

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



SISTEMAS SATELITALES

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

PRESENTA:

SERGIO LUIS BARTOLO

CD. UNIVERSITARIA

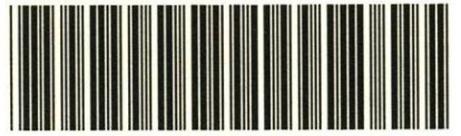
ENERO DE 1997

T

TK510

B377

c.1

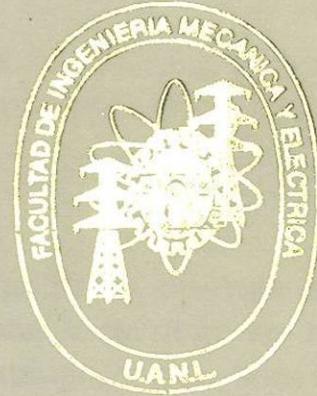
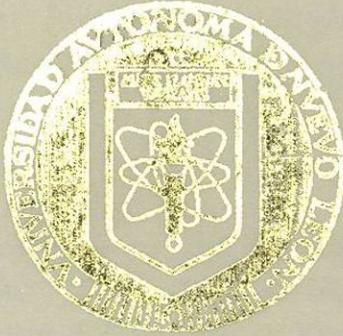


1080086843

14510
TK 6108
B344
88

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



SISTEMAS SATELITALES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

SERGIO LUIS BARTOLO



CD. UNIVERSITARIA

ENERO DE 1997.

T
TK 5104
B377



AGRADECIMIENTOS

A DIOS : Por estar conmigo siempre y por darme la sabiduría necesaria para poder realizar mis metas , por su bendición que nunca me faltó y por guiarme a través de esta vida... **GRACIAS DIOS MIO.**

A MIS PADRES : Sr. Ramón Luis Cruz y Sra. Rosa Bartolo de Cruz... Gracias por darme la oportunidad de desarrollar una meta más en mi vida , **GRACIAS** por ese apoyo y sacrificio que tuvieron conmigo, y que nunca dejaron de darme, **GRACIAS** por esa confianza que tuvieron conmigo y demostrarme que con trabajo y dedicación ... **TODO ES POSIBLE.**

A MIS HERMANOS : Gildardo, Orlando y Ramón por que nunca dudaron en apoyarme en mi educación . **A Elizabeth, Silvia y Zoila** por sus apoyos y por la confianza que me tuvieron siempre. **A Mary** por los consejos que alentaron a mi vida de seguir adelante en mis estudios. **A todos ellos , Gracias.**

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS : Irma, Selene, Cinthya, Juan, Homero, Felix, Julio, Víctor y todos aquellos que de alguna manera nunca dudaron en darme la mano cuando lo necesite. Gracias por compartir los buenos y malos momentos conmigo, nunca los olvidare.

A MIS MAESTROS : A todos aquellos que nunca dudaron en dar lo mejor... **GRACIAS** por las enseñanzas y conocimientos que siempre están aplicando. **GRACIAS A TODOS.**

A MI QUERIDA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON :
Gracias a sus autoridades académicas y administrativa, " **ALLERE FLAMMAN VERITATIS** " .

PROLOGO

En la actualidad las comunicaciones por los medios electrónicos, juega un papel esencial en la mayoría de los países del mundo, y desde luego México es uno de ellos.

Cabe mencionar que los satélites han pasado a formar parte de la infraestructura de nuestro país, el desarrollo que hoy se vive en México es gracias a ellos, claro sin ellos muchas de las actividades que comunmente realizamos como por ejemplo mandar correo electrónico vía internet, o ser un espectador de un evento que sucede a cientos de kilometros con solo encender el televisor no podrían ser posible.

Sin embargo los satélites no solo nos proporcionan información o diversión, los satélites son la estructura que sostiene innumerables transmisiones de datos, audio, vídeo y telefonía. En muchas empresas, bancos, dependencias gubernamentales y últimamente en muchos hogares o instituciones educativas.

No obstante los satélites no son los únicos en ocuparse de las comunicaciones por medios electrónicos en nuestro país. Existen también otros medios o sistemas como lo son las microondas, que también transmite datos, audio, vídeo y telefonía. Estos son enlaces entre puntos específicos, que entre ellos forman redes de comunicación entre varios puntos.

Cabe mencionar que nuestro país cuenta en la actualidad con dos sistemas satelitales llamados solidaridad I y II, más adelante en el capítulo I y II hablaremos de algunas de sus características que presentan.

En los temas que se eligieron hablaremos de las características de los satélites y su estructura así como también algunas de sus características. Este trabajo contiene dos capítulos en la cual el primero habla de la clasificación de los satélites de acuerdo a su aplicación, así como procedimientos para llevar a su órbita a un satélite, en el capítulo dos se hablara de la estructura de un satélite y su funcionamiento de ella. Cabe recordar que se menciona algunas características de los satélites mexicanos.

Podemos estar seguros de que pasaran muchos años, antes de que se logre superar los beneficios que por medio de un satélite de comunicación, tienen los medios electrónicos. Espero que el lector de esta investigación le sirva como un medio para conocer más acerca de los satélites de comunicaciones.

CONTENIDO

CAPITULO 1

Introducción a los Satélites de Comunicaciones

- Clasificación de los satélites de acuerdo a su principio de operación .
- Clasificación de los Satélites de acuerdo a su aplicación .
- Satélites de Comunicaciones geoestacionarios.
- Procedimiento para llevar un satélite a la órbita geoestacionaria.
- El satélite y el medio ambiente en el espacio.

CAPITULO II

Estructura y funcionamiento de un Satélite

- Estructura y funcionamiento de un Satélite.
- Subsistemas de Antenas.
- Subsistema de Comunicaciones.
- Subsistema de Energía.
- Subsistema de Control térmico.
- Subsistema de Posición y Orientación.
- Subsistema de Propulsión.
- Subsistema de Rastreo, Telemetría y Comando.
- Subsistema Estructural.

CAPITULO I

INTRODUCCION A LOS SATELITES DE COMUNICACION

Para definir Satélite practicamente en comunicaciones, se define como una repetidora en el rango de las microondas en el espacio.

Fué en 1957 especificamente el 5 de Octubre, cuando el primer satélite es puesto en orbita (el Sputnik) lanzados por los Sovieticos ; Las antenas eran de 2.4 y 2.9 mts. de largo (no existian todavia las celdas fotoeléctricas) y apartir del 22 de diciembre el Sputnik empezo a fragmentarse y así termino el primer satélite construido por el hombre. Pero marca el inicio de un ervolucionario cambio en el mundo de las comunicaciones.

Tres años más tarde en a gosto de "1960" la NASA hace su primer intento en tener un satélite artificial que pudiera reflejar las señales emitidas.El satélite consistia en un globo que tenia un diametro de 30 mts. y estaba cubierto de naylon con lamina de aluminio. Aquí en 1960 se logró la primera transmisión de telefonía y T.V. gracias al sistema de F.M. en la banda de radiofrecuencias de 1 Ghz. y 2.5 Ghz.

En la actualidad debido al avance tecnologico existe una gran diversidad de satélites que los podemos clasificar de acuerdo a su principio de operación, de acuerdo a su aplicación, de acuerdo a su orbita y de acuerdo a su cobertura.

CLASIFICACION DE LOS SATELITES DE ACUERDO A SU PRINCIPIO DE OPERACIÓN

PASIVOS : Son satélites que solo reflejan la señal (Rebote en superficies metalicos ; actúan como espejos , en la actualidad ya no se usan).

ACTIVOS : Son satélites capaces de recibir la señal, amplificarlas y cambiarles la frecuencia. Con esto se mejora la calidad del enlace.Los satélites activos con la misma gama de frecuencias deben de estar separados por lo menos 5° entre ellos, para evitar interferencias.

CLASIFICACION DE LOS SATELITES DE ACUERDO A SU APLICACION

CIVILES

Meteorológicos
experimentales
comunicaciones

MILITARES

SATELITES DE COMUNICACIONES GEOESTACIONARIOS

Requisitos para que el satélite sea geoestacionario :

1. Debe desplazarse en el mismo sentido de rotación de la tierra.
2. Debe estar a una altura aproximada de 36,000 Km. sobre el nivel del mar.
3. Debe seguir una órbita circular alrededor de la tierra a una velocidad constante aproximada de 3,075 m/seg. , completando una vuelta cada 24 hrs.

PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A UN SATELITE A LA ORBITA GEOESTACIONARIA

- Inyección directa en órbita geoestacionaria :

El satélite es transportado por un cohete por varias etapas hasta el cinturón de Clarke (órbita geoestacionaria) sin que necesite realizar esfuerzos propios, lo cual aumenta la probabilidad de que el satélite llegue en buenas condiciones . Este procedimiento es muy costoso y solo se utiliza para lanzar satélites militares.

- Inyección inicial en órbita elíptica :

En este procedimiento las etapas de lanzador colocan al satélite en una órbita llamada de transferencia geosincrona , es aquí donde el satélite se separa del cohete, hasta que se lleva acabo la siguiente etapa del proceso, con esfuerzos propios del satélite. El perigeo de la órbita de transferencia geosincrona esta a una altura aproximada de 200 Km. sobre el nivel del mar y su apogeo cerca de los 35,788 Km. que es la altura final en la que el satélite se debe quedar para funcionar . Después de circular la órbita de transferencia geosincrona según las vueltas que se hayan programados, en la última vuelta se enciende el motor de apogeo y empuja al satélite en dirección correcta pasando de la órbita elíptica de transferencia geosincrona a la circular geoestacionaria.

- Inyección inicial en órbita circular baja :

Este procedimiento consiste en tres pasos, los dos últimos son idénticos la procedimiento de inyección inicial en órbita elíptica. En el primer paso el orbitador despega llevando al satélite y entra en órbita alrededor de la tierra siguiendo una trayectoria circular a una altura aproximadamente de 300 Km. sobre el nivel del mar. En una de las vueltas el satélite es liberado quedando de esta forma en órbita circular, baja alrededor de la tierra, la velocidad inicial del satélite es la misma que la nave , aunque ligeramente modificada, la separación del satélite y del orbitador se efectúa cuando la nave cruza el plano del ecuador y 45 minutos mas tarde, el satélite vuelve a cruzar el plano del ecuador, su motor de perigeo se enciende.

Este le da un empuje tal que modifica su órbita, cambiándola de circular baja o de estacionamiento a una elíptica de transferencia geosincrona. El motor de perigeo se desprende del resto del resto del cuerpo del satélite , para mas adelante un motor de apogeo acoplado al cuerpo del satélite se enciende para circular la órbita geoestacionaria.

PROCESO DEL LANZAMIENTO DEL SATELITE SOLIDARIDAD II

El satélite Solidaridad II , fué fabricado por la compañía Hughes Aircraft y el servicio de lanzamiento por la compañía Ariane Space, el cual se llevó a cabo en un Ariane IV desde el centro espacial Guyanés del puerto de kourou en la Guyana Francesa.

El satélite fué colocado en la posición orbital 113 grados Oeste y el método fué inyección inicial en órbita elíptica.

Después de que se separaran del cohete Ariane, los satélites se operan desde una estación controladora de satélites en Ixtapalapa , Estado de México y desde una estación alterna en Hermosillo, Sonora.

SECUENCIAS DE LA PUESTA EN ORBITA

- 1.- El vehículo lanzador despliega la OMNI.
- 2.- El vehículo lanzador se pone a rotar a 5 rpm.
- 3.- El satélite se separa del vehiculo lanzador.
- 4.- Incremento de velocidad a 10 rpm.
- 5.- Encendido del perigeo.
- 6.- Reorientación del satélite.
- 7.- Encendido del apogeo.
- 8.- Disminución a 1.5 rpm.
- 9.- Despliegue de los reflectores.
- 10.- Disminución a .33 rpm.
- 11.- Despliegue de los paneles solares.
- 12.- Despliegue de la OMNI a su posición.
- 13.- Operación en su posición geosíncrona.

DURACION DEL LANZAMIENTO

Se realizan dos tipos de maniobras al solidaridad II , la de "INCLINACION" (norte/sur) y la de " DERIVACION/EXCENTRICIDAD" (este-oeste). Cada tipo de maniobra se realiza cada dos semanas.

Para poder planear estas maniobras se colectan datos de rastreo de la antenas y se mide la distancia que hay entre la estación de rastreo y el satélite, obteniendo su ubicación exacta.

RESCATE DE SATELITES

Los satélites se pueden rescatar; pero salvo pocas excepciones como lo son los satélite de órbita baja, que no son geoestacionarios. Cuando los satélites no alcanzan a llegar a su órbita geoestacionaria, es preciso bajarlos de alguna manera hasta la altura en que vuelan los orbitadores para que los astronautas puedan salir de la nave a capturarlos y almacenarlos en el compartimiento de carga.

Por lo tanto, el combustible almacenado en cada satélite, que se había previsto para operarlo durante todos sus años de vida, se utiliza a través de muchísimas maniobras, para irlos bajando poco a poco, hasta que queden al alcance de los orbitadores.

EL SATELITE Y EL MEDIO AMBIENTE DEL ESPACIO

Para que no exista ningún riesgo de interferencia radioelectrica entre los satélites que ocupan la órbita geoestacionaria deben de estar separados entre sí por dos a tres grados de arco , equivalente a 1,500 y 2,200 Km. respectivamente . Además, la posición en longitud de cada uno depende de la zona geográfica que se encargue de intercomunicar.

Cuando el satélite se este 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 cuerpo con respecto a la superficie terrestre .

A través del subsistema de propulsión del satélite, es posible ayudarle a corregir su orientación y posición, enviándole comandos a control remoto remoto en forma periódica.

Mientras el satélite se mueva dentro de ciertos limites establecidos (75 x 85 Km.) que se conoce como una caja imaginaria , no habrá ningún problema, pero

hay que rastrearlo permanentemente para observar su posición y encender el sistema de propulsión a control remoto antes de que se salga , para así regresarlo hacia el otro lado de la caja. El numero de años que pueda trabajar sin problemas , es decir , su vida útil, depende en gran medida de la eficiencia con la que los operadores en tierra administren el combustible contenido en los tanques de almacenamiento del satélite.

LAS FUERZAS PERTUBADORAS

Las fuerzas que causan tantos problemas para conservar al satélite fijo en su posición geostacionaria son :

- **Campo gravitacional de la tierra :** Es la fuerza que mas le afecta , el satélite gira alrededor del centro de masa de la tierra variando su velocidad conforme se desplaza sobre su órbita; dicho cambio de velocidad o aceleración provoca a su vez que el satélite cambie de posición en longitud, es decir, que se mueva a la derecha o la izquierda (Oeste o Este) sobre el arco geostacionario, dentro de la caja imaginaria.
- **Fuerza gravitacional de la luna y fuerza gravitacional del sol :** Combinación de estas fuerzas producen un movimiento perpendicular del 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 es del orden de 1° por año, medido hacia el plano de la elíptica ; un 30 % de esta inclinación se debe al sol y un 70 % al de la luna. También ambas fuerzas producen una pequeña variación en la posición longitudinal del satélite.
- **La presión de la radiación solar sobre la superficie de su estructura :** Esta fuerza acelera el satélite y su principal efecto es cambiar la excentricidad de la órbita del satélite, al mismo tiempo se produce un giro, que cambia su orientación con respecto a la superficie del planeta.
- **El campo magnético de la tierra :** Su efecto es despreciable en comparación con las fuerzas comentadas anteriormente .
- **Fuerzas impredecibles , producidas por el impactos de meteoritos :** Cuando existe una colisión se modifica ligeramente su posición y orientación.

- **Fuerzas perturbadoras producidas por el mismo satélite :** El simple hecho de exista movimientos en sus antenas . sus arreglos solares o el combustible que quede adentro de sus tanques de almacenamiento , produce pares o fuerzas que afectan el satélite .
- **Presión producida por la misma radiación radioelectrica de las antenas del satélite :** Su efecto es importante cuando la potencia de transmisión es alta y está concentrada en un haz de iluminación muy angosto . Esta fuerza origina un giro del satélite.

LA TEMPERATURA DEL SATELITE

Se necesita mantener un balance térmico entre la energía que el satélite recibe por la radiación de la fuentes externas y la energía que el mismo disipa internamente tomando cuenta que el sol es la principal fuente de radiación y es el que genera electricidad para suministrar al satélite.

Las celdas solares trabajan con mayor eficiencia entre -100° y $+20^{\circ}$

Las baterías solares solamente trabajan entre 0° y $+20^{\circ}$

Los tanques de combustible trabajan entre $+10^{\circ}$ y $+50^{\circ}$

En el interior del satélite , la transferencia de calor se lleva a cabo por conducción, y en el espacio por radiación . En cuanto a la contribución 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".

Cuando ocurre un eclipse el satélite no puede transformar energía solar en electricidad, la cual la obtiene de una fuente de respaldo que esta constituidas por varias baterías que forman parte del satélite, de esta forma el servicio no se interrumpe durante un eclipse o la noche terrestre.

OTROS FACTORES DE PERTURBACION

- **La radiación ultravioleta del sol** : Causa que los materiales del satélite se ionicen, degrada poco a poco la eficiencia de las celdas solares en un 20 % a 30 % .
- **El medio ambiente de casi vacío** : Ocasiona que los materiales y los semiconductores se sublimen y tiendan a evaporarse . Pero tiene la ventaja de que no haya problema de corrosión.
- **La posibilidad de condensamiento de gases** : En superficies frías y produzcan un cortocircuito en materiales.
- **Las partículas cósmicas que inciden sobre el satélite** : Ocasiona que sus plásticos se ionicen y que la eficiencia de las celdas solares se degraden aun mas.
- **Los meteoritos** : Pueden perforar parte de su exterior.

CAPITULO II

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SATELITE

PRINCIPALES SUBSISTEMA DE UN SATELITE Y SUS FUNCIONES :

SUBSISTEMA	FUNCION
1. Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia
2. Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencias
3. Energía eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltajes y corriente
4. Control térmico	Regular la temperatura del conjunto
5. Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite
6. Propulsión	Propocionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y orientación.
7. Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en tierra para conservar el funcionamiento del satélite.
8. Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

SUBSISTEMA DE ANTENAS

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencias provenientes de las estaciones terrenas transmisoras, y después que son procesados en el satélite, las transmiten de regreso hacia la tierra, concentrada en un haz de potencia. Las antenas son, al mismo tiempo, el puerto de entrada y de salida de ese mundo electrónico que es el interior del satélite; son las interfaces o etapas de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan dentro de varios de sus subsistemas.

Cuanto más grandes son las antenas, tienen la propiedad de una mayor capacidad para concentrar la energía en un haz electromagnético muy angosto, que ilumina pocas unidades cuadradas, pero las irradia con niveles muy altos de densidad de potencia; esto facilita el diseño y reduce el costo de las estaciones terrenas receptoras.

Por otro parte cuanto más alto sea la frecuencia a la que una antena de dimensiones constantes trabaje, mayor es su capacidad de concentración de energía; ésta es una característica propia de las antenas parabólicas y, en general, de todas las antenas llamadas "de aperturas", cuya capacidad de concentrar la potencia en un haz invisible de radiación o iluminación muy angosto es función directa de sus dimensiones eléctricas y no de las físicas.

La dimensión eléctrica de una antena es igual a su dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda a la frecuencia de operación, o el número alta sea la frecuencia la longitud de onda electromagnética es más corta y el tamaño eléctrico de la antena aumenta. Los haces de iluminación angostos reciben el nombre de haces de pincel o puntuales, a si mismo la cobertura de cada haz se denomina huella de iluminación.

Como las huellas de iluminación tiene ciertos contornos, al haz que irradia cada una de estas antenas también se le llama haz de contorno independiente de la extensión territorial que abarque. La huella de iluminación es la intersección del haz radiado por la antena con la superficie de la tierra.

Las antenas que presentan éstas características son las del satélite y su función es intercomunicar distintos puntos geográficos, es decir recibir y transmitir las señales de conversaciones telefónicas, programadas de radio, etc.; pero existe otro tipo de

antena muy importante que no tiene nada que ver con la recepción y transmisión de las señales anteriores. Se trata de la antena de telemetría y comando.

La antena de telemetría y comando, se encarga de recibir las señales que contienen órdenes emitidas por el centro de control en la tierra, para que se efectúe alguna corrección a bordo; también es responsable de enviarle al centro de control señales que contiene información vital sobre el estado de operación de todo el satélite, con el fin de que en la tierra se pueda saber qué ocurre en su interior, donde está funcionando en general; de esta manera los operadores pueden realizar las modificaciones necesarias enviando las señales de comando, las cuales son recibidas por la misma antena.

La antena de telemetría y comando debido a que es una antena altamente direccional (que concentra la mayor parte de su potencia radiada en un haz angosto de iluminación, es decir, en cierta dirección), normalmente es una antena bicónica, cuya radiación es casi omnidireccional es decir que emite más o menos con la misma intensidad en todas direcciones.

NOTA : En la práctica, y en condiciones normales de operación se prefiere usar las antenas parabólicas del satélite para la transmisión y recepción de señales de telemetría y comando. La antena propia de telemetría juega su principal papel durante el lanzamiento y colocación en órbita del satélite, y por supuesto en cualquier caso imprevisto.

Los sistemas satelitales Solidaridad cuentan con un sistema híbrido de comunicaciones, son tres subsistemas en total, cada uno maneja una banda de frecuencia diferentes entre si.

BANDA	TRANSMISION	RECEPCION
C	3700 a 4200 Mhz.	5925 a 6425 Mhz.
Ku	11.70 a 12.20 Ghz.	14.0 a 14.5 Ghz.
L	1528 a 1559 Mhz.	1629.5 a 1660.5 Mhz.

La comunicación en la banda C y Ku se utiliza usando polarización ortogonal, para la banda L se utiliza la polarización circular derecha.

AREAS DE COBERTURAS

BANDA C :

Región 1.- México, parte de U.S.A. y parte norte de Centro América.

Región 2.- La región 1 , todo Centro América y las Islas del Caribe.

Región 3.- Parte de SudAmérica.

BANDA Ku :

Región 4.- México, Guatemala, Bélice, Los Angeles, San Antonio, Parte de Centro América.

Región 5.- Algunas ciudades de U.S.A. como Chicago, Washington, San Francisco, Miami, Tampa, Dallas, Houston, San Antonio, parte de Canada y Cuba.

BANDA L :

Todo el territorio mexicano y la región marítima patrimonial con una extensión de 200 millas náuticas desde ambas costas.

CARACTERISTICAS DE LA ANTENA PARA BANDA C

En el lado Oeste se tiene dos arreglos de alimentación fuera del foco central de la antena, uno para cada polarización, con redes de formación de haz separados. (BFN

En el lado Este se tiene un arreglo de alimentación fuera de foco para Tx en R3.

Las BFN proporcionan buena sintonía, bajas pérdidas y buen desempeño eléctrico.

Las rejillas de las antenas y el diseño de las antenas proporcionan mas de 33 dB de aislamiento en polarización. Proporcionan puntos separados de monitoreo para Tx en R3.

CARACTERISTICAS DE REPETIDOR DE BANDA C

Tienen 12 canales de 36 Mhz. cada uno y 6 canales de 72 Mhz. cada uno. Tiene 3 haces de cobertura R1, R2 y R3. Cuatro puertos de Rx y cuatro Tx. Extensión al haz de R2 utilizando el haz de R1 (subida y bajada).

Selección del haz de R2 utilizando una matriz de swiches de entrada. Los canales 11 y 12 tiene la opción de subir utilizando los haces de cobertura de la región R2 y R3.

Los canales 6,8,10 y 12 proporcionan cobertura en la bajada para R1 o R2.
Los canales 5, 7, 9 y 11 proporcionan cobertura switchable en la bajada entre las regiones R1 Y R3.

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA ANTENA PARA BANDA Ku

Dos arreglos de alimentadores fuera de foco, uno para cada polarización con redes de formación de haz (BFN) separadas.

El desempeño relacionado al aislamiento es de mas de 33 dB. Proporciona puntos separados de monitoreo para Tx en R5.

CARACTERISTICAS DEL REPETIDOR DE BANDA Ku

Cuenta con 16 transpondedores de 54 Mhz. cada uno . También cuenta con tres puertos de recepción con polarización lineal ortogonal R4 horizontal. R4 vertical y R5 vertical.

También cuenta con una matriz de conmutadores para selección del haz de subida (R4 o R5). Es un sistema digital con acceso Múltiple TDMA, llamado acceso múltiple por división de tiempo con conmutación al satélite o SS/TDMA.

Tiene 20 TWT a 42.5 W mínimo. Tiene una configuración de receptores redundantes de 35 dB. Cuenta con tres puertos de recepción con polarización lineal ortogonal en R4 horizontal , R4 vertical y R5 vertical.

FUNCIONES DEL REPETIDOR DE BANDA Ku

Todos los canales Rx y Tx en la R4 , los canales 6 y 8 proporcionan cobertura de repetición desde R4 y R5.

Un filtro de salida por separados por el canal 6 proporciona cobertura conmutable ya sea para R4 o R5. Proporciona la interface con el repetidor de banda L utilizando el canal 5.

Se proporciona un enlace de bajada de radio faro para controlar los enlaces de subida. Existe monitoreo de tráfico de R5 en Iztapalapa como parte de bajada en R4.

FUNCIONES DE LAS SECCIONES DE LA BANDA Ku

SECCION 1	RECEPCION Y TRANSLACION
SECCION 2	CANALIZACION
SECCION 3	AMPLIFICACION
SECCION 4	CONECTIVIDAD

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE BANDA L

Esta etapa compuesta de un arreglo de 26 elementos radiantes, copas parabólicas de corto disparo de retroceso que utilizan dipolos como elementos radiadores.

Tienen una distribución de potencia en el arreglo implementado, 4 redes de distribución de squareax, uno por cuadrante.

Los cuadrantes están diagonalmente opuestos, están balanceados en potencias, minimizando el impacto en caso de una falla de SSPA's. Están montados en un plano de material llamado panel de abeja de aluminio. También cuentan con nueve puntos de soporte y sujeción en el módulo de carga.

CARACTERISTICAS DEL REPETIDOR DE LA BANDA L

Los enlaces de ida y de regreso, comparten el mismo arreglo de antenas para Banda L.

El repetidor de ida :

- Rx en banda Ku y Tx en banda L.
- Utiliza el LNA en banda Ku.
- Utiliza sub-bandas para su Tx y Rx.
- Existe convertidores Ku / IF de frecuencia para trasladar las frecuencias de Ku a IF.
- Cada uno de los dos convertidores IF / L trasladan de frecuencia IF a L.

El repetidor de regreso :

- Rx en banda L y Tx en banda Ku.
- Utiliza el LNA en banda L.
- Existen convertidores L / IF .
- Utiliza sub-bandas para el Rx y Tx.
- Cada uno de los convertidores L / IF trasladan de IF en sub-banda.

PARAMETROS PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO DE UNA ANTENA PARABOLICA

- A) Eficiencia.
- B) Ganancia.
- C) Relación F / D.
- D) Ancho de haz y lóbulos laterales.
- E) Temperatura de ruido.

SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

Las señales de comunicaciones recibidas por el satélite entran a el a través de sus antenas , y ellas mismas se encargan de retransmitir toda esa información hacia la tierra, después de procesarla debidamente , amplificando las señales a un nivel de potencia adecuado, para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad así como combinarlas de frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente.

El subsistema de comunicaciones realiza esta funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencias, conmutadores y multiplexores, a la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos sus equipos desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre de transpondedor, o sea, que el subsistema de comunicaciones consta de muchos transpondedores, y su numero depende del diseño del satélite.

Al rango de frecuencias que hay entre la frecuencia más baja y la más alta de las que se transmiten se le da el nombre de ancho de banda . El ancho de banda de operación o sea, el rango de frecuencias disponibles es de 500 Mhz. para recepción. Existe satélites denominados híbridos, que tienen los equipos necesarios para trabajar simultáneamente tanto en la banda C como el Ku, con lo cual se duplica la capacidad en el numero de canales que puede manejar el sistema al mismo tiempo. Estos satélites requieren más energía eléctrica y en consecuencia necesitan más metros cuadrados de celdas solares para efectuar la conversión suficiente de energía solar en electricidad.

Las bandas más utilizadas son las siguientes :

	BANDA C	BANDA Ku	BANDA Ka
Ascendente (Up-Link)	5,925 a 6,425	14,000 a 14,500	27,500 a 31,000
Descendente (Down-Link)	3,700 a 4,200	11,700 a 12,200	17,700 a 21,200

NOTA : Todas las frecuencias están dadas en Mhz.

Por conveniencia el ancho de banda de 500 Mhz. se divide en espacios o ranuras cuyos números depende de la aplicación del satélite. Se dejan espacios libres entre ranuras adyacentes para disminuir la posibilidad de interferencia entre señales que cada una contiene, este espacio se le conoce como banda de guarda .

Una de las principales razones por las que se divide en ancho de banda del satélite en transpondedores para realizar óptimamente con todas las señales al mismo tiempo.

El primer dispositivo electrónico importante que encuentra las señales recibidas por la antena es un amplificador de bajo ruido (A este dispositivo también se le denomina preamplificador de bajo ruido) este aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a el para amplificación. Todos los dispositivos electrónicos generan ruido principalmente por su calentamiento.

La primera etapa de amplificación es muy importante , porque la señal recibida por la antena es muy débil; después de haber recorrido 36,000 Km. procedentes de la superficie de la tierra, su nivel de potencia de llegada al satélite es muy bajo. El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda muy grande, de 500 Mhz. pues debe ser capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena, antes de que se proceda a separarlas entre sí, por medio de filtros. El amplificador de bajo ruido es un dispositivo clave, de cuyo correcto funcionamiento depende que la información siga fluyendo o no dentro del satélite, y por lo tanto se debe contar con un duplicado, de tal formas que si uno de los amplificadores se

descompone, mediante un conmutador se transfiere el enlace al otro que sí este en buenas condiciones.

Cuando ha alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como convertidor de frecuencia que no es mas que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente, las señales obtenidas a la frecuencias más bajas en espectro de radioeléctrico. Después de amplificar y cambiar la frecuencia de las señales, el siguiente paso es separarlas en grupos o bloques.

La separación se realiza con un demultiplexor, a él entra la información completa de 500 Mhz. de ancho de banda , y en su interior, mediante filtros, se separan los canales en bloques de 36 Mhz. cada uno. A continuación, cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación , proporcionada por un amplificador de potencia, y después todos los bloques son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500 Mhz. de ancho de banda, atravez de un multiplexor, conectado a la antena transmisora del satélite.

Cabe mencionar que después de cada salida del multiplexor hay un atenuador o resistencia variable; esta sirve para disminuir a control remoto, y en distinto grado, la intensidad del bloque de señales que entran a cada amplificador de potencia , o a la primera etapa de amplificación si es que hay mas de una.

Cuando los amplificadores de potencias del satélite entregan a su salida el máximo de potencia posible, se dice que están operando en su punto de saturación. Cuanto mayor sea la intensidad de las señales que llegan al satélite se obtienen mejores resultados en la primera etapa de amplificación, ya que la relación entre la potencia de la señal amplificada y la potencia del ruido térmico generado internamente es mayor, y como la calidad con la que finalmente la señal se recupera en tierra depende entre otros parámetros, de esta relación de potencias, se obtiene entonces una mejor fidelidad.

Todo tipo de información que se transmite al satélite tiene una frecuencia asignada, denominada portadora(señal senoidal de muy alta frecuencia que es modulada por la información que se desea transmitir o portar sobre ella) este proceso es necesarios para efectos de transmisión y para la ubicación de cada bloque de información dentro del espectro radioelectrico, de tal forma que no se traslapen entre si.

Existen señales indeseables denominadas en conjunto ruido de intermodulación, su intensidad es mayor y más dañina cuando se trata de obtener más potencia a la salida del amplificador. Siempre que haya más de una portadora presente al mismo

tiempo en el amplificador de potencia, se produce ruido de intermodulación y cuanto mayor sea su número, mayor es el ruido y su efecto sobre la información original.

La potencia de entrada al amplificador, es la suma de las , potencias de la portadoras. Los amplificadores de potencia puede ser tubos de ondas progresivas (TWT) o de estado sólido integrados con transistores de efecto de campo. Los niveles de interferencia se reducen aún más si se cambia la polarización de las señales antes de retransmitirlas.

Para que no ocurra ningún tipo de conflicto entre las señales que llegan simultáneamente al satélite, se establece un orden mediante una técnica de acceso múltiple de las cuales hay tres tipos :

- Acceso Múltiple Por División de Frecuencia (FDMA).
- Acceso Múltiple Por División de Tiempo (TDMA).
- Acceso Múltiple Por Diferenciación de Código (CDMA).

ACCESO MULTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA) :

El acceso múltiple por división de frecuencia es aun el de mas importancia. Cada estación terrena de un grupo particular selecciona y transmite una única serie de frecuencias. Los transmisores multiplexan su información y la entregan al satélite y su transpondedor como señal compuesta para su traslación y su transmisión a cada estación receptora.

Sin embargo muchas frecuencias diferentes de la original son producidas por la intermodulación a la salida de los amplificadores debido a su no linealidad. Por lo tanto la parte electrónica del satélite (los transponders) no debe ser sobreexcitada, la distorsión por intermodulación y la forma de prevenir es mediante la limitación de la potencia.

Cuando se puede garantizar que, durante la mayor parte del tiempo cada estación terrena activa ese ancho de banda que se le asignó, por esta razón también se el llama acceso múltiple por división de frecuencia con asignación fija.

- Acceso Múltiple por Asignación de Demanda (DAMA).

Permite la recepción de información solo cuando el receptor lo requiera. Por otro lado tal información, va a un sistema al cual otros usuarios también tienen acceso cuando lo necesitan, una estación central coordina el banco de frecuencia disponible. La forma más popular en uso ahora es el llamado acceso múltiple de canal sencillo o único por portadora (SCPC) , este separa la salida de un transponder particular en muchos posibles canales asignados y éstos están disponibles para cualquier estación que los requiera. Aquí un par de frecuencias son asignadas como requisitos de la estación receptora para establecer un enlace dúplex completo por la llamada. Cuando la llamada se completa, esas mismas frecuencias son liberadas al sistema para su utilización inmediata si alguien la requiere.

Como norma general SCPC con asignación por demanda se utiliza para comunicar, puntos con tráfico ocasional, como zonas rurales o de poco intercambio entre sí. Para enlazar puntos que generan un tráfico permanente se emplea la asignación fija y cuando el tráfico es poco pero constante se utiliza portadora multicanal (MCPC). Una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada, y la ranura de frecuencias necesaria para ubicarla es angosta o muy ancha, depende el número total de canales que contenga; éstos pueden ser analógicos o digitales, con multiplexaje de frecuencia o en el tiempo , respectivamente.

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA):

Es una técnica totalmente digital mediante la cual varias estaciones terrenas accesan u ocupan un transponder o parte de él. Todo un grupo de estaciones tienen asignada la misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignada un tiempo T para transmitir lo que guste dentro de la ranura, y cuando se agota debe de transmitir para que lo hagan las estaciones que le siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno.

ACCESO MULTIPLE POR DIFERENCIACION DE CODIGO (CDMA):

Cada bit de información como los que se transmiten en modalidad TDMA se transforma en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo con un código determinado previamente.

otra técnica utilizada actualmente :

Acceso Múltiple por División en el Tiempo con Conmutación en el Satélite (SS/TDMA) :

Los satélites modernos se están construyendo con varias antenas de haz de pincel. Cada haz está asociado con ciertos receptores y transmisores y es posible conmutar parte de la información , o toda, de un haz a otro mediante una matriz de microondas, este sistema es digital.

Frecuencias asignadas y reutilización de frecuencias :

La capacidad de tráfico de un satélite está limitada por dos factores, el ancho de banda y la potencia de los amplificadores.

Reutilización de frecuencias con aislamiento espacial :

Se realiza con un subsistema de antena que produzcan muchos haces dirigidos hacia zonas geográficas diferentes; si algunos haces están lo suficientemente separados entre sí, entonces pueden usar las mismas frecuencias.

Reutilización de frecuencias con discriminación de polarización :

Se efectúa mediante la transmisión simultánea en un mismo haz, a la misma frecuencia, con señales de polarizaciones ortogonales; éstas pueden ser lineales (horizontal y vertical) o circulares (derecha e izquierda). Muchos satélites comerciales operan con este tipo de reutilización de frecuencias .

RESUMEN DE LAS FRECUENCIAS ASIGNADAS A CADA BANDA :

BANDA	ENLACE ASCENDENTE (GHZ.)	ENLACE DESCENDENTE (GHZ.)
C : 6/4	5.925 - 6.425 (500 MHZ.)	3.700 - 4.200 (500 MHZ.)
	5.850 - 7.075 (1225 MHZ.)	3.400 - 4.200 4.500 - 4.800 (1100 MHZ.)
X : 8/7	7.925 - 8.425 (500 MHZ.)	7.250 - 7.750 (500 MHZ.)
Ku : 14/11	14.000 - 14.500 (500 MHZ.)	10.950 - 11.200 11.450 - 11.700 (500 MHZ.)
	12.750 - 13.250 14.000 - 14.500 (1000 MHZ.)	10.700 - 11.700 (1000 MHZ.)
14/12	14.000 - 14.500 (500 MHZ.)	11.700 - 12.200 (500 MHZ.)
Ka : 30/20	27.500 - 31.000 (3500 MHZ.)	17.700 - 21.200 (3500 MHZ.)

SUBSISTEMA DE ENERGIA

Todo satélite para funcionar adecuadamente necesita un suministro de energía eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de voltaje y corriente. La cantidad de potencia requerida por cada uno en particular depende de sus características de operación, y normalmente varían entre los 500 y 2000 Watts.

El subsistema de energía eléctrica consiste en tres elementos fundamentales : una fuente primaria, una fuente secundaria y un acondicionador de potencia. Hasta ahora ningún satélite comercial de comunicaciones utiliza energía nuclear, pues los combustibles como el curio 244 y el plutonio, aun cuando son relativamente fáciles de usar y requieren un sistema de protección sencillo para que no dañen por radiación a los componentes electrónicos del satélite, son muy caros; por otra parte los combustibles baratos como el estroncio 90 son peligroso y pueden implicar un grave riesgo en perjuicio del medio ambiente.

Las celdas solares funcionan bajo el principio fotovoltaico; cuanto mayor sea la densidad de flujo de la radiación solar sobre ellas, mayor es la electricidad que generan. Una gran desventaja que actualmente tienen las celdas solares es que su factor de eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica es muy bajo.

La intensidad de la radiación solar sobre las celdas del satélite no es constante, puesto que este se acerca o se aleja del sol junto con la tierra a desplazarse alrededor de el completando una vuelta en un año; cuando el satélite y la tierra se acercan al sol, la intensidad de la radiación solar sobre las celdas aumenta. La distancia del satélite al sol y el movimiento aparente del sol con respecto al satélite ocasiona que en diferentes épocas del año se tenga mas o menos energía eléctrica disponible, siendo máxima durante los equinoccios y mínima en los solsticios.

Existen dos formas de mantener al satélite geoestacionarios relativamente estables en lo que concierne a su orientación con respecto a la tierra. Estas dos formas son la estabilización por giro y la estabilización triaxial con cuerpo fijo.

Los satélites estabilizados por giro son cilindricos y llevan las celdas solares montadas sobre la mayor parte de su superficie, envolviendo casi totalmente su perímetro. Los satélites con cuerpo fijo y estabilización triaxial no tienen una geometría cilíndrica sino que se asemejan a un cubo o caja y normalmente emergen dos largos y planos paneles solares en forma de alas.

Es pertinente aclarar que los satélites estabilizados por giro han duplicado últimamente su capacidad de generación de electricidad , gracias a un nuevo

diseño de celdas con mecanismo telescópico. Este consiste en dos cilindros cubiertos de celdas solares; uno de ellos es hueco y el otro contiene todos los equipos del satélite. El primero lleva en su interior al otro cilindro durante el lanzamiento, y cuando el satélite ya esta en órbita, los dos se abren telescópicamente, aumentando así la altura y la cantidad de celdas solares expuesta al sol. De cualquier forma aun existe el desaprovechamiento de dos tercios de la celdas en cada instante conforme al satélite gira en el espacio, además se corre el riesgo que falle el mecanismo que desplaza telescópicamente a los dos cilindros.

Durante toda su vida de operación el satélite se ve expuesto a eclipses y en estos casos necesita obtener su energía eléctrica de alguna otra fuente que no sea el sol para poder seguir funcionando ; esta fuente secundaria o de respaldo la constituyen un conjunto de baterías que se cargan cuando las celdas solares se hayan expuestas al sol y se descargan durante los eclipses o las horas pico de mayor demanda de energía. Cuando este concluye y el satélite queda otra vez expuestos a los rayos del sol, las celdas solares vuelven a hacerse cargo como fuente primaria de energía al mismo tiempo que se recargan las baterías para que estén listas cuando se les requieran nuevamente.

MODO DE OPERACION EN ORBITA OPERACIONAL

La órbita operacional es la órbita geosíncrona :

35,786 Kms.

24 Hrs. de período de rotación.

Inclinación de cero.

Orbita circular.

Potencia completa a carga útil :

Operación de comunicaciones de la carga útil.

Calentadores.

Despliegue de los paneles solares :

Percepción completa del sol.

Exposición del radiador térmico.

Modo de luz solar :

El arreglo solar genera la potencia eléctrica del satélite. La batería debe ser cuidada para mantener su capacidad en los eclipses. Dos modos de razón rápida de carga en el cuidado de la batería .

Carga de la batería en razón rápida :

- 1.- Después de cada eclipse .
- 2.- Razón rápida igual a 8 Amperes.
- 3.-Incremento de la temperatura de la batería al final de la recarga.

Recarga en razón lenta :

- 1.- Durante el período de eclipse después que la batería esta cargada completamente.
- 2.- Razón lenta igual a 8 Amperes.

Modo eclipse :

La batería suministra la energía para operar al satélite . Dos períodos por año de 46 días, en cada período el eclipse mas largo es de 70 minutos. Suministra también energía. Por si alguna razón pierde al sol (falla del ASC, falla de circuiteria, eclipse de luna).

PERIODOS

Todos los satélites geosíncronos tienen el mismo período de equinoccio y solsticios .

Solsticio	Primer día de verano o invierno. (21 de junio y 21 de diciembre)
Equinoccio	Primer día de primavera u otoño. (21 de marzo y 21 de septiembre)
periodo de eclipse	Equinoccio +/- 23 dias .
Periodo de Solsticio	Los otros dias.

MODO DE OPERACION EN ORBITA DE TRANSFERENCIA

Las celdas solares se encuentran pegadas sobre los radiadores cuando los satélites se encuentran girando, los paneles solares reciben energía solamente en una parte de cada giro. En la órbita de transferencia la batería está siendo cargada y descargada periódicamente. Al inicio de vida de la batería tiene un porcentaje menor 70 % de carga debido a las temperaturas de la tierra.

SUBSISTEMA DE CONTROL TERMICO

El satélite requiere rangos distintos de temperatura para operar eficientemente, y es necesario mantener un balance o equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se conserven.

La suma del calor generado internamente por el satélite mas el producido por la absorción de energía del sol y de la tierra, menos el radiado por el satélite hacia el exterior se debe mantener lo mas constante posible para que el satélite funcione integra y correctamente. La transferencia del calor sobrante del satélite al vacío se efectúa por radiación; en su interior también se produce una ligera transferencia de calor entre sus partes, pero por conducción en la estructura.

Mediante la combinación de materiales y colores y con el auxilio de reflectores ópticos, el equilibrio térmico del satélite se conserva dentro de un nivel aceptable de temperatura durante la mayor parte del tiempo .

Sin embargo el equilibrio térmico se altera drasticamente cuando ocurre un eclipse pues desaparece la contribución del calor proveniente del sol, así como el albedo cuya influencia es mucho menor modificandose la temperatura resultante total.

SUBSISTEMA DE POSICION Y ORIENTACION

El objetivo de un satélite de comunicación es recibir señales radioeléctricas desde alguna parte de la tierra y retransmitirlas hacia otra a través de su subsistema de antenas direccionales. Para que tal situación se logre es necesario mantener la

orientación de la estructura del satélite estable con respecto a la superficie de la tierra, la cual se obtiene mediante las técnicas de estabilización por giro o de estabilización triaxial.

Con técnica de estabilización por giro, una parte del satélite, o en algunos casos toda su estructura gira para conservar el equilibrio del conjunto, al mismo tiempo que las antenas permanecen orientadas hacia la tierra. Los satélites con estabilización triaxial no giran, y aparentemente permanecen estáticos con sus largos paneles solares extendidos en el vacío y sus antenas apuntando hacia la tierra, en estos casos la estabilización de la estructura del satélite se conserva mediante volantes giratorios que van colocados en su interior, sobre cada uno de los tres ejes utilizados como referencias para definir la orientación del satélite hacia la superficie terrestre.

Independientemente del tipo de estabilización que se use, las fuerzas perturbadoras en el espacio no dejan de provocar cambios en la posición del satélite sobre su órbita y en su orientación con respecto a la superficie de la tierra. Para conocer la posición, se requiere medir la distancia al que se encuentra y en que dirección o ángulo con relación a algún punto de referencia sobre la tierra (el centro de control).

La distancia se mide transmitiendo una señal piloto hacia el satélite, que este retransmite después y la diferencia que se detecta en centro de control entre las fases de la señal transmitida y la recibida es un indicador de los lejos que se encuentra. La medición del ángulo o la dirección en la que se haya se puede hacer por interferometría, empleando dos estaciones separadas con cierta distancia y comparando las señales pilotos recibidas por cada una de ellas.

Por lo que se refiere a la determinación del satélite con relación a la superficie terrestre se puede utilizar sensores, los más comunes son los del sol y los de la tierra. Los del sol son dispositivos fotovoltaicos en los que se produce una corriente eléctrica cuya magnitud depende de la dirección de la radiación solar sobre ellos. Los sensores de tierra miden la radiación infrarroja emitida por el planeta, utilizando para ello un dispositivo sensible al calor, como un termómetro o una termopila.

SUBSISTEMA DE PROPULSION

El subsistema de propulsión o de control a reacción opera según el principio de la tercera ley de Newton. A propulsores químicos y eléctricos, pero los primeros son

los de mayor uso porque proporcionan niveles de empuje cientos o miles de veces mas grandes que los eléctricos.

La eficacia de un propulsor se caracteriza por su empuje y el impulso específico del propelente que utilice. Cada tipo de propelente produce un incremento de velocidad diferente con cierta cantidad de masa consumida; cuanto menor sea la masa necesaria para producir un incremento de velocidad determinado mayor es el impulso específico del propelente, algunos de ellos es la hidrazina monopropelente; pero en la actualidad existe cada vez mas tendencias a utilizar sistemas bipropelentes (un combustible y un oxidante).

La ventaja o atractivo que ofrecen los propulsores bipropelentes es que permiten diseñar un sistema unificado de propulsión que a la vez sirva para colocar al satélite en su órbita definitiva tanto como para realizar maniobras de corrección de orientación y posición durante todos los años de su vida, utilizando para ello los mismos tanques de almacenamiento de combustible.

El subsistema de propulsión es un diseño integral, capaz de almacenar bipropelente, el cual sirve para su mantenimiento en la estación y control de operación proporcionando el impulso y momento necesario en los tres ejes .

SUBSISTEMA DE RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO

Este subsistema permite conocer a control remoto la operación y posición del satélite, así como enviarle ordenes para que algún cambio deseable se ejecute. El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores y las lecturas tomadas por los mismos son convertidas en una señal digital que el satélite transmite hacia la tierra con una velocidad baja, entre 200 y 1000 bits por segundo, y esta información permite conocer el estado de operación del sistema satelital, apoyada por la información de rastreo.

El rastreo se efectúa mediante la transmisión de varias señales piloto, denominadas tonos desde la estación terrena de control hacia el satélite, normalmente se utilizan de 6 a 7 tonos distinto. La transmisión de señales de telemetría y la retransmisión de tonos de rastreo hacia la tierra se realiza a través de un mismo amplificador a bordo del satélite, al igual que con las señales de comandos que se hayan recibido, para que se verifiquen antes de que sean ejecutadas.

Las señales transmitidas y recibidas por el subsistema de telemetría, rastreo, comando ocupan muy poco ancho de banda y pueden compartir el mismo amplificador de banda C o Ku con otro tipo de señales.

Las señales de comando son las que permiten efectuar las correcciones en la operación y funcionamiento del satélite a control remoto, todas estas señales de comandos van codificadas, por cuestiones obvias de seguridad.

SUBSISTEMA DE COMANDO

Comando : Mensaje codificado digitalmente, modulo sobre una portadora de RF y Tx al satélite , o internamente generado y transmitido al subsistema de comando contiene una instrucción específica.

FUNCIONES :

- 1.-Recibir comandos enviados de tierra o generados internamente.
- 2.-Demodulador, decodificador y distribuir mensajes a los usuarios adecuados.

FUNCIONES DE LA ANTENA DE COMANDOS :

- 1.- Se tiene cobertura de la antena omnidireccional durante el lanzamiento y la órbita de transferencia y sirve como respaldo en la estación en caso de presentarse alguna anomalía.
- 2.- En la estación se tiene cobertura de comandos de alta ganancia con el reflector oeste y el arreglo de alimentadores.

ESPECIFICACIONES MINIMAS DE LA GANANCIA DE LA ANTENA

OMNI	EN ESTACION
0 Grados elevación 0.6 dB	Iztapalapa 29.6 dB
+/- 35 -1.4 dB	Hermosillo 27.06 dB

SUBSISTEMA DE TELEMETRIA

FUNCIONES :

Colecta, formatea y codifica información relativa a la configuración y estado del satélite .

Transmite información codificada a la estación en tierra, por un enlace RF en banda C modulado, y al procesador del control del satélite del subsistema de control y orientación por un enlace digital serie.

Proporcionar dos enlaces de RF simultánea y continuamente por la antena omnidireccional en el lanzamiento y en órbita de transferencia y en estación por el reflector de ganancias . Sirve como enlace de bajada para señal de rango.

FUNCIONES DE LA ANTENA DE TELEMETRIA

Se tiene cobertura de la antena omnidireccional durante el lanzamiento y la órbita de lanzamiento sirve como un respaldo en estación en caso de presentarse alguna anomalía.

En estación : Cobertura de telemetría de alta ganancia multiplexando señales en los haces de comunicaciones en R1 horizontal y R3 vertical.

ESPECIFICACIONES MINIMAS DE LA GANANCIA DE LA ANTENA

OMNI	ESTACION
0 Grados de elevación a 2.2 dB	Iztapalapa 32.6 dB
+/- 20 Grados 0.2 dB	Hermosillo 32.2 dB

SUBSISTEMA DE RANGO

En el subsistema de rango se modula en fase sobre la portadora de bajada los tonos de rango enviados desde la estación terrena en la señal de comando FM para que el satélite los regrese a la estación. Por lo que el rango es el procedimiento y determinar con suficiente exactitud la estación terrena y el satélite.

FUNCION : Proporcionar retransmisión para realizar rango.

La señal de rango pasa por ambos receptores de comando y por ambos transmisores de telemetría . El rango puede ser enrutado a través de la antena de comunicaciones de banda C. El rango por TV utiliza una señal de TV modulada en FM a través del repetidor de banda C.

SUBSISTEMA ESTRUCTURAL

La estructura del satélite es la armazón que sostiene a todos los equipos que lo forman y que le da la rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que se ve sujeto desde el momento en que abandona la superficie de la tierra; este subsistema debe ser durable, resistente y lo mas ligero posible.

La estructura del satélite como cada una de las demás partes que lo componen deben diseñarse para que soporten las adversas condiciones que se le pudieran presentar durante la colocación en órbita y el tiempo esperado de vida.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**SISTEMAS DE COMUNICACIONES
SATELITAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

PRESENTA

SERGIO LUIS BARTOLO

CD. UNIVERSITARIA SAN NICOLAS DE LOS GZA. N.L. 1997

