

## COMUNICACION VIA SATELITE

\* Dr. Juan Ramírez Marín

\* Doctor en Derecho por la Universidad Anáhuac (campus norte). Director de Proyecto del Centro de Estudios de Derecho e Investigaciones Parlamentarias.



## Introducción

Las **telecomunicaciones** son una de las industrias que con la cibernética y la robótica han generado la tercera Revolución Industrial y son actualmente una de las más dinámicas y de las que generan más recursos en la economía globalizada.

Esta industria tiene como su área de acción natural al espacio y al espectro radioeléctrico, que son bienes incorpóreos por donde se difunden las ondas a través de las cuales viajan millones de mensajes cada instante, todos los días, alrededor del planeta.

Se trata además de una industria de alta tecnología (High-Tech), cuyos incansables y rápidos avances hacen obsoletos, casi momento a momento, conocimientos, instrumentos, sistemas, empresas y normatividad.

En suma, una industria vital, pues hoy ningún país puede aspirar con seriedad al crecimiento económico y al desarrollo social, sin un soporte de telecomunicaciones moderno, fuerte y versátil.

Por lo tanto la regulación de esa industria se vuelve un asunto trascendente para normar su desarrollo, de modo tal que sirva eficazmente a los intereses de todos los sectores de la nación.

Esa normatividad tiene que estar vinculada a la naturaleza misma de la industria, para lo cual es necesario que quienes hacen, aplican e interpretan esas normas, cuenten con los conocimientos mínimos necesarios sobre las cuestiones técnicas involucradas.

Ese es el propósito de este trabajo: dar una visión sencilla y accesible sobre un aspecto relevante de esta industria: las **comunicaciones vía satélite**.

### I. Órbita

**Órbita** es el camino que sigue un satélite o cualquier objeto en el espacio; a cada órbita le corresponde una velocidad del objeto o satélite: si éste cambia de velocidad, cambia de órbita o camino. Los satélites que están en órbitas más cercanas viajan más rápido que aquellos que están a mayor altura.

La **mecánica celeste (clásica)** es la rama de la ciencia que estudia con detalle el movimiento de los cuerpos celestes a partir de las leyes físicas; el movimiento de las estrellas y los planetas alrededor del Sol, el de la Luna alrededor de la Tierra, o el de una nave espacial a través del Sistema Solar. La mecánica celeste pretende describir de forma matemática los tipos de fuerzas que actúan sobre un determinado sistema de cuerpos celestes (gravitación,

resistencia atmosférica, presión de radiación, etc.), integrando un conjunto de ecuaciones diferenciales que, en teoría, al ser resueltas permiten hallar el vector posición y velocidad de cada cuerpo para todo tiempo.

La mecánica celeste fue creada por el físico y matemático inglés Isaac Newton (siglo XVII), quien descubrió las tres leyes del movimiento de los cuerpos que llevan su nombre, como también la ley de atracción gravitacional. Kepler, Lagrange, Laplace, Gauss, Hamilton, y muchos otros, contribuyeron al refinamiento matemático de la teoría, empezando con las nociones básicas de la gravitación universal, y los principios de conservación de la energía y el momentum.

En la actualidad, la mecánica celeste ha sido reformulada por la teoría de la relatividad general, propuesta por Albert Einstein en **1915** y posteriormente por Infeld y Hoffman y hoy ha sido pulida en sus detalles por Fock, Brumberg, Soffel y Damour.

La **mecánica orbital** (aplicada a los satélites artificiales), está basada en la mecánica celeste.

Las propiedades fundamentales de las órbitas son resumidas por las tres leyes del movimiento planetario de Kepler, quien las descubrió empíricamente, basado en conclusiones de notas de extensas observaciones de Marte del astrónomo medieval Tycho Brahe. Las primeras dos leyes fueron publicadas en 1609 y la tercera en 1619. Mediante estas leyes se estableció el movimiento planetario con respecto al sol y son igualmente aplicables a los satélites con respecto a la tierra:

1. La órbita de cada planeta (satélite) es una elipse con el sol (tierra) en uno de sus focos. El punto de la órbita en el cual el planeta está más cerca del sol se denomina **perigeo**, y el punto donde está más lejos del sol se le denomina **apogeo**.
2. La línea que une al sol (tierra) con el planeta (satélite) barre áreas iguales en tiempos iguales.
3. El cuadrado del periodo de revolución es proporcional al cubo de su eje mayor.

## II. Leyes de Newton

Las leyes fundamentales de la teoría de la mecánica orbital están basadas en la **Ley de la gravitación universal** y la **segunda Ley** del movimiento de Newton. La ley de la gravitación universal establece que la fuerza de atracción entre dos cuerpos varía de acuerdo al producto de sus

masas  $M$  y  $m$  e inversamente al cuadrado de la distancia  $r$  entre ellas y es dirigida a lo largo de una línea que conecta sus centros:

$$\boxed{F = -GMm/r^2}$$

Donde  $G$  es la constante de gravitación universal.

La **segunda ley** de Newton nos dice que la aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa en ella e inversamente proporcional a sus masas:

$$\boxed{F = ma = m \, dv/dt}^1$$

Dos satélites en la misma órbita **no** pueden tener diferentes velocidades. Para las órbitas circulares, la velocidad es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su radio. Si a un satélite, inicialmente en una órbita circular sobre la tierra, se le incrementa su velocidad por un impulso, no podrá moverse más rápido en esa órbita. En vez de eso, la órbita se convertirá en elíptica, con el perigeo en el punto donde ocurra el impulso.

### III. Tipos de órbitas

En el caso de los satélites artificiales, existen varios tipos de **órbitas**, dependiendo de:

- Su **distancia** de la Tierra (geostacionaria, geosíncrona, de baja altura, de media altura y excéntricas);
- Su **plano orbital** con respecto al Ecuador (ecuatorial, inclinada y polar);
- La **trayectoria orbital** que describen (circular y elíptica).

A su vez se subdividen en:

- **Órbita síncrona:** Existen alrededor de todas las lunas, planetas, estrellas y agujeros negros — a menos que roten tan lentamente que la órbita estuviera fuera de su esfera de Hill. La mayoría de lunas interiores de planetas tienen rotación síncrona. Los objetos con rotación caótica (como Hyperion) son problemáticos, ya que sus órbitas síncronas cambian imprevisiblemente;
- **Órbita Geosíncrona:** Es una órbita geocéntrica alrededor de un cuerpo celeste, que tiene el mismo periodo orbital que el de rotación sideral de dicho cuerpo celeste. Es circular, con un periodo de un día sideral. La órbita terrestre debe tener un radio de 42,164.2 km. (desde el centro de la tierra);

- **Órbita de Baja Altura (LEO).** En el rango de 640 -1,600 km., entre las llamadas región de densidad atmosférica constante y la región de los cinturones de Van Allen. Los satélites de órbita baja circular son muy usados en sistemas de comunicaciones móviles;
- **Órbita de Media Altura:** Son las que van desde 9,600 km., hasta la altura de los satélites geosíncronos. Los satélites de órbita media son muy usados también en las comunicaciones móviles;
- **Órbita Ecuatorial:** La trayectoria del satélite sigue un plano paralelo al Ecuador, es decir tiene una inclinación de 0°;
- **Órbita Inclinada:** En este curso la trayectoria del satélite sigue un plano con un cierto ángulo de inclinación respecto al Ecuador;
- **Órbita Polar:** El satélite sigue un plano paralelo al eje de rotación de la tierra pasando sobre los polos y perpendicular la Ecuador;
- **Órbita circular:** Un satélite posee una órbita circular si su movimiento alrededor de la tierra es precisamente una trayectoria circular (la usan los satélites geosíncronos);
- **Órbita elíptica (Molniya):** Un satélite posee una órbita elíptica si su movimiento alrededor de la tierra es una trayectoria elíptica. Este tipo de órbita posee un perigeo y un apogeo;

### III.1. Órbita Geoestacionaria (GEO)

Posee las mismas propiedades que la geosíncrona, pero debe tener una inclinación de cero grados respecto al Ecuador y viajar en la misma dirección en la cual rota la tierra. Un satélite geoestacionario aparenta estar en la misma posición relativa a algún punto sobre la superficie de la Tierra, lo que lo hace muy atractivo para las comunicaciones a gran distancia.

Así llamada en honor a Arthur C. Clarke, es una órbita geosíncrona circular y ecuatorial, que mantiene su posición relativa respecto a la superficie de la tierra. Una **órbita geoestacionaria** es sincrónica con la rotación de la Tierra, a 35,900 km. por encima del Ecuador terrestre.

Por las condiciones del campo gravitacional terrestre, los cuerpos ahí ubicados cumplen, en un día, una circunvolución completa alrededor del planeta, y si se detectan desde cualquier punto sobre la superficie terrestre, parecen estar inmóviles, ocupando un punto único; es decir, a esa distancia los objetos orbitan alrededor de la Tierra en 24 horas, por lo que parecen estar fijos en un lugar.

Si se pudiera ver el satélite en órbita geoestacionaria parecería flotar en el mismo punto del cielo, es decir, no tendría movimiento diurno mientras

que se vería al sol, la luna y las estrellas atravesar el cielo detrás de él. Esta órbita tendría un radio aproximado de 42,164 km., desde el centro de la tierra (equivalentes a aproximadamente 35,790 km. sobre el nivel del mar).

Las **órbitas elípticas** se diseñan para satélites de comunicaciones que se mantienen a la vista de su estación base o receptor. Un satélite en órbita geosíncrona parece oscilar en el cielo desde el punto de vista de la estación base, dibujando un analema en el cielo, suspendido en un plano alrededor del Ecuador.

Por lo tanto, se trata de un recurso natural con capacidad limitada y siempre existe la disputa entre los países por colocar ahí sus satélites.

<b>PARÁMETROS DE UNA ÓRBITA GEOESTACIONARIA IDEAL</b>	
Periodo del satélite (T)	23 hrs., 56 min., 4 seg.
Radio de la Tierra (r)	6,377 Km.
Altitud del satélite (h)	35,779 Km.
Radio de la Órbita (d = r+h)	42,157 Km.
Inclinación (respecto al ecuador)	0°
Velocidad tangencial del satélite (v)	3.074 km./seg.
Excentricidad de la órbita	0

<b>PRINCIPALES PERTURBACIONES DE UNA ÓRBITA GEOESTACIONARIA</b>	
<b>CAUSA</b>	<b>EFEECTO</b>
Atracciones de la luna y el sol.	Cambio en la inclinación de la órbita (0.75 a 0.95)
Asimetría del campo gravitacional terrestre (triaxialidad)	Cambios en la posición de longitud del satélite (“deriva”, movimiento este-oeste), al alterar su velocidad.
Presión de la radiación solar	Acelera al satélite, cambio en la excentricidad de la órbita (la cual se manifiesta como una variación en longitud), ocasiona giros si la resultante no incide en el centro de la masa.
Estructura no homogénea	Giros alrededor de su centro de masa.
Campo magnético terrestre	Giros, pero menos significativos.
Impacto de meteoritos	Modificación de posición y orientación, posibles daños a la estructura.
Movimientos internos del satélites, (antenas, arreglos solares, combustible), etc.	Pares mecánicos variación del centro de masa

Para entender mejor cómo es posible que un satélite se sostenga en una órbita en el espacio imaginemos que:<sup>1</sup>

1. estamos en una montaña por encima de la atmósfera: si lanzamos una pelota con poca fuerza, la gravedad la atraerá hacia la Tierra.
2. Si se lanza más fuerte, caerá más lejos
3. Mientras más fuerza se aplique, más lejos viajará horizontalmente antes de caer
4. Si pudiéramos lanzar la bola a 28 mil km/hr., nunca caería a la Tierra, a esto se le llama estar en órbita. Una nave fuera de la atmósfera se mantiene viajando a esta velocidad, pues no hay resistencia del aire que la detenga.

### III.2. Período e inclinación orbital

Para determinar la órbita de un satélite artificial, y en general de cualquier astro del Sistema Solar, se necesita conocer su apogeo, perigeo, periodo orbital e inclinación de la órbita con referencia al plano del Ecuador terrestre.

El **período orbital** es el tiempo que tarda en efectuar una revolución completa sobre la Tierra. Su medición puede efectuarse de dos maneras:

1. PERIODO ORBITAL: Midiendo el tiempo que tarda en recorrer su órbita (de apogeo a apogeo). El resultado es fijo.
2. PERIODO DE REVOLUCIÓN: Mesurando el tiempo empleado en cruzar dos veces consecutivas sobre el mismo meridiano. En este caso hay de considerar el desplazamiento propio de la Tierra mientras dura la revolución del satélite.

La inclinación de la órbita es el ángulo que forma su plano con el Ecuador. Si éste es 0° la trayectoria será ecuatorial. Por el contrario si mide los 90° será polar.

### IV. Historia satelital

La investigación sobre el espacio se remonta a tiempos muy remotos, cuando el hombre empezó a medir los movimientos de las estrellas. Mucho después, se empezaron a realizar los primeros cálculos científicos sobre la tasa de velocidad necesaria para superar el tirón gravitacional de la Tierra.

---

<sup>1</sup> Universum Museo de las Ciencias. UNAM.

El origen de los satélites artificiales está íntimamente ligado al desarrollo de los cohetes que fueron fabricados primero, como armas de larga distancia; después utilizados para explorar el espacio y luego, convertidos en vehículos para colocar satélites en el espacio.

La idea de los **satélites geostacionarios** surgió en octubre de **1945**, cuando el entonces Secretario de la Sociedad Interplanetaria Británica (British Interplanetary Society), Arthur C. Clarke, publicó el artículo “*Extra-Terrestrial Relays*”, en la revista *Wireless World*, sobre la posibilidad de transmitir señales de radio y televisión a través de distancias trasatlánticas, sin la necesidad de cables coaxiales (en el caso de la TV) o relevadores (para la radio), y propuso un satélite artificial ubicado a una altura de 36 mil km., que girara alrededor de la Tierra una vez cada 24 horas, de tal forma que se percibiera como fijo. Este artefacto estaría equipado con instrumentos para recibir y transmitir señales entre él mismo y uno o varios puntos desde tierra; añadía que para hacer posible la cobertura de todo el planeta habrían de colocarse tres de estos satélites de manera equidistante a la altura mencionada, en la línea del Ecuador. El artículo presentaba, además, algunos cálculos sobre la energía que se requeriría para que dichos satélites funcionaran y proponía aprovechar la energía solar. Por ello, a esa órbita ecuatorial se le conoce como **órbita de Clark** y el conjunto de satélites en esta órbita se llama **Cinturón de Clarke**.

Unos años más tarde, la Marina de los EUA, utilizó a la Luna para establecer comunicación entre dos puntos lejanos en el planeta, transmitiendo señales de radar que dicho cuerpo celeste reflejaba, logrando con ello comunicar a Washington con la Isla de Hawai.

Esto comprobó que se podrían utilizar satélites artificiales con los mismos fines, sin depender de la hora del día para obtener las señales reflejadas. Se inició el proyecto *Echo*, que consistió en utilizar un enorme globo recubierto de aluminio que sirvió como espejo y reflejó las señales emitidas desde la Tierra. El artefacto, visible a simple vista, fue el primer satélite artificial de tipo pasivo (era solamente un reflejo, no tenía aparatos para retransmisión); los satélites activos vendrían después, con los avances tecnológicos y las experiencias adquiridas en este campo.

En la siguiente década, el Año Geofísico Internacional (**1957-1958**), marcó el inicio de la carrera espacial que protagonizaron E. U. A. y la Unión Soviética, que se llevó la primicia al lanzar el 4 de octubre de **1957**, el satélite Sputnik I (satélite o compañero de viaje en ruso), una esfera metálica de tan solo 58 cm. de diámetro, que fue lanzado en una órbita elíptica de baja altura, sólo emitía un tono intermitente, y estuvo en funcionamiento durante 21 días, iniciando así la era de las comunicaciones vía satélite.

En diciembre de ese mismo año, E. U. A. también lanzó, sin éxito, el Vanguard, que se incendió en el momento de su lanzamiento. La Unión Soviética instaló en órbita el Sputnik II, en noviembre de **1957**, ahora con un ser vivo como pasajero: la perra Laika. Después el Sputnik III, en **1958**.

Unos meses antes, E. U. A. lanzó el satélite Explorer I, y descubrió los cinturones de radiación que rodean a la Tierra, a los que llamaron Van Allen en honor al líder de los científicos responsables de esa misión. Posteriormente, siguieron las versiones Explorer II (fallido), III y IV.

El primer experimento en comunicaciones desde el espacio también fue en **1958**, cuando un cohete Atlas-B, equipado con un transmisor y un reproductor, emitió hacia la Tierra un mensaje grabado por el presidente Eisenhower, demostrando que la voz humana podía propagarse superando la distancia existente entre el planeta y el satélite. El concepto básico era sencillo: un repetidor colocado en un lugar suficientemente elevado podría dominar mucha mayor superficie que sus homólogos terrestres. El repetidor, por supuesto, sería colocado en órbita, aunque su limitación principal sería la movilidad del objeto en el espacio.

A principios de **1960**, la American Telephone and Telegraph Company (AT&T), publicó unos estudios, señalando que unos cuantos satélites poderosos podrían soportar mas tráfico que toda la red AT&T de larga distancia. El costo de estos satélites fue estimado en una fracción del costo de las instalaciones de microondas terrestres equivalentes. Desafortunadamente, los reglamentos del gobierno le impedían a AT&T desarrollar los sistemas de satélites. Por eso, otras corporaciones más pequeñas empezaron a desarrollar los sistemas de satélites, mientras AT&T continuó invirtiendo billones de dólares cada año en sistemas de microondas terrestres convencionales. Debido a esto los desarrollos iniciales en la tecnología de satélites tardaron en surgir.

Probablemente el primer satélite repetidor totalmente activo fue el COURIER, lanzado por el Departamento de Defensa de los E. U. A. en octubre de **1960**, equipado con un paquete de comunicaciones (repetidor), que recibía las señales de la Tierra, las traducía a frecuencias determinadas, las amplificaba y después las retransmitía al punto emisor (conversaciones y telegrafía); aunque solo duró 70 días fue el primer satélite que usó celdas solares.

Se sucedieron muchos otros lanzamientos de satélites experimentales en el campo de las comunicaciones (transmisiones de radioaficionados y señales de TV en diversas bandas de frecuencia), o con propósitos militares, de tal forma que al terminar **1962**, E. U. A. contaba ya con 120 satélites en

órbita, mientras la Unión Soviética tenía 33.

El primer satélite de comunicaciones colocado en órbita geosíncrona fue el SYNCOM 2, lanzado en **1963**; el SYNCOM 3 fue el primer satélite de órbita geostacionaria, lanzado por la NASA en febrero de **1963** desde Cabo Cañaveral, utilizado para transmitir los Juegos Olímpicos de 1964. Las órbitas geosíncronas han sido utilizadas comúnmente desde entonces, incluyendo la TV por satélite.

Ese mismo año en E. U. A. se fundó la primera compañía de telecomunicaciones por satélite (COMSAT) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), expidió las primeras normas en esa materia.

En agosto de **1964** se formó el consorcio internacional INTELSAT, encargado de administrar una nueva serie de satélites geostacionarios disponibles para todo el mundo, el primero de los cuales fue el Early Bird (Pájaro Madrugador) o INTELSAT-1, colocado en órbita sobre el océano Atlántico.

El sistema MOLNIYA (relámpago en ruso), lanzado en **1967**, fue la primera red satelital doméstica y consistía en una serie de 4 satélites en órbitas elípticas con una cobertura de 6 horas por satélite.

Con el inicio de la era espacial, se desarrolló con rapidez la capacidad de fabricar una gran variedad de naves que al principio parecían modestas, pues sólo lanzaban satélites experimentales de investigación relativamente sencillos, que en la década de los años 70, se convirtieron en sofisticados prototipos de vehículos espaciales para comunicaciones y meteorología y más adelante, para sondeos lunares y planetarios.

Inicialmente, los satélites geostacionarios también transmitían llamadas telefónicas, pero ya no se usan tanto para eso, debido al tiempo que tarda la señal en llegar desde la tierra hasta el satélite y volver dos veces (emisor-satélite-receptor-satélite-emisor para una llamada de teléfono) que es aproximadamente 0,5 seg.

Casi todos los rincones del planeta tienen ahora comunicaciones terrestres (microondas, fibra óptica incluso bajo el mar, telefonía celular), con una capacidad muy superior a los enlaces vía satélite, que se limita a lugares pequeños y aislados que no tienen instalaciones terrestres, como las islas árticas de Canadá, la Antártica, Alaska, Groenlandia o zonas rurales en países en desarrollo no obstante, en la mayoría de los casos, los sistemas de satélites ofrecen más flexibilidad que los cables submarinos, cables subterráneos, radio de microondas en línea de vista, radio de dispersión troposférica, o sistemas de fibra óptica.

## V. Un Satélite

Esencialmente, un satélite de comunicación es un **repetidor** de señales de radio en el cielo. Un sistema satelital consiste de un transpondedor (TXP), una estación terrena (para controlar el funcionamiento) y una red de usuario (estaciones terrestres), que proporciona las facilidades para transmisión y recepción de tráfico de comunicaciones, a través del sistema satelital.

Los **satélites** artificiales de comunicaciones son un medio muy apto para emitir señales de radiocomunicación en zonas muy amplias y/o poco desarrolladas, ya que pueden utilizarse como enormes antenas suspendidas en el cielo. Dado que no hay problema de visión directa se suelen utilizar frecuencias elevadas en el rango de los GHz (Gigahertz), que son más inmunes a las interferencias; además, la elevada direccionalidad de las ondas a estas frecuencias permite “alumbrar” zonas concretas de la Tierra.

Tipos de órbita <sup>2</sup>	Altura sobre el nivel del mar	Velocidad del satélite	Función del satélite	Ventajas
Órbita baja	250-1,500 km	25,000-28,000 km/hr.	Comunicaciones y observación de la Tierra.	Poco retraso en las comunicaciones. Se requiere menor potencia.
Órbita polar	500-800 km sobre el eje polar	26,600-27,300 km/hr.	C l i m a , Navegación.	Perpendiculares sobre la línea del Ecuador, por lo que pueden observar distintas regiones de la Tierra.
Órbita geo estacionaria	35,786 km sobre el Ecuador	11,000 km/hr.	Comunicaciones, C l i m a , Navegación, GPS.	Al dar la vuelta a la Tierra a su misma velocidad, siempre observa el mismo territorio

Órbita elíptica	Perigeo (cuando está más cerca de la Tierra) 200- 1,000 km. Apogeo (cuando está más lejos) ~ 39 000 km	~34,200 km/ hr. ~5,400 km/ hr.	Comunicaciones	Servicios a grandes latitudes.
-----------------	---	---	----------------	--------------------------------

El periodo orbital de los satélites depende de su distancia a la Tierra. Cuanto más cerca esté, más corto es el periodo. Los primeros satélites de comunicaciones tenían un periodo orbital que no coincidía con el de rotación de la Tierra sobre su eje, por lo que tenían un movimiento aparente en el cielo; esto hacía difícil la orientación de las antenas, y cuando el satélite desaparecía en el horizonte la comunicación se interrumpía.

## VI. Tipos de satélites

Dada su gran variedad, existen diversas clasificaciones; la UIT los divide de acuerdo con el tipo de servicio que prestan, de tal manera que los hay fijos, móviles, de radiodifusión, de radionavegación y de exploración de la Tierra y del cosmos, además de aquellos destinados a fines militares.

Edward W. Ploman los distingue en dos grandes categorías:

- Satélites de observación. Para la recolección, procesamiento y transmisión de datos de y hacia la Tierra.
- Satélites de comunicación. Para la transmisión, distribución y disseminación de la información desde diversas ubicaciones en la Tierra a otras distintas posiciones.

También pueden clasificarse basándose en las características principales de sus órbitas respectivas:

- Satélites geoestacionarios (**GEO**); se ubican en la órbita del mismo nombre, sobre la línea del Ecuador y a una altitud de 36 mil km. Utilizados para la transmisión de datos, voz y video.
- Satélites no geoestacionarios. Que a su vez se dividen en dos:

- Los Medium Earth Orbit (**MEO**), ubicados en una órbita terrestre media a 10 mil km de altitud.
- Los *Low Earth Orbit* (**LEO**), localizados en órbita más baja, entre 250 y 1,500 km. de altitud.

Tanto los satélites **MEO** como los **LEO**, por su menor altitud, tienen una velocidad de rotación más rápida que la terrestre y se emplean para servicios de percepción remota, telefonía etc.

Los **satélites de órbita baja** se subdividen en:

- a) Los que trabajan en alturas de alrededor de 600 Km. sobre la superficie terrestre; muy utilizados para predicción meteorológica (ERS-1), e investigación atmosférica (UARS). Actualmente también tienen gran importancia en los servicios MSS, sobre todo en las comunicaciones móviles por satélite.

Como hemos dicho, estos satélites tienen un período de rotación inferior al de la Tierra, por lo que su posición relativa en el cielo cambia constantemente. La movilidad es tanto más rápida cuanto menor es su órbita. En **1990** Motorola puso en marcha un proyecto consistente en poner en órbita 66 satélites, conocidos como satélites Iridium, colocados en grupos de once en seis órbitas circumpolares (siguiendo los meridianos) a 750 Km. de altura, repartidos de forma homogénea, a fin de constituir una cuadrícula que cubriera toda la tierra. Cada satélite con un periodo orbital de 90 minutos, por lo que en un punto dado de la tierra, el satélite más próximo cambiaría cada ocho minutos.

Cada uno de los satélite emitiría varios haces diferentes (hasta un máximo de 48) cubriendo toda la tierra con 1628 haces; cada uno de estos haces constituiría una celda y el satélite correspondiente serviría para comunicar a los usuarios que se encontraran bajo su huella. La comunicación usuario-satélite se haría en frecuencias de banda de 1,6 GHz, que permite el uso de dispositivos portátiles. La comunicación entre los satélites en el espacio exterior se llevaría a cabo en una banda Ka.

En resumen, este proyecto de telefonía satelital era como una infraestructura GSM que cubre toda la tierra y que está “colgada” del cielo. El programa Iridium fracasó comercialmente, pero este mismo principio es el que utiliza Globalstar.

- b) **Satélites de órbita polar** (o circular no ecuatorial). Describen órbitas polares a alrededor de 1,000 Km; en cada rotación ven una región diferente

de la Tierra, debido a la rotación de ésta. Sistemas basados en este tipo de satélites son el NNSS, que es un sistema de posicionamiento global para la marina mercante y el GMDSS (sistema de búsqueda y rescate marítimos) que se sirve de 4 satélites geoestacionarios de INMARSAT y de los satélites COSPAS/SARSAT de órbita polar. La capacidad de comunicación de estos satélites depende en gran medida, del tiempo empleado en recorrer el horizonte de la estación terrena.

**c) Satélites de órbita inclinada.** Estas órbitas las ocupan satélites geoestacionarios al final de su vida útil, cuando el operador aún puede alquilar tiempo de transpondedor a una tarifa menor. Otros satélites en órbitas inclinadas son algunos rusos y los de la constelación GPS compuesta por 6 órbitas circulares inclinadas  $55^\circ$  y separadas entre sí  $60^\circ$ , a una altitud de 20,180 Km, y con 3 satélites equi-espaciados en cada órbita.

**d) Satélites de órbita altamente inclinada.** Esta órbita la emplea el satélite ruso Molniya para dar cobertura a toda la antigua URSS, incluidas las regiones árticas. La órbita es de  $400 \times 40,000$  Km., con una inclinación entre  $63^\circ$  y  $65^\circ$ .

**e) Satélites Orbitales o no síncronos,** giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite esta girando en la misma dirección de la rotación de la Tierra, a una velocidad angular superior a la de la Tierra, se llama **órbita progrado**. Si el satélite esta girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, se llama **órbita retrógrada**. Consecuentemente, los satélites **no síncronos** están continuamente alejándose o cayendo a Tierra y **no** permanecen estacionarios en relación a ningún punto particular.

Por lo tanto, se tienen que usar cuando están disponibles, lo que puede ser un corto período de 15 minutos por órbita. Otra desventaja es la necesidad de un equipo costoso y complicado para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar el satélite conforme esta disponible en cada órbita, y después unir su antena al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Pero una gran ventaja es que no se requieren motores de propulsión a bordo de estos satélites, para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Otros parámetros característicos de los satélites orbitales, son el apogeo (la distancia más lejana de la Tierra que el satélite alcanza) y perigeo (la distancia mínima). Por ejemplo, la órbita del satélite Soviético Molniya es altamente elíptica, con un apogeo de aproximadamente 40,000 km. y un perigeo de aproximadamente 1,000 km.

f) Los **satélites MEO** orbitan entre las 1,000 y 22,300 millas sobre la superficie terrestre y **no** se mantienen estáticos en relación con la rotación de la tierra. Son utilizados mayormente en sistemas posicionadores geográficos. Hay una huella a una altitud entre 8,000 y 20,000 km. para servicios como telefonía celular y señales GPS (global positioning system). El período orbital de los MEO oscila entre 2 y 12 horas. Algunos de estos satélites tienen órbitas circulares casi perfectas y por eso mantienen una altitud y velocidad constantes. Otros tienen órbitas elípticas, donde la altitud es mucho mayor en el apogeo, que en el perigeo y la velocidad mucho mayor en el perigeo, que en el apogeo, por lo que son más fácilmente accesibles desde éste. Una flota de varios MEO debidamente coordinados pueden proveer comunicación global y como están más cerca de la tierra que los geoestacionarios, sus bases terrestres pueden tener relativamente poco poder y antenas de diámetro más pequeño; a la vez, como están más alto que los LEO, tienen una huella de cobertura mayor sobre la superficie de la tierra; una flota de MEO requerirá menos satélites que una de LEO para cubrir todo el planeta.

## VI.I. Satélites de órbita geoestacionaria

Son los más usados en telecomunicaciones, proporcionan servicios MSS (servicios móviles por satélite), FSS (servicios fijos de enlace), y DBS (servicios de difusión directa). Ejemplos: ASTRA, HISPASAT, INMARSAT. Sus órbitas son circulares, geosíncronas y ecuatoriales, en las que el periodo de rotación sideral de la Tierra es igual al periodo de revolución sideral del satélite.<sup>2</sup>

Un satélite es **geoestacionario**, o bien recorre una órbita geoestacionaria, cuando parece que permanece inmóvil sobre un determinado punto de nuestro globo. Es decir, gira en un patrón circular, con una velocidad

---

<sup>2</sup> El rozamiento producido por las ligeras partículas de la atmósfera sobre la superficie de los satélites, produce la suficiente fricción para provocar sus caídas, obligando a elevar sus órbitas a centenares de kms. Alrededor de los 200 km de altura se mantendría en órbita durante algunos días. Sobre los 500 km podría orbitar durante años y cerca de los 1,000 km lo haría durante siglos. No obstante antes o después, el efecto de frenado provocará la caída de todos, que prácticamente se desintegrarán en su descenso, al atravesar la atmósfera.

angular igual a la de la Tierra, coincidiendo su movimiento con el de giro de la Tierra: de Oeste a Este. Para obtener este efecto son necesarias dos condiciones:

1. Que la órbita del satélite se encuentre sobre el plano del Ecuador terrestre, y
2. Que el período orbital sea sincrónico con la rotación de la Tierra.

En otros términos, que el satélite realice una vuelta alrededor de nuestro planeta al mismo tiempo que éste efectúa una rotación completa alrededor de su propio eje.

Suspendido y quieto entre dos continentes, un satélite de telecomunicaciones puede actuar de puente-radio para comunicaciones telefónicas, para transmisiones dadas o para la difusión mundial de señales de televisión. Son suficientes tres satélites geoestacionarios, colocados a una distancia de 120 grados el uno del otro, para cubrir todo el globo y asegurar un sistema de comunicaciones mundial.

En realidad, a causa de las influencias gravitacionales de la Luna y del Sol, el satélite **no** se queda exactamente fijo en un punto geográfico sobre la Tierra, sino que tiende a desplazarse. Para volver a la posición deseada, el satélite está provisto de pequeños motores a chorro que le hacen realizar las maniobras de corrección de posición a través de la orden enviada desde la Tierra.

Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, se requieren dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita.

Esto supone una comunicación constante, las 24 horas y sin necesidad de ningún seguimiento de las estaciones terrenas. Basta con ajustar las antenas una sola vez; por ello, estos satélites reciben el nombre de estacionarios.

Vistos desde la tierra, los satélites que giran en esta órbita parecen estar inmóviles en el cielo, por eso se les llama **geoestacionarios**. Como ya vimos, esto tiene dos ventajas para las comunicaciones: permite el uso de antenas fijas, pues su orientación no cambia y asegura el contacto permanente con el satélite.

Los satélites comerciales funcionan en tres bandas de frecuencias, llamadas C, Ku y Ka. Por ejemplo, la gran mayoría de emisiones de TV por

satélite se realizan en la banda Ku.

No es conveniente poner muy próximos en la órbita geoestacionaria dos satélites que funcionen en la misma banda de frecuencias, ya que pueden interferirse. En la banda C la distancia mínima es de dos grados, en la Ku y la Ka de un grado. Esto limita en la práctica el número total de satélites que puede haber en toda la órbita geoestacionaria a 180 en la banda C y a 360 en las bandas Ku y Ka. La distribución de bandas y espacio en la órbita geoestacionaria se realiza mediante acuerdos internacionales en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

La elevada direccionalidad de las altas frecuencias hace posible concentrar las emisiones por satélite a regiones geográficas muy concretas, hasta de unos pocos cientos de kilómetros. Esto permite evitar la recepción en zonas no deseadas y reducir la potencia de emisión necesaria, o bien concentrar el haz para aumentar la potencia recibida por el receptor, reduciendo al mismo tiempo el tamaño de la antena parabólica necesaria. Por ejemplo, el satélite Astra tiene una *huella* que se aproxima bastante al continente europeo.

Este tipo de comunicación puede imaginarse como si tuviésemos un enorme repetidor de microondas en el cielo. Está constituido por uno o más dispositivos: receptor-transmisor, cada uno de los cuales escucha una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y retransmitiendo a otra frecuencia para evitar los efectos de interferencia.

Cada una de las bandas utilizadas en los satélites se divide en canales. Para cada canal suele haber a bordo un repetidor, llamado **transponder** o **transpondedor** (TXP), que se ocupa de capturar la señal ascendente y retransmitirla de nuevo hacia la tierra en la frecuencia que le corresponde.

Cada canal puede tener un ancho de banda de 27 a 72 MHz y puede utilizarse para enviar señales analógicas de vídeo y/o audio, o señales digitales que de TV (normal o en alta definición), radio digital (calidad CD), conversaciones telefónicas digitalizadas, datos, Internet, etc. La eficiencia que se obtiene suele ser de 1 bps por Hz; así, por ejemplo, un canal de 50 Mhz permitiría transmitir un total de 50 Mb/s de información.

Un satélite típico divide su ancho de banda de 500 MHz en unos doce receptores-transmisores de un ancho de banda de 36 MHz cada uno. Cada par puede emplearse para codificar un flujo de información de 500 Mbps, 800 canales de voz digitalizada de 64 kbps, o bien, otras combinaciones diferentes.

Para la transmisión de datos vía satélite se han creado estaciones de emisión-recepción de bajo costo llamadas **VSAT** (Very Small Aperture Terminal).

Una estación VSAT típica tiene una antena de un metro de diámetro y un watio de potencia. Normalmente las estaciones VSAT no tienen potencia

suficiente para comunicarse entre sí a través del satélite (VSAT-satélite-VSAT), por lo que se suele utilizar una estación en tierra llamada *hub* que actúa como repetidor. De esta forma, la comunicación ocurre con dos saltos tierra-aire (VSAT-satélite-*hub*-satélite-VSAT). Un solo *hub* puede dar servicio a múltiples comunicaciones VSAT.

En los primeros satélites, la división en canales era estática, separando el ancho de banda en bandas de frecuencias fijas. En la actualidad el canal se separa en el tiempo, primero en una estación, luego otra, y así sucesivamente. El sistema se denomina **multiplexión por división en el tiempo**.

También tenían un solo haz espacial que cubría todas las estaciones terrestres. Con el avance en microelectrónica, un satélite moderno posee múltiples antenas y pares receptor-transmisor. Cada haz de información proveniente del satélite puede enfocarse sobre un área muy pequeña de forma que pueden hacerse simultáneamente varias transmisiones hacia o desde el satélite. A estas transmisiones se les llama **traza de ondas dirigidas**.

Las comunicaciones vía satélite tienen algunas características singulares. En primer lugar está el retardo que introduce la transmisión de la señal a tan grandes distancias. Con 36,000 Km. de altura orbital, la señal ha de viajar como mínimo 72,000 Km., lo cual supone un retardo de 240 milisegundos, sólo en la transmisión; en la práctica el retardo es de 250 a 300 milisegundos según la posición relativa del emisor, el receptor y el satélite.

En una comunicación VSAT-VSAT los tiempos se duplican debido a la necesidad de pasar por el *hub*. A título comparativo en una comunicación terrestre por fibra óptica, a 10,000 Km. de distancia, el retardo puede suponer 50 milisegundos (la velocidad de las ondas electromagnéticas en el aire o en el vacío es de unos 300,000 kilómetros por segundo, mientras que en el vidrio o en el cobre es de unos 200,000). En algunos casos estos retardos pueden suponer un serio inconveniente o degradar de forma apreciable el rendimiento, si el protocolo no está preparado para este tipo de redes.

En cuanto a los fenómenos que dificultan las comunicaciones vía satélite, se han de incluir también el movimiento aparente en ocho de los satélites de la órbita geostacionaria debido a los balanceos de la Tierra en su rotación, los eclipses de Sol en los que la Tierra impide que el satélite pueda cargar las baterías y los tránsitos solares, en los que el Sol interfiere las comunicaciones del satélite al encontrarse éste entre el Sol y la Tierra.

Otra característica singular de los satélites es que sus emisiones son *broadcast* de manera natural. Es decir, tiene el mismo costo enviar una señal a una estación que enviarla a todas las estaciones que se encuentren dentro de la *huella* del satélite. Para algunas aplicaciones esto puede resultar muy

conveniente, mientras que para otras, donde la seguridad es importante, puede ser un grave inconveniente, ya que todas las transmisiones han de ser encriptadas. Cuando varios ordenadores se comunican a través de un satélite (como en el caso de estaciones VSAT) los problemas de utilización del canal común de comunicación que se presentan son similares a los de una red local.

El costo de una transmisión vía satélite es independiente de la distancia, siempre que las dos estaciones se encuentren dentro de la zona de cobertura del mismo satélite. Además, no hay necesidad de hacer infraestructura terrestre y el equipamiento necesario es relativamente reducido, por lo que son especialmente adecuados para enlazar instalaciones provisionales que tengan una movilidad relativa, o que se encuentren en zonas donde la infraestructura de comunicaciones está poco desarrollada.

Recientemente se han puesto en marcha servicios de transmisión de datos vía satélite basados en el sistema de transmisión de la televisión digital, lo cual permite hacer uso de componentes estándar de bajo costo. Además de poder utilizarse de forma [Full-Duplex | full-duplex] como cualquier comunicación convencional vía satélite, es posible realizar una comunicación simple en la que los datos sólo se transmiten de la red al usuario, y para el camino de vuelta, éste utiliza la red telefónica (vía módem o RDSI). De esta forma la comunicación red-usuario se realiza a alta velocidad (típicamente 400-500 Kb/s), con lo que se obtiene una comunicación asimétrica. El usuario evita así instalar el costoso equipo transmisor de datos hacia el satélite. Este servicio está operativo en Europa desde 1997 a través de los satélites Astra y Eutelsat, y es ofrecido por algunos proveedores de servicios de Internet. La instalación receptora es de bajo costo, existen tarjetas para PC que permiten enchufar directamente el cable de la antena, que puede ser la misma antena utilizada para ver la televisión vía satélite.

Hay dos clasificaciones principales para los satélites de comunicaciones: **hiladores** (spinners) y satélites **estabilizadores de tres ejes**. Los satélites espinar (spinners), utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro. En cambio, con un estabilizador de tres ejes, el cuerpo permanece fijo en relación a la superficie de la Tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro.

Como sabemos, los satélites geosíncronos deben compartir espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico, en una órbita geoestacionaria, aproximadamente a 22,300 millas, arriba del Ecuador.

La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando, casi o en la misma frecuencia,

deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un límite realista del número de satélites que pueden estar estacionadas, en un área específica en el espacio. La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

- Ancho del haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite;
- Frecuencia de la portadora de RF;
- Técnica de codificación o de modulación usada;
- Límites aceptables de interferencia;
- Potencia de la portadora de transmisión.

Las frecuencias de las portadoras, más comunes, usadas para las comunicaciones por satélite, son las bandas 6/4 y 14/12 GHz (Gigahertz). El primer número es la frecuencia de subida (ascendente, -estación terrena a TXP) y el segundo número es la frecuencia de bajada (descendente, - TXP a estación terrena). Diferentes frecuencias de subida y de bajada se usan para prevenir que ocurra repetición. Entre mas alta sea la frecuencia de la portadora, más pequeño es el diámetro requerido de la antena para una ganancia específica.

La mayoría de los satélites utilizan la banda 6/4 GHz. Desafortunadamente, esta banda también se usa para los sistemas de microondas terrestres. Por lo tanto, se debe tener cuidado cuando se diseña una red satelital para evitar interferencia de, o interferencia con enlaces de microondas establecidas. Además, ciertas posiciones en la órbita geosíncrona tienen mas demanda que otras, por ejemplo, sobre el Atlántico-medio, que es usada para interconectar Estados Unidos y Europa y la Pacifico-medio.

## **VI.2. Puesta en órbita de un satélite geostacionario**

La colocación de un satélite en órbita geosíncrona consiste básicamente en situarlo en una órbita de transferencia, inclinada y elíptica. Generalmente se efectúa mediante vehículos de lanzamiento de varias etapas. La inclinación viene determinada por las coordenadas de la base de lanzamientos y la elipticidad por la distancia de su apogeo; debiendo coincidir éste, con el radio de la órbita. Es muy importante optimizar la órbita de transferencia para evitar el consumo de combustible que permitirá mantenerlo más tiempo con vida.

Cuatro son las fases que suelen ser necesarias para colocar a un satélite geostacionario en su órbita preestablecida:

1.- Lanzamiento y puesta en órbita de aparcamiento. El satélite se sitúa en una órbita terrestre de baja altura. Esa altura y el tiempo de aparcamiento, dependen del vehículo propulsor empleado: Ariane, Delta, Atlas-Centauro, Space Shuttle, etc. El momento del lanzamiento está condicionado a determinados días pendientes de la posición del Sol y la Tierra (la “ventana de lanzamiento”).

2.- Órbita de transferencia. Se consigue elíptica y bastante excéntrica activando la 3ª fase del vehículo lanzador, siendo una órbita intermedia en la que se consigue un apogeo de 36,000 Km.

3.- Encendido del motor de apogeo y órbita de deriva. El éxito del lanzamiento depende mucho de la adecuada activación del motor de apogeo. El impulso producido le permite transformar la órbita en ecuatorial y casi circular. Las maniobras que se realizan en la órbita de deriva para ir corrigiendo la posición del satélite, pueden durar hasta tres semanas.

4.- Órbita geostacionaria. El satélite queda “fijo” en el espacio. Presentando pequeñas derivas en longitud producidas por la no esféricidad total de la Tierra y las derivas en latitud producidas por el efecto gravitatorio del Sol y de la Luna. Estas fuerzas perturbadoras se deben corregir periódicamente durante la vida operacional del satélite para mantenerlo “anclado”.

## VII. Anatomía satelital

Actualmente hay alrededor de 220 satélites geostacionarios de comunicaciones en el plano del Ecuador. Los más grandes constructores de satélites de comunicaciones son las estadounidenses Space Systems Loral, Boeing Space and Communications y Lockheed Martin Commercial Space Systems. En Europa son MATRA y ALCATEL.

Los satélites se fabrican con materiales ligeros como el grafito, el kevlar, paneles de aluminio y titanio. Estos materiales permiten una estructura ligera y muy resistente, lo que reduce el peso total y facilita el lanzamiento.

No se deforman con los grandes cambios de temperatura, lo que permite a los satélites soportar el estrés del lanzamiento: tanto la presión ejercida por el empuje del lanzador, como las ondas acústicas de gran intensidad que generan los motores del cohete.

La forma de los satélites define el método de estabilidad que utilizan. La estabilidad se logra por giro sobre sí mismos en los satélites cilíndricos, o por el control de sus tres ejes en los satélites triaxiales. Los cilindros son muy estables y fáciles de controlar, pero su capacidad de comunicación es menor que la de los triaxiales. Un triaxial genera más energía eléctrica, ya que contienen más celdas solares instaladas en paneles solares extendibles.

Los satélites cilíndricos pueden llegar a medir 5 metros de largo por 3 metros de diámetro. Los satélites triaxiales o de cubo miden entre 26-36 metros de largo, cuando tienen sus paneles solares extendidos, y aproximadamente 7 metros de antena a antena. El cubo que contiene el equipo mide aproximadamente 3 por 3.5 metros. Cada fabricante ofrece diferentes modelos con distintas dimensiones. Su capacidad de comunicación depende básicamente del tamaño.

Un satélite tiene dos secciones: la carga útil o sistema de comunicación (*payload*) y el sistema de plataforma (*bus*); la carga útil es la razón de ser del satélite, es aquella parte que recibe, amplifica y retransmite las señales con información útil; La carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema.

Pero para que la carga útil realice su función, la plataforma debe proporcionar ciertos recursos: el *bus* proporciona potencia eléctrica, orientación, estabilidad, capacidad de control y de configuración al *payload*, (subsistema que se utiliza para los diferentes servicios y aplicaciones, como voz y datos, radiodifusión sonora, TV, Internet, telefonía rural y educación a distancia). El *bus* incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil.

El módulo de carga útil es aquel en que están instalados los instrumentos que justifican la misión espacial. Podemos encontrar desde cámaras hasta telescopios, pasando por detectores sensibles a fenómenos atmosféricos, antenas y amplificadores para comunicaciones, entre otros. Para los satélites de comunicaciones, la carga útil esta conformada por transpondedores (TXP).

Hay dos formas de pesar un satélite: como masa seca, cuando se integran los dispositivos y unidades de sus diferentes subsistemas; y como masa total, cuando se agrega combustible a los tanques, ya en el sitio de lanzamiento. La masa total de un satélite varía entre 1.3 y 6 toneladas, y es la que realmente se lanza al espacio.

Un satélite se diseña para tener una vida operacional de entre 10-15 años y depende del combustible que lleva a bordo. El combustible se utiliza para realizar maniobras de corrección de posición orbital y la optimización de su uso permitirá al satélite tener una vida útil más larga.

El precio de un satélite depende de muchas variables. Las más importantes son su capacidad de comunicación y cobertura, ya que éstas determinan la potencia eléctrica que debe generar. El precio varía en un rango de entre 70 y 200 millones de dólares, sin incluir el costo del lanzamiento, ni el seguro. Si se incluyen, el precio puede llegar hasta 350 millones de dólares.

Aproximadamente tres cuartas partes del costo de un satélite están asociadas a su lanzamiento y a su mantenimiento en órbita.

En la ingeniería satelital, como en cualquier otra área de la Astronáutica, no sólo se trata de construir una máquina, sino también de conseguir que, a pesar de sus delicados elementos electrónicos, sea capaz de resistir los rigores y presión de un lanzamiento, las ondas acústicas durante el mismo y sobre todo, que funcione en el ambiente espacial, donde las temperaturas fluctúan entre los 200° C bajo cero durante periodos de sombra y 200° C a la luz del Sol.

El diseño satelital ha evolucionado, sin embargo, su razón de ser sigue siendo la misma, así como la de la mayor parte de sus elementos. El tiempo y los logros tecnológicos han proporcionado instrumentos más precisos, sistemas de provisión de energía eléctrica más potentes y componentes de menor peso, pero en esencia, no han cambiado mucho todavía.

- La carga útil debe estar orientada en la dirección correcta.
- La carga útil debe ser operable y confiable sobre cierto periodo de tiempo especificado.
- Los datos y estados de la carga útil y elementos que conforman la plataforma deben ser enviados a la estación terrestre para su análisis y mantenimiento.
- La órbita del satélite debe ser controlada en sus parámetros.
- La carga útil debe de mantenerse fija a la plataforma en la cual está montada.
- Una fuente de energía debe estar disponible, para permitir la realización de las funciones programadas.

Desde otra perspectiva, cada satélite tiene una serie de conglomerados de elementos, conocidos como *subsistemas*:

- **Estructura**, que puede tener muy distintas formas, pero que siempre se construye con metales muy ligeros y de gran resistencia;
- **Propulsión**, compuesta por múltiples motores (impulsores de bajo empuje), que permiten al satélite realizar pequeñas correcciones y cambios

de velocidad para controlar su orientación espacial y proporcionar el control adecuado de los parámetros de la órbita. Últimamente, se están usando otros métodos de propulsión, como eléctrica o iónica, cuyo bajo empuje, pero elevado impulso específico, los hace más eficientes y muy económicos en cuanto al consumo de combustible;

- **Control de orientación**, trabaja contra las perturbaciones a las que está sometido el aparato, como el viento solar. Permite al satélite saber constantemente donde está y hacia donde debe orientarse para que sus emisiones lleguen a la zona deseada, considerando su natural movimiento Norte-Sur y Este-Oeste alrededor de un punto. Además, orienta los paneles solares, sin importar cómo esté posicionado el satélite. La computadora a bordo, lleva una serie de programas capaces de reaccionar ante una variada gama de problemas: si algo grave o inesperado ocurre, desconectará automáticamente todos los sistemas no esenciales, se orientará hacia el Sol para garantizar una adecuada iluminación de las celdas solares e intentará comunicarse con la Tierra o esperar órdenes procedentes de ella. Esta fase se denomina *modo seguro* y puede salvar la vida a muchos satélites, dando tiempo a la intervención humana;

- **Potencia**. Como fuente de energía secundaria las baterías proveen la suficiente para alimentar a los sistemas e instrumentos, cuando la energía solar no puede ser aprovechada, por ejemplo, durante los eclipses. Son cargadas poco antes del lanzamiento y de ellas depende la vida del satélite. La fuente primaria de energía del satélite la constituyen celdas solares colocadas en grupos para conformar paneles solares, que por sus dimensiones y su relativa fragilidad, permanecen plegados durante el despegue. Su apertura añade otro factor de incertidumbre durante la puesta en órbita del satélite. Una vez en posición y perfectamente orientados, empiezan a proporcionar energía a los sistemas, que hasta entonces han debido usar baterías. Esta energía es administrada por un sistema que regula y distribuye el voltaje al resto de componentes. Cuanto mayor es el número de celdas agrupadas, más potencia pueden generar. Aunque las celdas suelen deteriorarse con el paso del tiempo, los constructores colocan un número suplementario para garantizar que proporcionarán suficiente electricidad, incluso, durante el último periodo de vida útil del satélite;

- **Telemetría**, seguimiento y órdenes; subsistema encargado de hacer contacto con las estaciones terrenas con el fin de recibir órdenes de ellas y darles seguimiento. Esto permite el correcto mantenimiento de los otros subsistemas del satélite.

Aunque un satélite es sometido a pruebas exhaustivas durante su construcción y antes del lanzamiento, es probable que falle, lo que significa pérdidas considerables; por ello llevan a bordo equipos redundantes (2 de cada uno de los principales) y además las empresas propietarias adquieren pólizas de seguro para cubrir las principales eventualidades (lanzamiento fallido, menor eficiencia de la prevista en órbita, duración inferior a la prevista, etcétera).

## VIII. Sistema de comunicación vía satélite

Los **satélites** de comunicación orbitales se mueven dentro de una órbita, de modo que pasan sobre una situación geográfica dada a intervalos regulares. Tales sistemas conllevan que los equipos transmisores o receptores terrestres se encuentren dentro del radio de alcance del satélite a intervalos periódicos, y consigan transmitir o recibir únicamente cuando estén dentro de la cobertura del satélite, o dicho de otro modo, cuando el satélite esté «visible».

El equipo transmisor puede almacenar los mensajes hasta el momento de paso del satélite. Cuando los mensajes son transmitidos al satélite, pueden también ser almacenados en el mismo hasta que entre en la zona de cobertura de una estación receptora terrestre. A diferencia de los sistemas geoestacionarios, un solo satélite podría cubrir toda la superficie de la tierra. Sin embargo pueden producirse carencias temporales de cobertura cuando el satélite no se encuentre a la vista de unas posiciones geográficas dadas. Incrementando el número de satélites se consigue incrementar igualmente la cobertura del sistema, y disminuir las carencias temporales de cobertura cuando el satélite no se encuentra visible desde una posición dada.

En cambio, en los **sistemas geoestacionarios** los satélites permanecen en una posición fija con relación a una situación geográfica dada (realmente el satélite se encuentra en una órbita fija que se mueve manteniendo una relación estable con la tierra). Así, el satélite es capaz en todo momento de recibir y transmitir mensajes a cualquier equipo transmisor o receptor que se encuentre dentro del área geográfica que tiene permanentemente visible. Estos sistemas de comunicaciones pueden disponer de más de un satélite, con objeto de cubrir mayor porcentaje de la superficie terrestre.

En ambos tipos de sistemas de comunicaciones pueden utilizarse transmisores fijos o móviles. Estos transmisores se instalan a bordo de un buque, avión, edificio, etc., y utilizan señales de radio para enviar el mensaje al transpondedor instalado en el satélite. El mensaje puede almacenarse en el satélite para ser reenviado posteriormente, o de forma inmediata, a otro receptor o transmisor con capacidad de recepción (transceptor) instalado en otro buque, avión, edificio, etc. En otros casos la estación receptora será una

gran estación fija (una «estación terrestre») con capacidad de enlace con el sistema normal de telefonía terrestre.

Un satélite puede definirse como un repetidor de radio en el cielo (transponder); un sistema satelital consiste de un transponder (TXP), una estación basada en tierra, para controlar su funcionamiento, y una red de usuario de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema satelital.

En el caso de radiodifusión directa de TV vía satélite el servicio es de tipo unidireccional por lo que normalmente se requiere una estación transmisora única, que emite los programas hacia el satélite, y varias estaciones terrenas únicamente de recepción, que captan las señales provenientes del satélite. Existen otros tipos de servicios que son bidireccionales donde las estaciones terrenas son de transmisión y de recepción (reciben y envían mensajes).

Uno de los requisitos más importantes del sistema es lograr que las estaciones sean lo más económicas posibles para que puedan ser accesibles a un gran número de usuarios, lo que se consigue utilizando antenas de diámetro chico y transmisores de baja potencia. Sin embargo hay que destacar que es la economía de escala (en aquellas aplicaciones que lo permiten) el factor determinante para la reducción de los costos.

Los **satélites de comunicación** se ubican en la intersección de la tecnología del espacio y la de las comunicaciones. Constituyen la aplicación espacial más rentable y más difundida en la actualidad. Para la difusión directa de servicios de TV, radio, telefonía, Internet y comunicaciones móviles sólo son necesarios sencillos receptores y antenas parabólicas cada día más pequeñas.

### VIII.1. Bandas de frecuencia que utilizan los satélites

Las **bandas de frecuencia** que pueden utilizar los satélites para comunicarse son determinadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ya sea en forma exclusiva o compartida con otros servicios, quedando a cargo de los gobiernos de cada país asignarlas a usuarios específicos.

Para satisfacer las necesidades mundiales de comunicación, cada banda puede ser utilizada simultáneamente por muchos países, con las debidas precauciones técnicas para evitar interferencias (originadas por la dificultad de limitar las radiaciones a las áreas de servicio). Por razones prácticas, a las bandas de frecuencia más comunes para el servicio satelital se les designa por medio de letras C, X, Ku, Ka, etc.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> La Longitud de onda es la distancia que recorre una onda al llevar a cabo una oscilación completa. Es la distancia entre dos crestas o dos valles de una onda.

Bandas de Frecuencias Satelitales			
Banda	Rango de Frecuencias (GHz)	Servicio	Usos
VHF	30-300 MHz	Fijo	Telemetría
UHF	300-1000 MHz	Móvil	Navegación, Militar
L	1 - 2	Móvil	Emisión de audio, radiolocalización.
S	2 - 4	Móvil	Navegación
C	4 - 8	Fijo	Voz, datos, video, Emisión de video
X	8 - 12	Fijo	Militar
Ku	12 - 18	Fijo	Voz, datos , video, Emisión de video
K	18 - 27	Fijo	Emisión de video, com. Inter-satélite
Ka	27 - 40	Fijo	Emisión de video, comunicación Inter-satélite

## VIII.2. Modelos de enlace del sistema satelital

Como ya dijimos, esencialmente un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: una subida, un transponder (TXP) satelital y una bajada.

**Modelo de subida.** El principal componente de la sección de subida satelital, es el transmisor de estación terrena. Un típico transmisor de estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del último espectro de salida (por ejemplo, un filtro pasa-bandas de salida). El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-bandas) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transpondedor del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystrons y tubos de onda progresiva.

### Transpondedor (Transponder, TXP)

En telecomunicaciones, un **transpondedor** o **transponder** (TXP) es un dispositivo que emite una señal identificable en respuesta a una interrogación. El término surge de la fusión de las palabras *Transmitter* (Transmisor) y *Responder* (Respondedor). Básicamente existen dos tipos de **transpondedor**: los pasivos y los activos.

Un TXP esta formado por un filtro de entrada que selecciona la

frecuencia a amplificar, un controlador de ganancia para el amplificador y su respectiva fuente de alimentación; estos TXP's reciben la señal desde la Tierra a través de antenas y receptores, la amplifican y la envían a su destinatario; si el satélite no hiciera esto, la señal llegaría tan débil que no se percibirá en las estaciones receptoras.

Los TXP pasivos son aquellos que son identificados por escáneres, robots u ordenadores, tarjetas magnéticas, tarjetas de créditos, o etiquetas en forma de espiral que llevan los productos de los grandes almacenes. Para ello es necesario que interactúe con un sensor que decodifica la información que contienen y la transmite al centro de datos. Generalmente estos TXP tienen un alcance muy limitado, del orden de un metro.

Los TXP activos son empleados en sistemas de localización, navegación o posicionamiento. En estos sistemas, el TXP responde en una frecuencia distinta a la que fue preguntado, y ambas, la de entrada y salida de datos, están predefinidas de antemano. Su alcance es gigantesco, tanto que actualmente se emplean en todas las transmisiones espaciales (TV por satélite, por ejemplo).

En aviónica, todas las plataformas tienen que tener un TXP para el control de tráfico aéreo, que comunica la identificación de la aeronave, así como datos necesarios para la correcta posición de la plataforma (altura barométrica, velocidad y demás información de interés); generalmente los TXP funcionan bajo demanda, es decir, un interrogador (también conocido como radar secundario) emite una interrogación (1,090 mhz), que el TXP entiende, decodifica y genera la respuesta con la información solicitada.

Actualmente se usan unos determinados modos de comunicación: modo SIFs (1, 2, 3 y C) modo S (con varios niveles de funcionamientos) y modos militares (4 y 5).

Los modos SIFs y S, codifican la información en pulsos (la envolvente), de manera, que la presencia de un pulso en una determinada posición confirma un dato; cada pulso tiene un significado único (los pulsos significan cosas, como emergencia por ejemplo, si este pulso esta presente confirma emergencia en la plataforma interrogada), mientras que en modo S cada pulso tiene asociado un valor binario usado para responder a la pregunta.

El modo 4, también codifica la información en pulsos, aunque éstos van cifrados. El modo 5 es el único que actualmente codifica la información en la fase de la señal, haciendo las respuestas más cortas que en los modos anteriores.

Un típico TXP satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un

traductor de frecuencias, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida. Este TXP es un repetidor de RF a RF. Otras configuraciones de TXP son los repetidores de IF, y de banda base, semejantes a los que se usan en los repetidores de microondas.

El BPF limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA (un dispositivo normalmente utilizado como LNA, es un diodo túnel). La salida del LNA alimenta un traductor de frecuencia (un oscilador de desplazamiento y un BPF), que se encarga de convertir la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja. El amplificador de potencia de bajo nivel, comúnmente un tubo de ondas progresivas (TWT), amplifica la señal de RF para su posterior transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena. También pueden utilizarse amplificadores de estado sólido (SSP), que en la actualidad, permiten obtener un mejor nivel de linealidad que los TWT. La potencia que pueden generar los SSP, tiene un máximo de alrededor de 50 Watts, mientras que los TWT pueden alcanzar potencias del orden de 200 Watts.

Los inconvenientes del TXP surgen cuando se utiliza la técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), donde usualmente existen numerosas portadoras por TXP, lo que mejora la conectividad y el acceso múltiple, pero genera ruido de intermodulación en el amplificador del TXP, lo que obliga a que trabaje en condiciones de bajo rendimiento de potencia.

En cambio, con el Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), en cada instante sólo esta presente una portadora, por lo que no existen problemas de intermodulación y el amplificador del TXP puede trabajar en saturación, obteniéndose un máximo rendimiento. El inconveniente de esta técnica de acceso es que requiere una temporización estricta y una gran capacidad de almacenamiento y procesamiento de la señal.

**Modelo de bajada.** Un receptor de **estación terrena** incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. Nuevamente, el BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA, que es un dispositivo altamente sensible, con poco ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia de IF.

Cabe señalar que tanto en el Enlace ascendente como en el Enlace descendente las pérdidas que sufren las ondas radiadas (proporcionales a la inversa del cuadrado de la distancia), son muy grandes (alrededor de 200 dB en cada trayecto), además en las frecuencias que están por encima de los 10 GHz se añaden pérdidas provocadas por la lluvia.

Para el **enlace ascendente**, es posible colocar en las estaciones terrenas transmisores con mucha potencia y antenas de gran tamaño para tener una mayor ganancia, aunque eso eleva los costos. Pero la situación se complica en el Enlace descendente, ya que la potencia del transmisor está limitada por la energía que pueda generar el satélite (que no es mucha), y el tamaño de la antena por la zona de servicio que deba cubrirse y el costo que implicaría transportarla. Esto hace que las señales satelitales recibidas en la Tierra, sean extremadamente débiles; por ello son muy importantes la ganancia de la antena, la eficiencia del transmisor, la figura de ruido del receptor y el tipo de modulación y técnica de acceso.

Otro elemento crítico son los amplificadores de bajo ruido (LNA) presentes tanto en el satélite (enlace ascendente), como en las estaciones terrenas (enlace descendente). Las señales recibidas son muy débiles, debido a las grandes distancias, por lo tanto es necesario que el primer elemento que entra en contacto con dichas señales posea un ruido interno mucho menor que la señal recibida, para que no se degrade la calidad. En consecuencia, debido a las potencias extremadamente pequeñas de las señales recibidas, normalmente un LNA está físicamente situado en el punto de alimentación de la antena.

Cabe destacar que la tendencia en los satélites de telecomunicaciones es usar terminales de recepción pequeños y de bajo costo para permitir el acceso de una mayor cantidad de usuarios. Estos requerimientos se pueden lograr mediante el uso de Técnicas de Procesamiento de Señales, que permiten la codificación y control de errores de los datos enviados por los usuarios; también mediante el empleo de antenas multihaz, con haces spot de gran ganancia.

Estas técnicas son usadas en los sistemas globales de comunicaciones por satélite, tales como el Iridium o Globalstar, donde se utiliza un conjunto de satélites en órbitas bajas, en lugar de satélites geoestacionarios.

Cada objeto sobre la superficie terrestre emite una estela o firma, que es su energía particular, que cambia conforme ese objeto se modifica; por esta característica es posible identificar, mediante satélite, la firma del agua salada, que es diferente a la del agua dulce o diferenciar el aire contaminado del limpio; también, se pueden distinguir elementos de un territorio en un tiempo determinado, tales como cosechas, tipos y estado de las mismas; fauna marina y terrestre; grandes ciudades, poblados, instalaciones hechas por el hombre, vías de comunicación terrestre y muchas más.

**Enlaces cruzados.** Ocasionalmente, hay aplicaciones en donde es necesario que los satélites se comuniquen entre sí, lo que se realiza usando enlaces cruzados entre satélites (intersatelitales - ISL). Una desventaja de

usar un ISL es que ambos, el transmisor y receptor son enviados al espacio. Consecuentemente la potencia de salida del transmisor y la sensibilidad de entrada del receptor se limitan.

### VIII.3. Patrones orbitales

Una vez lanzado, un satélite permanece en órbita debido a que la fuerza centrífuga, causada por su rotación alrededor de la Tierra, es contrabalaceada por la atracción gravitacional de la Tierra. Entre más cerca gire de la Tierra, más grande es la atracción gravitacional y mayor será la velocidad requerida para mantenerlo alejado de la Tierra.

Los satélites de **baja altitud** tienen órbitas cercanas a la Tierra (160 a 480 km. de altura), viajan aproximadamente a 28,160 km. por hora. A esta velocidad, requieren aproximadamente 1 1/2 hrs. para girar alrededor de la Tierra. Consecuentemente el tiempo que el satélite está visible en una estación terrestre en particular, es solamente 1/4 hora o menos por órbita.

Los satélites de **altitud media** (9,600 a 19,300 km. de altura), tienen un periodo de rotación de 5 a 12 hrs. y permanecen a la vista de una estación terrestre específica de 2 a 4 hrs. por órbita. Los satélites geosíncronos de **alta altitud** (30,570 a 40,200 km.), viajan aproximadamente a 11,070 km. por hora y tienen un período de rotación de 24 hrs., exactamente el mismo que la Tierra. De esta manera, permanecen en una posición fija, con respecto a una estación de la Tierra específica y tienen un tiempo de disponibilidad de 24 hrs.

Un satélite puede tomar tres trayectos, conforme gira alrededor de la Tierra:

1. Cuando gira en una órbita arriba del Ecuador, se llama órbita ecuatorial;
2. Cuando gira en una órbita arriba de los polos norte y sur (órbita polar), y
3. Cualquier otro trayecto orbital (órbita inclinada).

Un nodo ascendente, es el punto en donde la órbita cruza el plano ecuatorial de Sur a Norte; un nodo descendente, es el punto donde la órbita cruza el plano ecuatorial de Norte a Sur. La línea que une a los nodos ascendentes y descendentes por el centro de la Tierra, se llama línea de nodos.

#### VIII.4. Orientación satelital

**Latitud-Longitud.** Para describir el paso de un satélite orbitando, debemos designar un punto de observación (o de referencia). Este punto podrá tratarse de un lugar distante, tal como una estrella, o un punto en la superficie de la tierra, o también el centro de la Tierra, que a su vez es el centro de gravedad del cuerpo principal.

En caso de tomar como lugar de observación un punto en la superficie de la Tierra, debemos estar en condiciones de localizar dicho punto mediante algún método.

Este método de localización es a través de un trillado imaginario (denominados meridianos); líneas que conforman un cuadrículado sobre la superficie terrestre:

- Las líneas verticales se denominan **Longitud**. Se extienden del Polo Norte al Polo Sur; son círculos iguales al contorno de la Tierra que se intersectan en los polos. Se ha definido por convención, como primer meridiano o Longitud cero grados, al que pasa por la ciudad de Greenwich, tomando su nombre; y
- Las líneas horizontales se denominan **Latitud**. Son 360 líneas, lo que equivale a 18 círculos completos. De esta manera se componen los 360 grados de Longitud, partiendo desde la línea de Longitud  $0^{\circ}$  hacia el Este. Las líneas de Latitud son círculos paralelos y horizontales, siendo el círculo mayor el ubicado en la línea del Ecuador, denominado Latitud cero grados.

De esta forma existen  $90^{\circ}$  hacia el hemisferio Norte, denominados Latitud Positiva y  $90^{\circ}$  hacia el hemisferio Sur, denominados Latitud Negativa. Por lo tanto mediante la intersección de las coordenadas de Latitud y Longitud podremos localizar cualquier punto sobre la superficie de la Tierra.

También de este modo puede ser estimada la posición de un satélite en el espacio: con Latitud, Longitud y una altura, que estará referida a un punto sobre la Tierra (la intersección de la recta que une al satélite con el centro de la Tierra y la superficie terrestre).

**Ángulos de Vista.** Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite, es necesario conocer los **ángulos de vista**, que son: **ángulo de elevación** y **azimut**.

**Ángulo de elevación.** Es el ángulo formado entre la dirección de viaje

de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena, entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea ese ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la Tierra. Como cualquier onda a través de la atmósfera terrestre, sufre absorción y también puede contaminarse severamente por el ruido. Si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda dentro de la atmósfera de la Tierra es demasiado larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado de proporcionar una transmisión inadecuada. Generalmente,  $5^\circ$  es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable.

**Azimut.** Es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los  $90^\circ$  de Azimut. Hacia el Sur tendremos los  $180^\circ$  de Azimut, hacia el Oeste los  $270^\circ$  y por último llegaremos al punto inicial donde los  $360^\circ$  coinciden con los  $0^\circ$  del Norte.

El ángulo de elevación y el azimut, dependen ambos, de la latitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita.

## IX. Estaciones terrenas

Los sistemas de satélites **no** dependen de líneas y conexiones montadas a lo largo de la superficie de la Tierra, sino de **estaciones terrenas** ubicadas en diferentes lugares, cuyo costo para su puesta en operación es mucho más bajo que construirla infraestructura terrestre; además, con los avances y tecnológicos, los satélites son cada vez más versátiles, duran mayor tiempo en órbita y ofrecen más y mejores servicios.

Dado que las microondas (tipo de onda de radio) viajan en línea recta, como un fino rayo a la velocidad de la luz, no debe haber obstáculos entre las estaciones receptoras y emisoras de un sistema satelital.

Por la curvatura de la Tierra, las estaciones localizadas en lados opuestos del globo no pueden conectarse directamente, sino que han de hacerlo vía satélite. Una **estación terrena** que está bajo la cobertura de un satélite le envía una señal de microondas, denominada enlace ascendente. Cuando la recibe, el transpondedor (aparato emisor-receptor) del satélite, simplemente la retransmite a una frecuencia más baja para que la capture otra estación (un enlace descendente). El camino que recorre esa comunicación es de unos 70 mil km., lo cual equivale, más o menos, al doble de la circunferencia de la Tierra, y sólo le toma alrededor de  $1/4$  de segundo cubrir dicha distancia.

El control de los satélites se efectúa por **estaciones terrenas TTC** (*Tracking, Telemetry, Command*). Mediante la telemetría se obtienen las informaciones sobre lo que ocurre a bordo, mientras que el telemando permite controlar al satélite enviándole las órdenes oportunas.

Una **estación terrena satelital** es un equipo de cómputo y comunicaciones que puede ser terrestre (fijo y móvil), marítimo o aeronáutico. Las estaciones terrenas pueden ser usadas en forma general para transmitir y recibir señales de comunicación del satélite. Pero hay aplicaciones especiales que solo pueden recibir o transmitir.

Como los satélites geoestacionarios tienen la ventaja de permanecer fijos con respecto a un punto específico de la Tierra, para comunicarse con ellos las antenas de las estaciones terrestres estarán estáticas, pues no necesitan seguir al satélite; en consecuencia son sencillas y económicas. A continuación se enumeran los **subsistemas** básicos que integran una estación terrena satelital.

#### **Plato Reflector** (antena):

- **Amplificador de alta Potencia** [HPA, High Power Amplifier]. También se le conoce como Transmisor o Transceptor [Transceiver]. Existen varias versiones, dependiendo de la potencia radiada y de otros factores. Los hay de estado sólido, los SSPA (Solid State Power Amplifier) o SSHPA; analógicos de Tubos de Vacío, los TWT (Travelling Wave Tube), los KPA (Klystron Power Amplifiers). Los SSPA generalmente se usan para potencias bajas, los TWT y los Klystron se utilizan para potencias muy altas.
- **Amplificador de Bajo Ruido** (Receptor), LNA (Low Noise Amplifier).
- **Convertidor de subida/bajada** (Up/down converter). Generalmente convierten frecuencias de IF (Frecuencia Intermedia) a RF (Radio Frecuencia) cuando son Up-Converter y de RF a IF cuando son Down-Converter. Las frecuencias de IF son generalmente de 70 MHz, 140 MHz y la más común es la Banda L (950-1,550 MHz aprox.). La RF puede ser Banda C, Ku, Ka, etc. El convertidor de subida/bajada también puede estar integrado junto con el LNA, entonces se le conoce como LNB (Low Noise Block): un LNB = LNA + Up/Down Converter.
- **Modem satelital** (modulador, demodulador), y
- **Multicanalizador:**

Como ya vimos, las bandas de frecuencias empleadas para telemetría y telecontrol son segmentos de la Banda S (2 GHz), C (4 GHz), X (8 GHz) y la KU (12 GHz).

## **X. Marco Jurídico**

### **Ámbito Internacional**

#### **X.I. Regulaciones de la UIT**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) fue creada en Madrid, en **1932**, como resultado de la fusión de la Unión Internacional de Telegrafía (fundada en **1865**) y de la Unión Internacional de Radiotelegrafía (**1906**). Inicialmente, tenía con responsabilidad sobre las áreas de telegrafía, telefonía y radio, y a partir de 1949 es la agencia especializada de las Naciones Unidas para las telecomunicaciones.

En **1947** se convirtió en un organismo especializado de las Naciones Unidas, con sede en Ginebra. La UIT es la organización internacional en la que gobiernos, empresas e instituciones científicas e industriales cooperan para el desarrollo y el uso racional de las telecomunicaciones y la cooperación técnica en telecomunicaciones para países en desarrollo. Una de las funciones técnicas de mayor relevancia que desempeña la organización es la asignación de bandas del espectro de radiofrecuencias y el registro de posiciones orbitales para satélites geoestacionarios. En esta Organización, los gobiernos y el sector privado coordinan las redes y los servicios mundiales de telecomunicaciones. La UIT realiza las siguientes labores:

- Asigna el espectro de la radiofrecuencia y registra las radiofrecuencias asignadas;
- Efectúa un registro ordenado de las posiciones asignadas por los países a los satélites geoestacionarios;
- Coordina los esfuerzos encaminados a armonizar el desarrollo de las telecomunicaciones, especialmente las que emplean técnicas especiales, a fin de aprovechar cabalmente todas las posibilidades;
- Promueve el establecimiento y mejoramiento de equipos y redes de telecomunicación en los países en desarrollo;
- Fomenta la adopción de medidas para garantizar la seguridad de la vida por conducto de la cooperación entre los servicios de

telecomunicaciones;

- Emprende estudios, aprueba reglamentos y formula recomendaciones y opiniones sobre cuestiones relativas a las telecomunicaciones.

Los ámbitos de la UIT son los siguientes:

- **Ámbito técnico:** promover el desarrollo y funcionamiento eficiente de las instalaciones de telecomunicaciones, a fin de mejorar la eficacia de los servicios de telecomunicación y el acceso del público a los mismos;
- **Ámbito de políticas:** promover la adopción de un enfoque más amplio de las cuestiones relativas a las telecomunicaciones en la economía y sociedad de la información mundial;
- **Ámbito de desarrollo:** promover y ofrecer asistencia técnica a los países en desarrollo en la esfera de las telecomunicaciones, promover la movilización de los recursos humanos y financieros necesarios para desarrollar las telecomunicaciones y hacer que los beneficios de las nuevas tecnologías lleguen a todos los pueblos del mundo.

La UIT está constituida por 189 Estados Miembros (entre los cuales esta México) y casi 600 miembros de empresas e industriales, instituciones científicas, operadores públicos y privados, organismos de radiodifusión y organizaciones regionales e internacionales.

El principal órgano dentro de la UIT es la Conferencia de Plenipotenciarios, que se reúne cada cuatro años y elige al Consejo, integrado por 46 miembros que se reúnen anualmente.

## X.2. Notificaciones a UIT

En la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT (BR), en Ginebra, se registran las solicitudes de notificación de redes de satélites; pero con el exceso de trabajo, el número de solicitudes de notificaciones de redes de satélite nuevas o modificadas y la tramitación de solicitudes de coordinación de redes comenzaron a retrasarse.

A finales de 2000 quedaban pendientes en la BR 1,410 solicitudes de coordinación de redes de satélite, en comparación con 1,352 a finales de 1999. Si bien parte de este aumento se debe a la creciente demanda de servicios por satélite, otra parte considerable es consecuencia de los «satélites ficticios», un problema planteado por la notificación de sistemas inexistentes, a fin de garantizar segmentos orbitales para arrendarlos, revenderlos o simplemente como reserva para posibles aplicaciones futuras.

Desde 1998 la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT había decidido introducir medidas de recuperación de costos a fin de tratar de

impedir la notificación de segmentos innecesarios y generar los recursos necesarios para proporcionar un mejor servicio a los grandes usuarios gracias a un proceso más rápido y ágil.

En 2000 la necesidad de revisar todos los sistemas de satélite instalados en el marco de la replanificación del servicio de radiodifusión por satélite, emprendida por la Conferencia Mundial de Radiocomunicación (CMR-2000) aumentó los atrasos ya considerables. Aunque la introducción de nuevos programas y la mayor utilización de recursos informáticos mejoró la eficacia en la tramitación de solicitudes de coordinación durante el año, no fue suficiente para disminuir los atrasos.

Después de los debates de la CMR-2000, es probable que esta decisión se refuerce con la supresión automática de notificaciones en caso de impago de las tasas de notificación. Se esperaba que la Conferencia de Plenipotenciarios de 2002 adoptara una decisión definitiva a este respecto, pero no fue así, aunque hay un límite para que un país ocupe una posición orbital asignada por la UIT, o se entrega al siguiente país en la lista de espera.

## Ámbito nacional

### X.3. Constitución mexicana.

En su **artículo 28 (4º párrafo)** señala: “No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La **comunicación vía satélite** y los ferrocarriles son **áreas prioritarias para el desarrollo nacional** en los términos del artículo 25 de esta Constitución; el Estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.”

**X.4. Ley Federal de Telecomunicaciones**, que en su parte conducente establece:

#### **Sección IV. De las concesiones para comunicación vía satélite**

**Artículo 29.** Las concesiones para ocupar y explotar posiciones orbitales

geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencias y derechos de emisión y recepción de señales, se otorgarán mediante el procedimiento de licitación pública a que se refiere la Sección II del presente Capítulo, a cuyo efecto el Gobierno Federal podrá requerir una contraprestación económica por el otorgamiento de dichas concesiones.

Tratándose de dependencias y entidades de la administración pública federal, la Secretaría otorgará mediante asignación directa dichas posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales.

**Artículo 30.** La Secretaría podrá otorgar concesiones sobre los derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, siempre y cuando se tengan firmados tratados en la materia con el país de origen de la señal y dichos tratados contemplen reciprocidad para los satélites mexicanos. Estas concesiones sólo se otorgarán a personas morales constituidas conforme a las leyes mexicanas.

Asimismo, podrán operar en territorio mexicano los satélites internacionales establecidos al amparo de tratados internacionales multilaterales de los que el país sea parte.

#### **Sección IV.** De la comunicación vía satélite

**Artículo 55.** La Secretaría asegurará, en coordinación con las dependencias involucradas, la disponibilidad de capacidad satelital suficiente y adecuada para redes de seguridad nacional y para prestar servicios de carácter social.

**Artículo 56.** Salvo lo previsto en sus respectivas concesiones, los concesionarios de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país tendrán la obligación de poner un satélite en órbita, a más tardar 5 años después de haber obtenido la concesión.

**Artículo 57.** Los concesionarios que ocupen posiciones orbitales geoestacionarias asignadas al país, deberán establecer los centros de control y operación de los satélites respectivos en territorio nacional. Los centros de control de satélites serán operados preferentemente por mexicanos.

**Artículo 58.** Los concesionarios de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país podrán explotar servicios de comunicación vía satélite en otros países, de acuerdo a la legislación que rija en ellos y a los tratados suscritos por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.

**Artículo 59.** Los concesionarios que distribuyan señales en el país deberán respetar los derechos de propiedad intelectual de los programas cuya señal transmitan.

Los concesionarios de derechos de emisión y recepción de señales de satélites extranjeros deberán asegurarse de que las señales que se distribuyan por medio de dichos satélites respeten los ordenamientos legales de propiedad intelectual e industrial.

## **X.5. Reglamento de Comunicación Vía Satélite,** que preceptúa:

### **Capítulo I. Disposiciones Generales**

**Artículo 1.** El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley Federal de Telecomunicaciones en lo relativo a la comunicación vía satélite.

**Artículo 2.** En adición a lo establecido por el artículo 3 de la Ley Federal de Telecomunicaciones, para los efectos de este Reglamento, se entenderá por:

- i. Centro de control:** la o las estaciones terrenas que operan en forma integrada y que cuentan con el equipo asociado de telemetría, rastreo y comando, para controlar la operación de uno o más satélites, conforme a sus parámetros técnicos aprobados, así como sus órbitas y transmisiones, y para evitar interferencias perjudiciales;
- ii. Comisión:** la Comisión Federal de Telecomunicaciones;
- iii. Comunicación vía satélite:** la emisión, transmisión o recepción de ondas radioeléctricas, a través de un sistema satelital, para fines específicos de telecomunicaciones;
- iv. Enlace satelital:** el medio de transmisión que se establece entre estaciones terrenas a través de un sistema satelital;
- v. Estación terrena maestra:** la estación terrena de una red de telecomunicaciones, destinada a controlar los servicios de comunicación desde, hacia o entre las demás estaciones terrenas de dicha red;
- vi. Estación terrena terminal:** la que utiliza el usuario final para transmitir o recibir señales de los servicios satelitales que se le prestan;
- vii. Ley:** la Ley Federal de Telecomunicaciones;
- viii. Operador satelital:** la persona que, mediante concesión o asignación para ocupar posiciones orbitales geoestacionarias u órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, opera y explota un sistema satelital, lo que le

permite, exclusivamente, hacer disponible su capacidad satelital a terceros, según se prevé en el artículo 28 del presente Reglamento;

**ix. Prestador de servicios satelitales:** la persona que cuenta con concesión, permiso o autorización, según sea el caso en términos de la Ley y el presente Reglamento, que le permite proporcionar servicios satelitales mediante estaciones terrenas, propias o de terceros según sea el caso, y el uso de la capacidad de un sistema satelital nacional, extranjero o internacional;

**x. Satélite:** objeto colocado en una posición orbital geoestacionaria o en una órbita satelital, provisto de una estación espacial con sus frecuencias asociadas, que le permite recibir, transmitir o retransmitir señales de radiocomunicación desde o hacia estaciones terrenas u otros satélites;

**xi. Satélite extranjero:** el que está situado en una posición orbital geoestacionaria u órbita satelital, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, asignadas a un gobierno extranjero por la Unión Internacional de Telecomunicaciones;

**xii. Satélite internacional:** el que está situado en una posición orbital geoestacionaria u órbita satelital, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, asignada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones a una organización intergubernamental de comunicación vía satélite, establecida al amparo de tratados internacionales multilaterales de los que México sea parte, y que lleva a cabo la operación del mismo;

**xiii. Satélite nacional:** el que está situado en una posición orbital geoestacionaria u órbita satelital, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, concesionada o asignada por el Gobierno Mexicano a un operador satelital, y asignada a México por la Unión Internacional de Telecomunicaciones,;

**xiv. Servicios satelitales:** los servicios de radiocomunicación que se prestan a través de estaciones terrenas, las que hacen uso de capacidad satelital de uno o más satélites nacionales, extranjeros o internacionales, en las frecuencias asociadas para tal efecto, y

**xv. Sistema satelital:** uno o más satélites, con sus frecuencias asociadas, y sus respectivos centros de control, que operan en forma integrada para hacer disponible capacidad satelital para la prestación de servicios satelitales.

Los términos y definiciones que no estén contenidos en este

Reglamento o en la Ley, deberán interpretarse de acuerdo a las disposiciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones aprobadas conforme al procedimiento señalado en la fracción I del artículo 76 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sin perjuicio de la facultad de la Secretaría para interpretar este Reglamento para efectos administrativos.

## **De las concesiones**

### **Sección Primera.** *De las concesiones para satélites nacionales*

**Artículo 3.** Corresponde a la Secretaría la gestión de los procedimientos de coordinación ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones y otros países, para la asignación al país de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales, con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas. La Secretaría podrá iniciar tales gestiones por sí, o a petición de parte interesada.

**Artículo 4.** Las concesiones para ocupar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, se otorgarán mediante licitación pública, cuya convocatoria se publicará en el Diario Oficial de la Federación.

Las bases de licitación pública de cada convocatoria incluirán, como mínimo:

- i. La ubicación de las posiciones orbitales geoestacionarias o, en su caso, las órbitas satelitales con sus respectivas frecuencias asignadas, o en proceso de coordinación, que se pretendan concesionar;
- ii. Los requisitos que deberán cumplir los interesados para participar en la licitación, entre los que se incluirán:
  - a. La descripción de las especificaciones técnicas del sistema satelital que se pretende instalar, con sus respectivos centros de control y las características de potencia, frecuencia y cobertura de servicio, nacional e internacional;
  - b. La descripción de los servicios satelitales que se pretendan prestar;
  - c. El plan de negocios, que comprenderá el programa de inversión y el financiero;
  - d. La documentación que acredite la capacidad jurídica, técnica, financiera y administrativa, y
  - e. La opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia, en los

términos de la convocatoria;

iii. El periodo de vigencia de la concesión, y los términos bajo los cuales será, en su caso, susceptible de ser prorrogada;

iv. Los términos para participar; los criterios para seleccionar al ganador, y las causales para declarar desierta la licitación, para lo cual se considerará lo previsto por el artículo 17 de la Ley. Tratándose de licitaciones públicas en las que se haya adoptado la modalidad de subasta, la selección del ganador se hará en favor del participante que, habiendo cumplido los requisitos exigidos, ofrezca la contraprestación económica más alta, y

v. Los términos bajo los cuales será reservada capacidad satelital para la operación de redes de seguridad nacional y servicios de carácter social, en favor del Estado.

**Artículo 5.** El título de concesión para ocupar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias asociadas contendrá, como mínimo:

i. El nombre del concesionario;

ii. Las coordenadas asignadas a la posición orbital o, en el caso de órbitas satelitales, las características de las trayectorias;

iii. Las bandas de frecuencias asociadas;

iv. Las especificaciones técnicas del sistema satelital;

v. Las coordenadas geográficas del o los centros de control;

vi. El área de cobertura, la capacidad destinada al territorio nacional y la potencia mínima requerida;

vii. La reserva de capacidad satelital para el Estado;

viii. Los servicios que podrá prestar el concesionario;

ix. El periodo de vigencia;

x. El plazo para poner en órbita el satélite;

xi. Las contraprestaciones que, en su caso, deberá cubrir el concesionario por el otorgamiento de la concesión;

xii. En su caso, las obligaciones de cobertura social a cargo del concesionario;

xiii. El monto y la forma de garantizar el cumplimiento de las obligaciones a cargo del concesionario, y

xiv. Los demás derechos y obligaciones del concesionario.

**Artículo 6.** Los operadores satelitales deberán cubrir el territorio nacional

en todos los casos en que, por la ubicación de la posición orbital o la trayectoria de la órbita satelital, ello sea técnicamente factible.

Cuando se realice el reemplazo de los satélites, los operadores deberán mantener, cuando menos, la misma capacidad satelital para prestar servicios en el territorio nacional, la que, de ser necesario para atender la demanda interna, podrá disminuirse o incrementarse según se prevenga en el título de concesión.

**Artículo 7.** Para promover el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones y coadyuvar al cumplimiento de sus funciones u objeto, la Secretaría podrá hacer la asignación directa de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales, con sus frecuencias asociadas, a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

La asignación revestirá el carácter de concesión tratándose de empresas de participación estatal mayoritaria en cuyo capital participe transitoriamente el Gobierno Federal con propósitos de desincorporación, en términos de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y demás disposiciones aplicables que aseguren al Estado las mejores condiciones.

### **Sección Segunda.** *De las concesiones sobre señales de satélites extranjeros*

**Artículo 8.** Los interesados en obtener concesión para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, una vez celebrados los tratados a que se refiere el primer párrafo del artículo 30 de la Ley y, de requerirse, los demás instrumentos complementarios, deberán presentar, a satisfacción de la Secretaría, solicitud que contenga, cuando menos:

- i. La ubicación de la posición orbital u órbitas satelitales y frecuencias asociadas registradas o en procesos de coordinación, así como el nombre y documentación del operador satelital extranjero;
- ii. Las especificaciones técnicas del sistema satelital extranjero, precisando las características de la cobertura sobre territorio nacional;
- iii. La documentación que acredite la relación contractual entre el operador satelital extranjero y el interesado que explotaría el sistema en territorio nacional;
- iv. Las especificaciones técnicas de las estaciones terrenas transmisoras

que el interesado pretenda instalar en territorio nacional, para lo cual requerirá concesión de red pública de telecomunicaciones, y las estaciones terrenas ubicadas en el extranjero que, en su caso, enviarían señales a territorio nacional, así como de las estaciones terrenas terminales a ser instaladas en el país;

v. La porción y las características técnicas conforme a las cuales el concesionario hará disponible su capacidad satelital a terceros o, en su caso, la descripción de los servicios satelitales que se pretendan prestar, así como las especificaciones técnicas del centro de control, de las estaciones terrenas maestras en territorio nacional o en el extranjero, y de las estaciones terrenas terminales;

vi. El plan de negocios, que comprenderá, cuando menos, programa de cobertura, de inversión y financiero;

vii. La documentación que acredite su capacidad jurídica, técnica, financiera y administrativa;

viii. La opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia;

ix. La documentación que demuestre que los interesados mantendrán el control de los servicios que se presten en el territorio nacional, para lo cual deberán acreditar:

a. A. Que cuentan con los recursos técnicos necesarios para presentar a la Comisión la información relativa al tráfico originado en territorio nacional o destinado a éste;

b. B. Que el operador satelital extranjero asume la obligación de atender las instrucciones del concesionario, en relación con los servicios prestados en territorio mexicano;

c. C. Que el operador satelital extranjero asume la obligación de atender los requerimientos de información relacionados con los servicios que se presten en territorio mexicano, que le formulen la Secretaría o la Comisión, y

d. D. Que el concesionario utilizará una numeración específica para identificar las estaciones terrenas terminales de los usuarios en el país.

Una vez recibida la solicitud por parte de la Secretaría, la Comisión analizará y evaluará la documentación correspondiente, y podrá requerir a los interesados información adicional. Previa opinión de la Comisión y una vez cumplidos, a satisfacción de la Secretaría,

los requisitos exigidos, ésta otorgará la concesión correspondiente.

Las concesiones se otorgarán en un plazo no mayor de 120 días naturales a partir de la fecha en que se integre debidamente la solicitud.

**Artículo 9.** Además de las condiciones específicas para dar cumplimiento a lo previsto por la fracción IX del artículo anterior, el título de concesión para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias, asociadas a sistemas satelitales extranjeros, que cubran y puedan prestar servicios en el territorio nacional, contendrá cuando menos lo previsto en el artículo 5 anterior, salvo por lo que hace a las fracciones V, VII y X.

Cuando concluya la vigencia o, por cualquier razón, se den por terminados anticipadamente los tratados a que se refiere el primer párrafo del artículo 30 de la Ley, o se suspendan o concluyan parcialmente sus efectos, al amparo de los cuales sean otorgadas las concesiones a que se refiere esta Sección, los concesionarios no podrán continuar la explotación de la propia concesión o parte de ella, según corresponda, después de que venzan los plazos que establezca la Secretaría.

Lo anterior, sin perjuicio de lo establecido en otros tratados o acuerdos multilaterales de los que el país sea parte.

**Artículo 10.** Las concesiones a que se refiere esta Sección, se otorgarán siempre que haya sido aprobada por el Gobierno Mexicano la coordinación técnica del satélite extranjero, siguiendo los procedimientos establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

### **Sección Tercera.** *Disposiciones comunes*

**Artículo 11.** El Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría, podrá requerir una contraprestación económica por el otorgamiento de las concesiones a que se refiere el presente Reglamento, sin perjuicio de otras contribuciones que deban enterarse conforme a las disposiciones aplicables. En los procedimientos de licitación pública a que se refiere el artículo 4 de este Reglamento, en que se contemple la entrega de una contraprestación económica, ésta se enterará en una o más exhibiciones, las que deberán haberse cubierto en su totalidad al momento de otorgarse la concesión.

**Artículo 12.** Las concesiones previstas en el artículo 11, fracciones III y IV, de la Ley, se otorgarán por un plazo hasta de 20 años y podrán ser prorrogadas hasta

por plazos iguales a los originalmente establecidos, a juicio de la Secretaría. Los plazos que fije la Secretaría para las concesiones a que se refiere el artículo 11, fracción III, de la Ley, y sus renovaciones, atenderán al plazo para poner en órbita el satélite; a la vida útil del satélite; y en su caso, a la vida útil del satélite de reemplazo, y podrán ampliarse por fallas o pérdidas en el lanzamiento u operación del satélite no imputables al concesionario. Para el otorgamiento de las prórrogas de las concesiones a que se refiere este artículo, será necesario que el concesionario hubiere cumplido con las condiciones previstas en la concesión que se pretenda prorrogar; lo solicite antes de que inicie la última quinta parte del plazo de la concesión, y acepte las nuevas condiciones que establezca la propia Secretaría. Las solicitudes así presentadas serán resueltas en un plazo que no excederá de 180 días naturales.

**Artículo 13.** La Comisión, previa opinión de los concesionarios y permisionarios, según corresponda, podrá modificar las características técnicas y operativas de las concesiones y permisos a que se refiere el presente Reglamento en los siguientes casos:

- i. Cuando lo exija el interés público;
- ii. Por razones de seguridad nacional;
- iii. Para la introducción de nuevas tecnologías;
- iv. Para solucionar problemas de interferencia perjudicial;
- v. Como consecuencia de procedimientos de coordinación internacional, llevados a cabo por la Secretaría o por la Comisión, según sea el caso, y
- vi. Para dar cumplimiento a los tratados internacionales y acuerdos interinstitucionales suscritos por el Gobierno Mexicano.

**Artículo 14.** Otorgadas las concesiones a que se refiere este Capítulo, un extracto del título respectivo se publicará en el Diario Oficial de la Federación a costa del interesado, dentro de los 60 días naturales siguientes.

Cuando en términos de ley, termine la vigencia de las concesiones, la Secretaría publicará en el Diario Oficial de la Federación el aviso al público correspondiente.

**Artículo 15.** Para explotar servicios de telecomunicaciones a través de una o más estaciones terrenas transmisoras propias, los interesados deberán obtener concesión de una red pública de telecomunicaciones en

términos del artículo 24 y demás aplicables de la Ley.

Cuando se hubiere instalado la red y se cuente con la concesión a que se refiere el párrafo anterior, y se pretendan integrar a la misma red nuevas estaciones terrenas transmisoras, los interesados sólo deberán obtener permiso de los previstos en el Capítulo III siguiente.

Cuando exclusivamente se pretenda instalar y operar una o más estaciones terrenas transmisoras sin que, en consecuencia, ello implique la explotación de servicios de telecomunicaciones o de capacidad de la o las estaciones, los interesados deberán obtener permiso de los previstos en el Capítulo III siguiente.

**Artículo 16.** Cuando la Secretaría otorgue concesiones de las previstas en el artículo 11, fracciones III y IV, de la Ley, y la explotación de los servicios requiera de una concesión de red pública de telecomunicaciones, esta última se otorgará en el mismo acto administrativo, siempre que el interesado hubiere satisfecho los requisitos establecidos para este último tipo de concesiones.

### **De los permisos para establecer estaciones terrenas transmisoras**

**Artículo 17.** Los interesados en obtener permiso para instalar y operar estaciones terrenas transmisoras, deberán presentar solicitud a la Secretaría, la cual contendrá, cuando menos:

- i. Nombre del solicitante;
- ii. Proyecto técnico y programa de instalación e inversión, incluyendo las estaciones terrenas transreceptoras que se enlazarán a uno o más satélites;
- iii. Capacidad del segmento espacial y el tipo de señal que pretenda utilizar, y
- iv. Área de cobertura y el tipo de servicios que se pretendan ofrecer.

Una vez recibida la solicitud por parte de la Secretaría, la Comisión analizará y evaluará la documentación correspondiente, y podrá requerir a los interesados información adicional. Previa opinión de la Comisión y una vez cumplidos, a satisfacción de la Secretaría, los requisitos exigidos, ésta otorgará el permiso correspondiente.

Los permisos se otorgarán en un plazo no mayor de 90 días naturales a partir de la fecha en que se integre debidamente la solicitud.

**Artículo 18.** El permiso para instalar y operar estaciones terrenas transmisoras contendrá, como mínimo, lo siguiente:

- i. El nombre del permisionario;
- ii. Tratándose de inmuebles, la ubicación del inmueble donde se encuentre instalada la estación y sus coordenadas geográficas;
- iii. Las bandas de frecuencias asociadas en las que se realizarán las transmisiones;
- iv. La posición orbital del satélite o satélites a utilizar o trayectoria orbital cubierta por la estación terrena, según corresponda;
- v. Los servicios que podrá operar el permisionario;
- vi. Las especificaciones técnicas de la o las estaciones;
- vii. La forma de garantizar el cumplimiento de las obligaciones a cargo del permisionario, y
- viii. Los demás derechos y obligaciones del permisionario.

**Artículo 19.** Los permisos sobre estaciones terrenas transmisoras se mantendrán vigentes siempre que no varíen las características técnicas y de operación que hayan sido originalmente especificados en el permiso, salvo que se obtenga la autorización previa de la Comisión.

Cuando el o los satélites a los cuales dirijan sus transmisiones sean extranjeros, los mismos deberán estar cubiertos por los tratados de reciprocidad a que se refiere el artículo 30 de la Ley.

**Artículo 20.** Sin perjuicio de la concesión o permiso que, en su caso, se requiera para la prestación de servicios de telecomunicaciones, la Secretaría podrá exentar de los requerimientos de permiso a estaciones terrenas transmisoras que cumplan con las normas nacionales y, en su caso, internacionales, y su ubicación geográfica y características de operación garanticen que no se ocasionen interferencias perjudiciales a otros sistemas de telecomunicaciones, mediante:

- i. La inclusión de las estaciones a un permiso genérico, en sustitución de permisos individuales por estación, y
- ii. La expedición, por parte de la Comisión, de disposiciones que establezcan las características generales de las estaciones.

**De los signatarios de organismos satelitales internacionales**

**Artículo 21.** La Secretaría, considerando el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones y previa opinión de la Comisión, podrá autorizar a una o más personas físicas o morales mexicanas, a ser titulares de derechos como signatarios de las organizaciones de satélites internacionales, para prestar servicios en territorio nacional, siempre y cuando:

- i. Los estatutos o las normas que rijan a tales organizaciones así lo permitan;
- ii. Los interesados cumplan los requisitos establecidos por la Secretaría;
- iii. Los interesados acepten pagar la contraprestación económica por el otorgamiento de la autorización que, al efecto, fije la Secretaría;
- iv. En el caso de personas morales, la inversión extranjera no exceda del 49 por ciento;
- v. Los interesados presenten la documentación comprobatoria a que se refiere la fracción IX del artículo 8 anterior, y
- vi. Los interesados se obliguen a dar cumplimiento, en lo conducente, a las obligaciones que la Ley y el presente Reglamento establecen para los operadores satelitales.

Una vez otorgada la autorización, ésta se publicará en el Diario Oficial de la Federación, a costa del interesado, dentro de los 60 días naturales siguientes.

## **De los servicios satelitales**

### **Sección Primera.** *De las disposiciones comunes a los operadores satelitales y prestadores de servicios satelitales*

**Artículo 22.** Los operadores satelitales y los prestadores de servicios satelitales deberán proporcionar los servicios en condiciones satisfactorias de calidad, competitividad, continuidad y permanencia, y se abstendrán de aplicar prácticas discriminatorias o subsidios cruzados entre servicios en competencia o a través de sus empresas afiliadas, subsidiarias o filiales, entre otras.

**Artículo 23.** Cuando un operador satelital o un prestador de servicios satelitales tenga poder sustancial en el mercado relevante, a juicio de la Comisión Federal de Competencia, la Comisión podrá

establecer obligaciones específicas, según se trate, en materia de tarifas, calidad del servicio e información, para lo cual atenderá al siguiente procedimiento:

- i. La Comisión deberá notificar al operador satelital o prestador de servicios satelitales el inicio del procedimiento;
- ii. El operador satelital o prestador de servicios satelitales contará con un plazo de quince días hábiles siguientes a su notificación, para manifestar por escrito lo que a su derecho convenga y aportar los elementos que considere pertinentes;
- iii. En caso de que los elementos aportados por el operador satelital o prestador de servicios satelitales requieran de desahogo, la Comisión deberá llevar a cabo el mismo en un plazo no mayor de quince días hábiles siguientes a la recepción del escrito del operador satelital o prestador de servicios satelitales, y
- iv. Recibido el escrito del operador satelital o prestador de servicios satelitales, o transcurrido el plazo para que lo presente conforme a la fracción II de este artículo y, en su caso, desahogada la etapa prevista en la fracción III anterior, la Comisión deberá resolver lo conducente, dentro de los veinticinco días hábiles siguientes. Cuando la Comisión no emita resolución dentro del plazo citado, se entenderá que no establecerá obligaciones específicas al operador satelital o prestador de servicios satelitales.

La Comisión, hasta antes de dictar resolución, podrá realizar las visitas de verificación y allegarse de todos los elementos que considere necesarios. Los plazos señalados en las fracciones II a IV de este artículo serán prorrogables hasta por dos ocasiones, por el mismo término, cuando a juicio de la Comisión la complejidad del caso así lo amerite.

La Comisión Federal de Competencia o los usuarios que celebren o pretendan celebrar contratos de servicios satelitales con operadores satelitales o prestadores de servicios satelitales con poder sustancial en el mercado relevante, podrán solicitar a la Comisión el establecimiento de obligaciones específicas en materia de tarifas, calidad del servicio e información, en cuyo caso esta última llevará a cabo el procedimiento a que se refiere este artículo.

Cuando el operador satelital o el prestador de servicios satelitales estime que han concluido las circunstancias por las cuales se consideró que tenía poder sustancial en el mercado relevante, podrá solicitar a la Comisión Federal de Competencia que así lo resuelva, con objeto de que la Comisión

deje sin efectos las obligaciones específicas que haya establecido.

**Artículo 24.** En los casos a que se refiere el artículo anterior, las obligaciones específicas que establezca la Comisión al operador satelital o al prestador de servicios satelitales, podrán consistir, entre otras, en las siguientes:

- i. Someter a la aprobación de la Comisión las tarifas a ser aplicadas en los servicios de que se trate;
- ii. Prestar el servicio a quien lo solicite, siempre que cuente con la capacidad satelital disponible, sea técnicamente factible, y el usuario se ajuste a las condiciones de mercado ofrecidas de manera general por el concesionario;
- iii. Abstenerse de interrumpir el tráfico de señales de telecomunicaciones sin la previa autorización de la Comisión;
- iv. Atribuir a sus afiliadas, filiales o subsidiarias las mismas tarifas autorizadas por la Comisión, y
- v. Proporcionar información relativa a la capacidad disponible, la asignación de transpondedores y las características técnicas de sus operaciones.

Lo anterior, sin perjuicio de la obligación de los operadores y prestadores de servicios satelitales de registrar tarifas, en términos del artículo 61 de la Ley.

**Artículo 25.** Los operadores satelitales o prestadores de servicios satelitales podrán celebrar contratos de reserva de capacidad con sus usuarios. Dichos contratos tendrán una vigencia máxima de 180 días naturales, contados a partir de la fecha de su firma.

En caso de que en el plazo a que se refiere el párrafo anterior, el usuario respectivo no inicie operaciones, los operadores satelitales o prestadores de servicios satelitales harán disponible la capacidad reservada a otros solicitantes, si los hubiere, en estricto orden de presentación de la solicitud correspondiente. De no haber otros solicitantes, podrán prorrogar la vigencia de los contratos de reserva de capacidad primeramente celebrados hasta por un plazo igual al contratado inicialmente. En cada prórroga, harán disponible su capacidad a terceros en términos del presente párrafo.

En el caso de que la contratación se refiera a un satélite que no se encuentre en operación, el plazo de 180 días naturales se contará a partir

de la fecha en que el satélite inicie regularmente operaciones.

**Artículo 26.** Los operadores satelitales o los prestadores de servicios satelitales sólo podrán transmitir, difundir o propagar señales de audio, video o de audio y video asociado, para ser recibidas directamente por el público en general, sea en bandas asignadas a servicios de radiodifusión o en otras bandas de frecuencias, siempre y cuando los prestadores de servicios cuenten con las concesiones que se requieran en términos de la Ley Federal de Radio y Televisión.

**Artículo 27.** La Comisión expedirá disposiciones administrativas de carácter general a las que se sujetarán los operadores satelitales y prestadores de servicios satelitales, las que se emitirán en función de los objetivos del artículo 7 de la Ley.

### **Sección Segunda.** *De los servicios a través de satélites nacionales*

**Artículo 28.** Los operadores satelitales sólo podrán hacer disponible su capacidad satelital a personas que cuenten con concesión de red pública de telecomunicaciones o permiso de los previstos en el artículo 31 de la Ley.

Los operadores satelitales que pretendan prestar servicios a personas distintas de las mencionadas en el párrafo anterior, deberán realizarlo a través de sus empresas afiliadas, subsidiarias o filiales que cuenten con concesión de red pública de telecomunicaciones o permiso de comercializadora de servicios de telecomunicaciones.

Se exceptúan de lo dispuesto en el primer párrafo de este artículo, los contratos que celebren los operadores a fin de que, con la capacidad satelital, se presten servicios satelitales en el extranjero, que no se originen ni terminen en territorio nacional.

**Artículo 29.** Los operadores satelitales deberán reservar una porción de su capacidad en cada banda de frecuencias, la que será utilizada por el Estado en forma gratuita, exclusivamente para las redes de seguridad nacional y para servicios de carácter social.

La porción de capacidad que será objeto de reserva en favor del Estado, se establecerá en el título de concesión correspondiente.

La Secretaría y el operador satelital podrán acordar que la capacidad reservada a una banda de frecuencias sea reasignada en otras bandas. La capacidad de

reserva no podrá ser utilizada por el operador aún cuando no le sea requerida por la Secretaría, salvo que ésta autorice lo contrario y sus condiciones. La Secretaría será la responsable de administrar la capacidad satelital reservada. La utilización adicional por parte de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, y demás instituciones públicas, se cubrirá con cargo a los presupuestos autorizados, y en términos comerciales ordinarios. La calidad de transmisión que los operadores satelitales proporcionen para los servicios que se presten utilizando la capacidad reservada al Estado, deberá ser igual a la que ofrecen en el resto de sus servicios.

**Artículo 30.** Los operadores satelitales deberán:

- i. Asumir la responsabilidad por el control y operación de los satélites;
- ii. Hacer las instalaciones necesarias para que, desde los centros de control, tengan la posibilidad de limitar o interrumpir, en todo momento, las emisiones del satélite o los satélites de que se trate, a solicitud de la Comisión, y
- iii. Asegurar que el servicio se presta con la debida calidad y continuidad, aún cuando se realice el reemplazo de los satélites.

**Artículo 31.** Los usuarios con los que los operadores satelitales tengan celebrados contratos al momento de realizarse el reemplazo de algún satélite, tendrán preferencia para contratar capacidad de los satélites sustitutos, siempre que acepten las condiciones no discriminatorias que ofrezca el operador satelital.

### **Sección Tercera.** *De los servicios a través de satélites extranjeros*

**Artículo 32.** Los servicios de telecomunicaciones que podrán prestarse en el territorio nacional a través de satélites extranjeros, serán aquéllos que estén contemplados en los tratados internacionales en la materia que el Gobierno Mexicano haya celebrado con los países de origen de dichos satélites.

Para el inicio de las negociaciones de los tratados, el Gobierno Mexicano considerará que, por parte de los operadores satelitales y, en su caso, de los prestadores de servicios satelitales mexicanos, existan condiciones presentes o futuras para prestar servicios competitivos

de telecomunicaciones en el país con el que se suscribirían dichos tratados.

**Artículo 33.** Los prestadores de servicios satelitales que exploten los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, para prestar servicios de telecomunicaciones por suscripción, deberán contar con un sistema para el control de usuarios, aprobado por la Comisión, que les permita, en todo momento y en forma independiente para cada servicio, dar de alta o de baja a cada usuario desde el territorio nacional.

**Artículo 34.** La activación directa o indirecta, en su caso, de equipos que reciban las señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, o cualquier otra forma de aprovechamiento comercial de dichas señales, dentro del territorio nacional, requerirá de concesión de las previstas por el artículo 8 de este Reglamento.

Los equipos deberán contar con el certificado de homologación que expida la Comisión, a fin de fomentar y permitir su uso sin necesidad que los usuarios deban adquirir equipo de una marca o proveedor determinados.

**Artículo 35.** La facturación y la cobranza de la capacidad satelital o de los servicios de telecomunicaciones que se presten a través de la explotación de los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, que cubran y presten servicios en el territorio nacional, se realizarán dentro del territorio nacional conforme a las disposiciones mexicanas aplicables.

Cuando la concesión para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, consista en hacer disponible capacidad satelital a terceros, el concesionario deberá observar lo dispuesto por el primero y segundo párrafos del artículo 28 anterior.

**Artículo 36.** En la explotación de los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, la Secretaría, previa opinión de la Comisión, podrá rechazar la inclusión de señales procedentes de estaciones terrenas transmisoras ubicadas en países que no permitan el aterrizaje de señales provenientes de satélites mexicanos en su territorio.

En caso de que un prestador de servicios satelitales reciba o emita señales provenientes de estaciones terrenas ubicadas en otros países, deberá dar aviso a la Comisión.

#### **Sección Cuarta.** *De los servicios a través de satélites internacionales*

**Artículo 37.** Los signatarios de las organizaciones internacionales de satélites podrán prestar servicios nacionales e internacionales, sin necesidad de concesión o permiso, atendiendo a lo dispuesto por la Ley, los tratados internacionales, el presente Reglamento, a la autorización que les otorgue la Secretaría y a las demás disposiciones que emita la Comisión.

**Artículo 38.** En la prestación de servicios satelitales a través de satélites internacionales serán aplicables los artículos 33 a 35 del presente Reglamento.

#### **De la coordinación de posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales, y sus bandas de frecuencias asociadas**

**Artículo 39.** Cuando los operadores satelitales pretendan adicionar o modificar los servicios comprendidos en su concesión, la Comisión iniciará la coordinación correspondiente ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en un plazo no mayor de 20 días hábiles a partir de la fecha en que el interesado le hubiere entregado, debidamente integrada, la documentación necesaria para ello.

De concluir favorablemente la coordinación, la Comisión deberá expedir la autorización correspondiente dentro de los 20 días hábiles siguientes.

**Artículo 40.** En los procedimientos de coordinación de las asignaciones de bandas de frecuencias asociadas a posiciones orbitales geoestacionarias u órbitas satelitales, la Comisión atenderá y tramitará las solicitudes que, conforme a las disposiciones internacionales, presenten otros países al Gobierno Mexicano.

Igualmente, identificará en las publicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones las interferencias perjudiciales que pudieran causar los sistemas satelitales coordinados o en proceso de coordinación de otros países, u otras razones por las que deba objetar la coordinación, en cuyo

caso presentará oportunamente los comentarios correspondientes, solicitando, por los mecanismos legales aplicables, la inclusión del Gobierno Mexicano en el procedimiento de coordinación en curso.

**Artículo 41.** Los operadores satelitales deberán establecer mecanismos que les permitan identificar oportunamente aquellas redes satelitales, coordinadas o en proceso de coordinación, que pudieran afectar las operaciones de sus sistemas satelitales.

En caso que identifiquen posibles interferencias perjudiciales, deberán informarlo a la Comisión, acompañando los estudios y documentación pertinente. La Comisión, de ser necesario, solicitará la inclusión del Gobierno Mexicano en el proceso de coordinación ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**Artículo 42.** Tratándose de interferencias perjudiciales que causen los sistemas satelitales o estaciones terrenas transmisoras o que se causen a éstos, la Comisión dictará las medidas y los plazos necesarios para corregirlas.

Tratándose de interferencias a servicios de telecomunicaciones relacionados con la seguridad de la vida humana, los servicios básicos, los de radionavegación o los de seguridad nacional, la Comisión ordenará la suspensión inmediata de operaciones del causante de las transmisiones, cualquiera que fuere éste, y, de ser el caso, tomará las medidas necesarias para ello.

**Artículo 43.** Las estaciones terrenas receptoras a que se refiere el artículo 34 de la Ley, serán objeto de protección contra interferencias perjudiciales, siempre que:

- i. El interesado presente solicitud a la Comisión y ésta la dictamine favorablemente, y
- ii. Dichas estaciones sean coordinadas, notificadas e inscritas en el registro internacional de frecuencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, conforme a las disposiciones internacionales correspondientes.

**Artículo 44.** Los equipos que conforman las estaciones terrenas

receptoras o transmisoras que se comercialicen, instalen y operen en el territorio nacional, deberán contar con el certificado de homologación correspondiente que expida la Comisión.

Las personas que, sin contar con concesión de las previstas en el presente Reglamento, pretendan vender, arrendar, comercializar o bajo cualquier título llevar a cabo la distribución de estaciones terrenas receptoras al público en general, para ser instaladas y operadas en el territorio nacional, deberán dar aviso a la Comisión con una antelación no menor a diez días naturales a la fecha de inicio de sus operaciones.

## **De las infracciones y sanciones**

**Artículo 45.** Las infracciones a lo dispuesto por el presente Reglamento, se sancionarán por la Secretaría de conformidad con lo siguiente:

- a. Con multa de 10,000 a 20,000 salarios mínimos por:
  - i. Dirigir las transmisiones de estaciones terrenas transmisoras a satélites extranjeros, que no se encuentren cubiertos por los tratados de reciprocidad a que se refiere el artículo 30 de la Ley;
  - ii. Prestar servicios utilizando satélites internacionales, sin contar con autorización de la Secretaría;
  - iii. Transmitir, difundir o propagar señales de audio, video o de audio y video asociado en contravención a lo dispuesto por el artículo 26 del presente Reglamento;
  - iv. En el caso de los operadores satelitales, no reservar el porcentaje de su capacidad en cada banda de frecuencias que establezca la Secretaría en el título de concesión correspondiente;
  - v. Prestar servicios de telecomunicaciones en el territorio nacional a través de satélites extranjeros, diferentes a los contemplados en los tratados internacionales en la materia que el Gobierno Mexicano haya celebrado con los países de origen de dichos satélites, y
  - vi. No atender la suspensión inmediata de operaciones que ordene la Comisión, tratándose de interferencias a servicios de telecomunicaciones relacionados con la seguridad de la vida humana, los servicios básicos, los de radionavegación o los de seguridad nacional.
  
- b. Con multa de 7,000 a 15,000 salarios mínimos por:

- i. Continuar la operación de estaciones terrenas transmisoras cuando varíen las características técnicas y de operación que hayan sido originalmente especificados en el permiso, sin autorización de la Comisión;
  - ii. En el caso de los operadores satelitales o de los prestadores de servicios satelitales a que se refiere el segundo párrafo del artículo 35 de este Reglamento, prestar servicios satelitales a personas distintas de concesionarios de redes públicas de telecomunicaciones o permisionarios de los previstos en el artículo 31 de la Ley;
  - iii. En el caso de los operadores satelitales, no hacer la transmisión de los servicios que se presten utilizando la capacidad reservada al Estado con la misma calidad que la ofrecida en el resto de sus servicios;
  - iv. Llevar a cabo la activación de equipos que reciban las señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, o cualquier otra forma de aprovechamiento comercial de dichas señales, dentro del territorio nacional, sin concesión de las previstas por el artículo 8 de este Reglamento;
  - v. No hacer la facturación y la cobranza dentro del territorio nacional, de la capacidad satelital o de los servicios de telecomunicaciones que se presten a través de la explotación de los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros, que cubran y presten servicios en el territorio nacional, y
  - vi. Comercializar, instalar u operar equipos que conforman las estaciones terrenas receptoras o transmisoras sin contar con el certificado de homologación correspondiente que expida la Comisión.
- c. Con multa de 2,000 a 10,000 salarios mínimos por:
- i. En el caso de los signatarios de las organizaciones internacionales de satélites, prestar servicios nacionales e internacionales en contravención a lo dispuesto por la Ley, los tratados internacionales, el presente Reglamento, a la autorización que les otorgue la Secretaría o a las demás disposiciones que emita la Comisión;
  - ii. No corregir las interferencias perjudiciales que causen los servicios satelitales o se causen a éstos, en los términos y los plazos que fije la Comisión, y

iii. Las demás infracciones a las disposiciones del presente Reglamento que no estén previstas por la Ley.

En caso de reincidencia, la Secretaría podrá imponer una multa equivalente hasta el doble de las cuantías señaladas.

Para los efectos de este Reglamento, se entiende por salario mínimo, el salario mínimo general diario vigente en el Distrito Federal al momento de cometerse la infracción.

**Artículo 46.** Será aplicable en materia de sanciones lo dispuesto por los artículos 72 a 74 de la Ley.

## TRANSITORIOS

**Primero.** El presente Reglamento entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**Segundo.** Se derogan todas las disposiciones reglamentarias y administrativas en lo que se opongan al presente Reglamento.

**Tercero.** Las concesiones, permisos y autorizaciones otorgados con anterioridad a la publicación del presente Reglamento, se respetarán en sus términos hasta que concluya su vigencia, en el entendido que su operación y explotación deberá ajustarse a lo dispuesto por la Ley, el presente Reglamento y demás disposiciones aplicables.

**Cuarto.** Las solicitudes de concesión presentadas con anterioridad a la entrada en vigor del presente Reglamento, se tramitarán de conformidad con el mismo, para lo cual los solicitantes contarán con un plazo de 90 días hábiles para presentar la documentación complementaria de que se trate.

## XI. Comentarios finales

Hay autores que afirman que el concepto de “civilización global” es un criterio parcializado, el sueño de una minoría privilegiada de los habitantes de este planeta. La abrumadora mayoría no lo vive, no lo comprende y aún menos se beneficia de esta globalización, aunque sí está sufriendo sus consecuencias.

Hay un riesgo si seguimos aferrados a ese concepto de “sociedad de la información”; el planeta parece unido, gracias al protocolo TCP/IP (Protocolo para el Control de la Transmisión/Protocolo de Internet) y la www (Red Mundial). Pero el consenso sobre sus efectos es mucho más frágil. ¿Quién saca la mayor parte? ¿Quién se beneficia de la sociedad de información?

Para los escépticos, las nuevas tecnologías de información y comunicación

deben ser herramientas al servicio de una voluntad política, pero que **no** traerán soluciones prontas y milagrosas a los problemas globales: inestabilidad económica y financiera, desigualdad social, desempleo creciente, deterioro del medio ambiente, ampliación del abismo norte-sur, y disturbios políticos.

Dicen que lo que está en juego es el surgimiento de una nueva civilización, ciertamente más global y presumiblemente más “virtual” o “posindustrial”, pero globalmente más inestable; cada vez más eficiente para los superricos e indiferente a las necesidades de los pobres, excluidos de la “eficiencia” exigida por el libre mercado.

El predominio de la “convergencia digital” afecta ahora todos los aspectos de nuestras sociedades. Este fenómeno es acelerado por la tendencia general hacia la “globalización” económica.

La globalización económica lleva la delantera en un contexto de *laissezfaire* y de “desregulación”, mientras los asuntos políticos globales, como reducir desigualdades, favorecer la justicia social y la redistribución económica, todavía están por ser abordados. Una clase dominante global, que dispone de capitales móviles, toma las principales decisiones económicas, sin control público y confrontando el poder de instituciones políticas relativamente débiles.

En lugar de promover valores universales (y la universalidad como un valor), la globalización parece alentar el relativismo. El estado-nación ve su poder, legitimidad y campo de acción seriamente socavados por actores y procesos transnacionales: las corporaciones multinacionales, el flujo de las finanzas y de información; los fenómenos ambientales, la mafia y las migraciones. Simultáneamente el debilitamiento del Estado disminuye su capacidad para detener la pobreza, la exclusión y el desempleo, así como para trabajar por el mejoramiento de la educación y la salud.

Por otro lado, el proceso de convergencia entre las industrias de **telecomunicaciones**, **audiovisual** e **informática** representa un eslabón cardinal en la construcción del modelo de la “Sociedad de la Información”, como ha sido definido por la Comisión Europea y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

La importancia de la industria de **telecomunicaciones** ha sido mundialmente reconocida con los procesos de liberalización del sector emprendidos en Europa y América Latina durante la última década del siglo XX. Esta liberalización y su posterior privatización, paradójicamente, contrastan con el desarrollo histórico del sector.

El telégrafo fue desarrollado hasta que el Estado lo tomó a su cargo para aplicaciones bélicas y, por extensión, políticas (como del satélite y la

informática). Desde entonces, muchos avances en telecomunicaciones han girado en torno a la intervención estatal y a la utilización de las innovaciones como armas estratégicas de guerra o control.

Hay además un carácter oligopólico que la industria de telecomunicaciones va adoptando, que expresa una paradoja: por un lado, fortalece las expectativas de **convergencia**, porque supone que las corporaciones dominantes van tejiendo alianzas, estableciendo fusiones, desarrollando concentraciones e integraciones; por otro lado, contradice el objetivo de incrementar la competencia y la apertura de mercados enunciado por los organismos y gobiernos interesados. Además, estos mercados tienden a ser inasibles para los objetivos reglamentarios de carácter local, regional o nacional, toda vez que incluyen la participación protagónica de actores transnacionales gigantescos. Esto es notable en la **industria satelital**, donde no exceden de 30 las corporaciones en todo el mundo.

El mercado necesita paz y también una población educada, pero no está preocupado con la redistribución social; la educación, la salud básica, sino que se basa en la competencia; la caída de los competidores más débiles crea monopolios y oligopolios; (que se oponen al interés público). Se requiere además una distribución justa de recursos (acceso a datos, disponibilidad de espectro de radio-frecuencia, determinación de precios, subasta de frecuencia). Es por esto que los legisladores tienen un papel importante que desempeñar.

Entre las principales deficiencias en la regulación de las **telecomunicaciones** está que el legislador nunca tuvo independencia para tomar decisiones, por la influencia indebida de algunos políticos, de ministerios dirigidos políticamente, o de los monopolios, que a menudo subyugan a los legisladores y les impiden aplicar normas efectivas de protección al consumidor o de eficiencia económica.

Recientemente, los organismos de telecomunicaciones en los EUA, Canadá y el Reino Unido han fracasado en restringir el comportamiento anticompetitivo de los operadores dominantes y en promover una competencia de mercado efectiva. Por ejemplo, la FCC (Comisión de Comunicaciones Federales) norteamericana admitió su incapacidad para regular al AT&T en momentos cruciales. En Corea, la adición de otro competidor condujo a una conspiración contra la intención original de promover la competencia.

En telecomunicaciones, si las autoridades y los legisladores adoptan una posición de no intervención o de *laissez-faire*, la mayoría de los clientes de esa industria corren el riesgo de caer en un mercado con pocas opciones competitivas reales.

Actualmente ya es muy difícil calcular los costos para un complejo sistema de redes de telecomunicación. El representante *Barrett*, de la FCC declaró: “La determinación de los costos será cada vez más difícil en el futuro. Una vez que las transmisoras locales estén transportando *broadband* y video junto con sus servicios de voz y la telefonía inalámbrica esté siendo extensamente utilizada para el acceso local, la determinación de los costos se volverá una pesadilla.” No existen principios de fijación de precios universalmente correctos. La política de precios es un medio para lograr los objetivos deseados. La pregunta es: ¿quién debe decidir estos objetivos: el mercado o un regulador que supuestamente garantice el interés público?

La principal preocupación de los medios de difusión privados es ganar dinero. La tarea primaria de los medios de difusión orientados al interés público es promover el desarrollo político y cultural. Un buen comienzo para pensar en ese interés público es la cuestión del “dominio público”. La zona marítima internacional, el espacio sideral o el genoma humano pertenecen al “dominio público”. En la era globalizada, es vital reconocer, promover y fortalecer el **dominio público global**.

El **espectro hertziano** pertenece al dominio público; por eso el público debe beneficiarse de su uso. El reciente espectro digital otorgado a las radioemisoras, subraya el uso ineficiente y parcializado de los recursos públicos. Los ciudadanos deben beneficiarse de las frecuencias públicas y retener una porción del espectro para uso educativo, cultural y de acceso público. Por eso la **regulación global** es necesaria. En ese campo juegan un papel preponderante los **satélites** de comunicaciones.

También es preciso encontrar un nuevo significado a nuestra acción colectiva y nuevas herramientas mentales, porque el exceso de datos es simplemente ruido. La información **no** es conocimiento y menos sabiduría. La proliferación de información no añadirá un minuto al día. Con el exceso de información no estamos haciendo necesariamente algo mejor que antes. Por el contrario, podemos simplemente perder de vista la realidad. La **información** es un flujo de mensajes, mientras el **conocimiento** se crea precisamente mediante este flujo de información, anclado a las convicciones y el compromiso del sujeto. Adicionalmente, la información proporciona un nuevo punto de vista para interpretar acontecimientos u objetos, convirtiéndose en un medio necesario para obtener y construir el conocimiento.

En un mundo dirigido por el flujo de información, las interfaces y los códigos subyacentes que hacen visible esa información se están convirtiendo en fuerzas sociales enormemente poderosas. Estas herramientas afectan nuestras vidas tanto como las leyes, y debemos someterlas a un escrutinio y control

semejantes. Debemos poner las leyes al mismo nivel de la tecnología.

El desarrollo de la industria de las **telecomunicaciones** en el mundo trajo consigo la transición de una social industrial a una “sociedad de la información”, entendida como una fase de desarrollo social y caracterizada por la capacidad de sus miembros (ciudadanos, empresas y administración pública) para obtener y compartir cualquier información instantáneamente, desde cualquier lugar y en la forma que cada uno prefiera.

Todo lo anterior nos lleva a reflexionar si los muy complejos problemas de la sociedad global de información; los avances tecnológicos y específicamente las **telecomunicaciones** y la **comunicación vía satélite** podrán ser enfrentados con éxito con nuestra actual legislación en la materia.

Parece que resulta ineludible modificar, profundizar y modernizar nuestra normatividad. Ese es uno de los tantos retos a que se enfrenta hoy el Poder Legislativo Federal.

## XII. Bibliografía

Becerra, Martín. **De la divergencia a la convergencia en la sociedad informacional: fortalezas y debilidades de un proceso inconcluso.** Este artículo forma parte de la tesis doctoral del autor, que realiza en la Universitat Autònoma de Barcelona. [www.ehu.es/zer/zer8/8becerra.5.html](http://www.ehu.es/zer/zer8/8becerra.5.html)  
25/09/06

Coronel López, Jorge. **La información en los mercados globalizados: desafíos para las TIC y retos institucionales.** Internet 25/09/06.

Rosado, Carlos. **Comunicación por satélite.** México. Editorial Limusa, México 1999.

Ploman, Edgar W. **Satélites de Comunicación.** Internet.  
09/09/06.

Tomasi, Wayne. **Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.** Segunda Edición. Páginas de Internet. 10/09/06.

Tun Molina, Dionisio M. **Satélites Mexicanos S.A. de C. V. Enero,** 2002. Internet.  
09/09/06.

Virues, Luis Antonio. **Apuntes de clase.** Internet.  
09/09/06.

[alek.pucp.edu.pe/Acom/sate.htm](http://alek.pucp.edu.pe/Acom/sate.htm)  
21/07/06

[www.mundofree.com/ea3atl/satsmet/satsmete.htm](http://www.mundofree.com/ea3atl/satsmet/satsmete.htm)  
 21/07/06  
[www.mundofree.com/ea3atl/coneix/satelgeo/satelgeo.htm](http://www.mundofree.com/ea3atl/coneix/satelgeo/satelgeo.htm).....  
 21/07/06  
[www.fao.org/DOCREP/006/W9633S/w9633s08.htm](http://www.fao.org/DOCREP/006/W9633S/w9633s08.htm).....  
 21/07/06  
[www.upv.es/satelite/trabajos/pract\\_17/javie\\_2.htm](http://www.upv.es/satelite/trabajos/pract_17/javie_2.htm).....  
 21/07/06  
[www.fao.org/DOCREP/006/W9633S/w9633s08.htm](http://www.fao.org/DOCREP/006/W9633S/w9633s08.htm).....  
 21/07/06  
[www.itu.int/aboutitu/annual\\_report/2000/key-satellites-es.html](http://www.itu.int/aboutitu/annual_report/2000/key-satellites-es.html).....  
 21/07/06  
[es.wikipedia.org/wiki/Órbita\\_geosíncrona](http://es.wikipedia.org/wiki/Órbita_geosíncrona).....  
 21/07/06  
[www.monografias.com/trabajos11/caracsat/caracsat.shtml](http://www.monografias.com/trabajos11/caracsat/caracsat.shtml).....  
 21/07/06  
[ciberhabitat.gob.mx/medios/satelites/artificiales](http://ciberhabitat.gob.mx/medios/satelites/artificiales).....  
 21/07/06  
 wikipedia  
 06/09/06  
 Hiperglosario del IA-UNAM  
 06/09/06 [www.observatorio.unal.edu.co/miembros/docentes/grek/celeste.html](http://www.observatorio.unal.edu.co/miembros/docentes/grek/celeste.html) 06/09/06



## Anexo

### Cálculo de órbitas geostacionarias

Para calcular la altitud de una órbita geostacionaria alrededor de la Tierra, la fórmula es:

$$r = \sqrt[3]{\frac{Gm_e}{\omega^2}} \approx 42000 \text{ km}$$

, siendo ésta la distancia de la órbita al centro de la Tierra. Un cálculo algo más exacto permite establecer la distancia del satélite al centro de la Tierra en 42,164 km. Restando el radio ecuatorial de la Tierra, (6,378 km.), se obtiene la altitud señalada líneas arriba.

### Parámetros típicos de la órbita geostacionaria.

Es posible calcular algunos parámetros típicos de la órbita geostacionaria, tales como la altura del satélite, o la velocidad del mismo, partiendo de las leyes básicas de la Física.

Como es sabido un satélite geostacionario tiene un periodo de rotación igual al de la Tierra, por lo tanto debemos saber con exactitud dicho periodo de rotación. Para ello se considera el día sidereo (23h 56 min. 4.1seg), que es el tiempo de rotación de la Tierra medido con respecto a una estrella lejana y que difiere del día solar o medido con respecto al sol.

Si hiciésemos la consideración de que la Tierra fuese realmente esférica y con una densidad uniforme, su masa equivalente podría considerarse como puntual y su fuerza de atracción sobre un satélite de masa **m**, respondería a la Ley de gravitación universal de Newton, esta fuerza puede expresarse como:

$$F_g = G * \frac{mM}{r^2} \quad (1)$$

Donde:

M: Es la masa de la Tierra,  $5.98 \times 10^{24}$  kg.

G: Es la constante de gravitación universal,  $6.67 \times 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

r : Distancia desde el satélite al centro de la Tierra.

m: Masa del satélite.

Además dado que el satélite se encuentra en una órbita circular, existirá una fuerza centrífuga  $F_c$  debida a su movimiento alrededor de la Tierra, de igual magnitud pero opuesta a la fuerza  $F_g$ , en consecuencia el satélite se encuentra

en una situación de equilibrio.

$$F_c = \frac{mV^2}{r} \quad (2)$$

V: Velocidad del satélite.

De la ecuación (2) podemos despejar la velocidad del satélite:

$$V = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (3)$$

El periodo de rotación T, del satélite es:

$$T = \frac{2\pi r}{V} \quad (4)$$

Reemplazando (3) en (4) y despejando el radio r, nos queda:

$$r = \sqrt[3]{GM \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2} \quad (5)$$

Nota: Como un satélite geostacionario tiene un periodo de rotación (T) igual al de la Tierra, dicho periodo será entonces, la duración de un día sidereo (23h 56min 4.1seg).

Por lo tanto de la expresión (5) podemos obtener la distancia del satélite al centro de la Tierra, y si a este valor le restamos el radio terrestre (R = 6,370 km.), obtendremos la altura de la órbita geostacionaria. Por ultimo de la expresión (3) se obtiene la velocidad del satélite.