaciones del satélite, con estructuras secundarias que soportan los paquetes de baterías, alas de arreglo solar, reflectores y alimentadores de banda C y de banda Ku y el arreglo de la banda L.

6. El **amplificador de potencia**. Esta conformado por los amplificadores de potencia de estado sólido (SSPA'S), que son utilizados en la banda C y en la banda L.

3.3. EL REEMPLAZO DEL MORELOS II

Debido a que el "el fin de la vida útil del Satélite Morelos II se estima en el tercer trimestre de 1998"¹⁹ mientras que el Morelos I fue retirado de su órbita en el mes de marzo de 1994, durante 1996 personal especializado de Telecomunicaciones de México con la asesoría de "TELESAT"²⁰ de Canadá y COMSAT de E.U.A. realizaron el diseño de las especificaciones, el concurso y la contratación del satélite que reemplazará al Morelos II.

Esto dio pie a "iniciar su construcción bajo un contrato promesa unilateral donde el proveedor se obliga a suministrar en 24 meses el

¹⁹ Sistema de Satélites Solidaridad "Manual Técnico", Telecomunicaciones de México, sexta edición, 1995. Pág s/n.

²⁰ TELESAT "Fundada en 1969 por el gobierno canadiense, fue la primer en el mundo en aplicar la comunicación satelital para uso nacional o doméstico debido a la gran extensión de territorio canadiense y a la alta dispersión de su población, la utilización de un satélite propio para sus comunicaciones internas ha sido vital para el desarrollo social, económico y tecnológico en ese país" Revista *Telepress Latinoamericana*, julio-agosto/96, Pág. 16

nuevo satélite"²¹. Así fue como se recibieron proposiciones de los tres principales fabricantes de satélites.

Estos fueron : Hughes, Loral y Lockheed-Martin de Estados Unidos resultando ganador el primero ya que logró presentar "la mejor oferta técnica y el menor precio total, que asciende a 90.5 millones de dólares, para suministrar en 24 meses el satélite de reemplazo"²² que tendrá diez veces más potencia y mas del doble de transpondedores que el Morelos II, con una huella de cobertura sobre Estados Unidos y Latinoamérica, en lugar de sólo México

La empresa ganadora Hughes Space and Communications International Inc. Es una de las empresas líderes en el suministro de satélites comerciales de comunicación, cuenta con "más de 50 años de experiencia y ha fabricado cerca de la mitad de los satélites comerciales que se utilizan en el mundo"²³ y fue la que elaboró los satélites Morelos y Solidaridad.

A continuación se detallan las localidades que cubrirá el satélite Satmex 5.

²¹ Vigésimo Quinto informe a la junta directiva (I/97), Pág. 2

²² Vigésimo Quinto informe a la junta directiva (I/97), Pág. 3

²³ Revista Talepres Latinoamericana, julio - agosto/96, Pág. 16

| Banda Ku | | Banda C |
|---|--|---|
| Región Ku-1 | Región Ku-2 | Región C-1 |
| México, Guatemala, Belice y la Mitad de los Estados Unidos. | México, Centroamérica, la mitad de los Estados Unidos y Sudamérica con excepción de Brasil y la Patagonia. | México, Centroamérica, el Caribe, la mayor parte de los Estados Unidos y Sudamérica con excepción de Brasil y la Patagonia. |

Tabla 1²⁴

Con autorización de la Junta Directiva de Telecomunicaciones de México, que se llevó a cabo el 14 de octubre de 1996, se estableció la oficina de campo de Telecomm en las instalaciones de Huhes, integrada por cinco especialistas, que supervisan la construcción del satélite en los Angeles, California, y dos especialistas que supervisan el desarrollo del equipamiento para los "Centros de Control"²⁵, en Denver - Colorado.

Con objeto de reforzar la supervisión de este proyecto, se contrató la asesoría externa por 23 meses de "COMSAT"²⁶.

²⁴ Documento interno de Telecomunicaciones de México.

²⁵ Se cuenta con dos Centros de Control, el Centro de Control Primario ubicado en las instalaciones de CONTEL Ixtapalapa y el Centro de Control Alterno que se ubica en Hermosillo Sonora.

²⁶ COMSAT (Communications Satellite Corporation) Corporación de Comunicaciones por Satélite. Empresa norteamericana fundada en 1962 para la prestación de servicios de telecomunicaciones por vía de satélites artificiales de la tierra, es representante norteamericano en INTELSAT e INMARSAT, de los cuales es socio mayoritario" Glosario de términos usados en las Telecomunicaciones Telecomm, Segunda Edición, México, 1992, Pág. 74

Respecto a la construcción del satélite Satmex 5, se dice que el programa de ejecución continúa como se ha tenido contemplado para que se haga entrega de este satélite en agosto de 1998, así pues se puede señalar que:

- En enero de 1997 se llevó a cabo el diseño preliminar de la plataforma y carga útil de comunicación del satélite, así como el equipamiento de los Centros de Control.
- El 21 de febrero de 1997 se terminó la optimización de las antenas del satélite obteniéndose una excelente cobertura del Continente Americano, a excepción de Brasil y Canadá que se cubren de manera parcial.
- Se planeó que a principios de junio se termine el diseño definitivo del satélite y para entonces se daría inicio al proceso de construcción de todos los subsistemas componentes.
- Se han revisado también la eficiencia eléctrica de los paneles solares y las pruebas de los impulsores eléctricos.

Es importante señalar que Telecomunicaciones de México, con la asesoría de COMSAT, llevó a cabo un análisis exhaustivo en el mercado internacional de lanzadores de satélites, concluyendo que "sólo los lanzadores Ariane 4 y el Protón podrían estar en posibilidades de efectuar el lanzamiento en 1998, conforme a los requerimientos del nuevo satélite"²⁷.

²⁷ Vigésimo Quinto informe a la junta directiva (1/97)

Observando todas las posibilidades y debido a la experiencia que se ha tenido con "Arianespace"²⁸. "se decidió extender con ellos la vigencia del convenio de reservación, para un lanzamiento en el período septiembre - diciembre de 1998"²⁹ que el Protón no tendría la opción de financiamiento externo de exportación, siendo mayor el riesgo de cumplimiento del calendario.

Cabe mencionar que Arianespace "es el lanzador que colocó en órbita los satélites Solidaridad 1 y 2"³⁰.

Por todo esto se puede decir que el "Satmex 5 será lanzado en noviembre de 1998"³¹ y estará hecho con la tecnología más avanzada en materia satelital.

El Satmex 5 "contará con 24 canales o transpondedores en la banda C, todos ellos con una cobertura continental"³² misma a que se hace referencia en la tabla 1. También contará con 24 transpondedores para la banda Ku, cabe señalar que ésta es una banda de mayor frecuencia misma que tendrá dos coberturas: una continental y la otra regional. La continental tendrá "la potencia necesaria para el establecimiento de comunicaciones digitales de voz y datos"³³. En tanto la regional, que incluye a Estados Unidos y México, tendrá "la

²⁸ "Arianespace es un conglomerado de 53 empresas de 12 países europeos y concentra más de la mitad del mercado mundial en lanzamiento de satélites comerciales" *Avanza Satmex con Arianespace*, Reforma, 14 de noviembre de 1997.

²⁹ Vigésimo Quinto informe a la junta directiva (1/97)

³⁰ Cuarto satélite, *La Jornada*, 14 de noviembre

³¹ *El Nacional*, Ruben García Huerta, agosto 2, 1998

³² *Revista Telepress Latinoamericana*, julio - agosto/96, Pág 17

³³ *idem*

potencia suficiente para proporcionar servicios de radiodifusión directa a los hogares"³⁴.

Así es como a finales del milenio y de acuerdo a estas características de capacidad y potencia, "el nuevo satélite tendrá un peso de aproximadamente 3,600 Kg y requerirá de una potencia de 8,500 watts para su operación. Esta potencia es 10 veces mayor que la del satélite Morelos II (777 watts) y más del doble de la requerida por los satélites Solidaridad (3,500 watts)"³⁵, se vislumbra que este nuevo satélite permitirá a México continuar con la prestación de servicios requeridos, "tanto por empresas privadas como por las entidades de los gobiernos federal y estatal, así como una mayor presencia en América en la oferta de servicios de Telecomunicaciones"³⁶.

De acuerdo a Lino Santa Cruz, las principales diferencias de los satélites Solidaridad con respecto a los Morelos son: se duplica la capacidad en la banda Ku y su potencia en 700 por ciento; aumenta 45 por ciento la potencia de la banda C; y se incorpora la banda L.

A juicio del citado autor, los satélites Solidaridad representan la continuidad en el servicio de las telecomunicaciones, ya que son el soporte de una infraestructura básica, pues gracias a ellos podremos continuar con nuestra vida cotidiana, pero depende de los responsables de las políticas de comunicación satelital que esto represente en realidad un beneficio para la sociedad en general.

³⁴ idem

³⁵ idem

³⁶ idem

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

CONCLUSIONES

Hoy en día justo a fines del milenio y en la antesala del siglo XXI podemos sentarnos a observar cómo y cuántos han sido los avances tecnológicos que la humanidad en su lucha por ser cada día mejor ha alcanzado. Cabe señalar que dentro de estos avances se encuentra precisamente el tema que nos ocupa, los satélites, área en la que México ha venido ocupando un lugar muy importante, aunque hay que recordar a los competidores que vendrán a dar batalla a la empresa Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. que actualmente posee el monopolio de dichos aparatos a nivel nacional. Tal vez estos nuevos competidores estén en posibilidades de ofrecer mejoras tecnológicas en sus satélites ya que no hay que dejar de lado que día a día las tecnologías avanzan, pero por lo tanto nuestro país sigue estando a la vanguardia, ocupando el primer lugar en Latinoamérica en lo que respecta a materia satelital.

Es gracias a nuestros satélites que ahora podemos ver por medio de imágenes televisivas lo que pasa del otro lado del mundo: vemos una

guerra que termina y otra que empieza, los nuevos adelantos científicos para curar enfermedades mortales o simplemente el clima de los países, por lo que en muchos casos los satélites representan la mejor solución en el mercado, pues nos permiten estar mejor informados en un menor tiempo y por qué no decirlo también a un menor precio. En la actualidad existen varias aplicaciones de los satélites entre las cuales podemos señalar:

- La telefonía , rural, local o bien celular.
- Los radiolocalizadores que tienen una gran afluencia hoy día manteniendo a la gente comunicada ya sea por cuestiones de trabajo. Tal es el caso de personas que ofrecen sus servicios y no cuentan con teléfono en casa, por ejemplo: un plomero que esté donde esté se le puede localizar ya sea para reclamar algún trabajo o bien para que acuda a auxiliarnos lo antes posible.
- Turbo internet, este servicio permite que el acceso dentro de la red mundial de computadoras sea mucho más rápido lo que reditua en menores costos y una mayor productividad. En la actualidad tienen acceso a este servicio únicamente las compañías interesadas en hacer mas competitiva a su empresa.

Si bien las necesidades de telecomunicaciones se han visto incrementadas notablemente en las dos últimas décadas de este siglo con la puesta en órbita primero del Sistema de Satélites Morelos y después con el segundo Sistema Satelital Solidaridad que comprende los satélites Solidaridad 1 y 2, cambiando de manera notoria la vida de los mexicanos también es importante señalar que muchas de las acciones que llevamos a cabo cotidianamente como retirar dinero de un cajero electrónico, se vería afectada si algún satélite llegase a tener una falla en su operación. Es por ello que existe un grupo de ingenieros orgullosamente mexicanos que está pendiente del estado de salud de los satélites, ejecutando las acciones necesarias en momentos de contingencia; pues es muy importante evitarlo ya que sería un caos si llegase a fallar cualquiera de los satélites.

Por todo esto es que considero que para nosotros los comunicólogos es importante conocer las partes que conforman a un satélite, no por que nos interese ser técnicos en la materia sino por el simple hecho de que como tales, tenemos la responsabilidad de estar bien informados reconoceremos que el lograrlo depende de la calidad con que se construyen los satélites, aparatos que viven todo un proceso de producción y mantenimiento, el cual después de conocerlo nos involucra de una manera muy detallada a su funcionamiento e importancia.

La tesina descubrió de manera minuciosa los satélites mexicanos porque la mayoría de veces nos centramos en su uso y consecuencias pero también debemos recordar que es una creación humana que puede dar un excelente servicio si cumple con los requisitos de producción necesarios.

Por ello es que tenemos que dar "valor a quien valor merece", es decir, debemos valorar los esfuerzos que hicieron en un principio el gobierno mexicano por adquirir el primer satélite nacional el Morelos I y con ello dar a México una "cultura satelital", así como el esfuerzo que hoy en día continua haciendo la empresa Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. para continuar con dicha cultura, pues como se percata a lo largo de ésta tesina poner un satélite en órbita implica tanto un procedimiento organizacional que lleva consigo años de trabajo, pues implica desde la planeación hasta la fabricación y puesta en órbita sin dejar de lado claro esta una serie de procedimientos que se deben de realizar.

Para finalizar es importante señalar que cuando un satélite llega a su fin se convierte en un desecho, exacto, "un desecho espacial" mismo que la NASA define como todo objeto fabricado en tierra que flota en el espacio sin un fin útil. Los objetos pueden ser desde partículas de pintura hasta cualquier herramienta que por error deje caer un

astronauta u objetos que se desprenden durante las etapas de lanzamiento y por supuesto también los satélites inactivos.

Así es, cuando un satélite llega al fin de su vida útil, es decir, cuando está a punto de acabarse su combustible para seguir proporcionando servicios, se realizan maniobras que lleven al satélite a una órbita a cientos de kilómetros por encima de la órbita geoestacionaria. Esto es con el único objeto de prevenir congestiones innecesarias, tal y como ocurriera si vamos en automóvil por la carretera y sabemos que el combustible está a punto de agotarse, lo más lógico es conducir el automóvil hacia el carril de la derecha para así no obstruir el paso de otros automóviles. Lo mismo sucede con los satélites cuando se detecta que se cuenta tan solo con el combustible necesario para ser retirado se le da una serie de impulsos para que este alcance su destino final muy alejado de su órbita nominal y ahí permanece sin provocar daño alguno. De esta manera se contribuye al mejor funcionamiento de los satélites que se encuentran aún operando. Después de conocer su funcionamiento e importancia, seguramente cada uno de nosotros los valoraremos cada vez más.

Bibliografía

1. Crovi Druetta, Delia María **Educación vía satélite o Aquiles y la Tortuga**, Tesis de Maestría en Ciencias de la Comunicación, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 1991.
2. Eco, Humberto, **Cómo se hace una tesis**, Gedisa, Bancelona, 1994.
3. Fernández, José Antonio y Fernández, Patricia, **Sistema de Satélites Morelos**, Tesis de Licenciatura en Comunicaciones, Universidad Iberoamericana, México, D.F. 1985
4. Gómez Mont, Carmen **El desafío de los nuevos medios de comunicación en México**, Ed. Diana, México, D.F. 1992
5. Merchan Escalante, Carlos A. **Historia de las Comunicaciones y Transportes en México**. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, 1998.
6. Schmelkes, Corina, **Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación**, Herla, México, D.F. 1988.
7. Schmucler Héctor, **25 años de satélites artificiales** Clarke Arthur C. "Wireless Word, Octubre 1945; Ed. 1982.
8. Telecomm, **Glosario de nuevos términos usados en las telecomunicaciones**, Segunda edición, México, 1992.
9. Vallejo Landa, Deirdre, **Las nuevas tecnologías: La comunicación satelital y su aplicación para la televisión en México**, Tesis de Licenciatura en Comunicaciones, Universidad Iberoamericana, México, D.F. 1996.

Hemerografía

1. "Telecomunicaciones y Microondas"; **Revista Comunicaciones y Transportes** No. 19 - 20, México, Julio- Diciembre, 1970.

2. Becerril B., Porfirio. "La construcción y el lanzamiento de los SCT – 1 y SCT – 2" **Revista Comunicaciones y Transportes No. 9**, México, 1970
3. **La Jornada**, "Cuarto Satélite", 14 de noviembre de 1997.
4. **Publicaciones Telecomex**, "Sistema de Satélites Morelos", México, D.F.
5. **Reforma**, "Avanza Satmex con Arianespace", 14 de noviembre de 1997.
6. **Revista Teledato**, "Sistema Morelos de Satélites Domésticos Mexicanos", Epoca III, marzo, 1984. No. 29.
7. **Revista Telepress Latinoamericana**, Julio – Agosto, 1996.
8. Santa Cruz, Lino "La era de los satélites Solidaridad", **Revista Mexicana de Comunicación**, Marzo 1994, No. 33, p.34

Documentos

1. Conferencia **Sistema de Comunicaciones por Satélite**, Programa Nacional de Comunicaciones Eléctricas, México, D.F., 1983 – 1988.
2. Documento interno de Telecom. **Sistema de Satélites Solidaridad**, noviembre, 1993.
3. Documento interno de Telecomunicaciones de México.
4. Glenn Ryan, publicación cuatrimestral, Loral Skynet, 1999
5. Seminario de Comunicaciones vía Satélite, **Aspectos Comerciales y de Contratación**, Telecomunicaciones de México, México, D.F., noviembre, 1995.
6. **Sistema de Satélites Mexicanos Solidaridad, Manual Técnico**, Telecomunicaciones de México, sexta edición, 1995.
7. **Sistema Nacional de Satélites Morelos**, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Telecomunicaciones, Subsecretaría de Comunicaciones y Desarrollo Tecnológico.
8. **Subsistemas del Centro de Control**, Manual, Hughes Aircraft, Co., 1984.
9. **Sumario del Sistema**, Manual, Hughes Aircraft, Co., 1984.
10. Vigésimo Quinto informe a la Junta Directiva (1/97).

Internet

1. <http://www.intelsat.com.mx>
2. <http://www.nahuelsat.com>.
3. <http://www.panamsat.com.mx>.
4. <http://www.satmex.com.mx>.