

DERECHO Derecho satelital y del espacio exterior

CLARA LUZ ÁLVAREZ



DERECHO SATELITAL Y DEL ESPACIO EXTERIOR

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS

Serie ESTUDIOS JURÍDICOS, núm. 396

DIRECTORIO

Dra. Mónica González Contró

Directora

Dr. Mauricio Padrón Innamorato

Secretario Académico

Mtra. Wendy Vanesa Rocha Cacho

Jefa del Departamento de Publicaciones

CRÉDITOS EDITORIALES

Wendy Vanesa Rocha Cacho

Coordinación editorial

Miguel López Ruiz

Cuidado de la edición

José Antonio Bautista Sánchez

Formación en computadora

Edith Aguilar Gálvez

Elaboración de portada

CLARA LUZ ÁLVAREZ

DERECHO SATELITAL Y DEL ESPACIO EXTERIOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

México, 2023

Catalogación en la publicación UNAM. Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información

Nombres: Álvarez, Clara Luz, autor.

Título: Derecho satelital y del espacio exterior / Clara Luz Álvarez.

Descripción: Primera edición. | México : Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas : Universidad Panamericana, 2023. | Serie: Serie Estudios jurídicos ; núm. 396.

Identificadores: LIBRUNAM 2218346 (impreso) | LIBRUNAM 2218389 (libro electrónico) | ISBN 9786073081085 (UNAM) (impreso) | ISBN 9786078826421 (Universidad Panamericana) (impreso) | ISBN 9786073081078 (UNAM) (libro electrónico) | ISBN 9786078826414 (Universidad Panamericana) (libro electrónico).

Temas: Derecho espacial -- México. | Espacio aéreo (Derecho internacional). | Satélites artificiales -- Leyes y legislación -- México. | Satélites artificiales en telecomunicaciones -- Leyes y legislación. | Basura espacial -- Leyes y legislación.

Clasificación: LCC KGF4285.A58 2023 (impreso) | LCC KGF4285 (libro electrónico) | DDC 341.7—dc23

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La presente obra ha sido sometida a un proceso de dictaminación basado en el sistema de revisión por pares doble ciego, llevado a cabo por personas académicas independientes a la institución de afiliación de la persona autora, conforme a las Disposiciones Generales para la Actividad Editorial y de Distribución de la UNAM y los Criterios Específicos de Evaluación del Conahcyt.

Primera edición: 24 de noviembre de 2023

DR © 2023. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS
Circuito Mario de la Cueva s/n
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México
ISBN (libro impreso): 978-607-30-8108-5
ISBN (libro electrónico): 978-607-30-8107-8

DR © 2023. UNIVERSIDAD PANAMERICANA
Augusto Rodin 498, Insurgentes Mixcoac, Benito Juárez,
03920 Ciudad de México
ISBN (libro impreso): 978-607-8826-42-1
ISBN (libro electrónico): 978-607-8826-41-4

Impreso y hecho en México

A mis papás, Clara Luz y Raúl, por su amor y ejemplo

A Matías y Ana Isabel, por ser mis fuentes de vida

A mi hermano Raúl, mi primer amigo

A Graciela, por su cariño y apoyo

CONTENIDO

Agradecimientos	XV
Abreviaturas y siglas	XVII
Introducción	XXI
CAPÍTULO PRIMERO	
ACTIVIDADES ESPACIALES Y SERVICIOS SATELITALES.	1
CAPÍTULO SEGUNDO	
HITOS EN LA HISTORIA SATELITAL	
Y DEL ESPACIO EXTERIOR.	9
I. Hitos de la historia a nivel mundial	10
II. Vehículos de lanzamiento.	19
III. Breve referencia histórica de los instrumentos jurídicos mundiales	21
CAPÍTULO TERCERO	
EL SECTOR ESPACIAL Y LA COMUNICACIÓN	
VÍA SATÉLITE EN MÉXICO	35
I. La incursión de México	36
II. Primeros satélites	37
III. Privatización de Satmex (hoy Eutelsat)	40
IV. Caso Solidaridad II	42
V. Licitaciones siglo XXI	43

VI. Sistema Satelital Mexicano	46
VII. Nanosatélites.	47
VIII. Satélites lanzados bajo la bandera mexicana	49
IX. Personas astronautas mexicanas	50

CAPÍTULO CUARTO

ÓRBITAS SATELITALES, ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y SATÉLITES	51
I. Órbitas satelitales	52
1. Órbita geoestacionaria (GEO) y geosincrónica (GSO).	56
2. Órbita baja (LEO, <i>Low Earth Orbit</i>).	59
3. Órbita media (<i>Medium Earth Orbit</i> , MEO)	62
4. Órbita altamente elíptica (<i>Highly Elliptical Orbit</i> , HEO).	63
II. Espectro radioeléctrico.	63
1. Características	65
2. Dimensión internacional	66
III. Satélites, componentes del espacio y vehículos de lanzamiento.	70
1. Tipos de satélite según el tamaño	72
2. Componentes de los satélites	74
3. Vehículos de lanzamiento.	78
IV. Componentes en tierra.	80
1. Centro de control y operación	80
2. Estaciones terrenas.	80

CAPÍTULO QUINTO

MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL	83
I. Organismos internacionales.	85
1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).	85
2. COPUOS/UNOOSA.	87

II. Tratados internacionales relevantes en materia satelital y del espacio exterior.	88
1. Constitución de la UIT y Reglamento de Radiocomunicaciones.	92
2. Tratado del Espacio (1967)	94
3. Acuerdo de Salvamento (1968)	96
4. Convenio de Responsabilidad por Daños (1972).	97
5. Convenio de Registro de Objetos (1975)	99
6. Acuerdo de la Luna (1979).	99
III. Principios relevantes en materia satelital y del espacio exterior	100
1. Uso racional.	101
2. Uso efectivo	102
3. Acceso equitativo	104
4. Aplicables al espacio exterior.	105
5. Sostenibilidad del espacio	107
CAPÍTULO SEXTO	
PROCEDIMIENTOS ANTE LA UIT	109
I. Registro Internacional de Frecuencias (MIFR)	110
II. Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR IFIC)	112
III. Coordinación y procedimientos.	114
1. Coordinación	115
2. Planes espaciales.	117
3. Procedimiento reglamentario.	120
IV. Misiones de corta duración	121
V. Debida diligencia administrativa y puesta en servicio	123

CAPÍTULO SÉPTIMO

SOSTENIBILIDAD DEL ESPACIO	127
I. ¿Qué es la sostenibilidad del espacio y por qué es importante?	128
II. Basura espacial	132
1. Cementerios y desintegración de objetos espaciales	140
2. Servicios en órbita y remoción de basura	142
III. Conciencia situacional espacial y tránsito seguro.	146
IV. ¿Cuál es el marco normativo?	149

CAPÍTULO OCTAVO

SATÉLITES EN MÉXICO: SU MARCO JURÍDICO	157
I. Recursos orbitales.	157
1. Espectro radioeléctrico.	158
2. Órbitas satelitales	163
II. Concesiones y autorizaciones.	164
1. Sistemas satelitales nacionales	164
A. Licitación (uso comercial y comunicación privada)	166
B. Asignación directa (uso público, uso social y uso privado).	168
C. Asignación directa por parte interesada.	170
D. Concesión única	171
2. Sistemas satelitales extranjeros (autorizaciones).	172
3. Misiones de corta duración	173
4. Estaciones terrenas.	174
III. Autoridades mexicanas relevantes a lo satelital y espacial	176
1. IFT (2013-a la fecha)	177

2. SICT	179
3. Agencia Espacial Mexicana	181
 CAPÍTULO NOVENO	
REGULACIÓN MEXICANA EN RELACIÓN CON SATÉLITES .	185
I. Contraprestación	186
II. Pago de derechos	187
III. Capacidad satelital reservada al Estado (CSRE)	188
1. Orígenes y evolución de la CSRE	188
2. Naturaleza jurídica de la CSRE	192
IV. Regulación satelital diversa	194
1. Centros de control	194
2. Vida útil, fallas y planes	195
3. Interferencias perjudiciales	197
4. Vehículos espaciales	198
5. Servicio complementario terrestre	199
V. Prórrogas	200
1. De concesiones de recursos orbitales	200
2. De la concesión única	201
3. De las autorizaciones de satélites extranjeros	202
VI. Terminación, reversión y derecho de preferencia ...	202
1. Reversión	203
2. Derecho de preferencia	204
VII. Revocación	204
VIII. Rescate y cambio de recursos orbitales	206
IX. Requisa	208
Conclusiones y reflexiones finales	211
Bibliografía	219

AGRADECIMIENTOS

Esta obra pudo concluirse gracias al amor y a la paciencia de mi familia.

Agradezco profundamente la asistencia para obtener fuentes de información a Heidi Mooser Tauchert, Natalia Bolaños Alfaro y Noé Aarón Bastida Ávalos.

Mi gratitud a la Universidad Panamericana, a la doctora Claudia Ortega Barba, y a los doctores Fernando Batista Jiménez y José María Soberanes Díez por su apoyo para realizar esta obra.

Mi agradecimiento también a mis maestras, maestros y estudiantes por sus enseñanzas, así como a las autoras y autores de libros y artículos que fueron fuentes de información que orientaron y enriquecieron esta obra.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

Acuerdo de la Luna	Acuerdo que Debe Regir las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes (1979)
Acuerdo de Salvamento	Acuerdo sobre el Salvamento y la Devolución de Astronautas y la Restitución de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre (1968)
AEM	Agencia Espacial Mexicana
BR IFIC	Circular Internacional de Información sobre Frecuencias del Buró de Radiocomunicación (<i>International Frequency Information Circular</i>)
CMR	Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones
CNAF	Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
Convenio de Registro de Objetos	Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre (1975)
Convenio de Responsabilidad	Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales (1972)
COPUOS	Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (<i>Committee on the Peaceful Uses of Outer Space</i>)
Cuadro Internacional de Frecuencias	Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT
CSRE	Capacidad satelital reservada al Estado
DOF	<i>Diario Oficial de la Federación</i>

XVIII

ABREVIATURAS Y SIGLAS

Directrices contra la Basura Espacial	Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos
Directrices de Sostenibilidad del Espacio	Directrices Relativas a la Sostenibilidad a Largo Plazo de las Actividades en el Espacio Ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos
Disposiciones Regulatorias Satelitales	Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite (2023)
GEO	Órbita geoestacionaria (<i>Geosynchronous Equatorial Orbit</i>)
HAPS	Plataformas a Gran Altitud (<i>High-Altitude Platform Systems</i>)
HEO	Órbita altamente elíptica (<i>Highly Elliptical Orbit</i>)
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
LEO	Órbita baja (<i>Low Earth Orbit</i>)
MEO	Órbita media (<i>Medium Earth Orbit</i>)
MIFR	Registro Internacional de Frecuencias (<i>Master International Frequency Register</i>)
POG	Posición en la órbita geoestacionaria
SFS	Servicio fijo por satélite
SICT	Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes
SMS	Servicio móvil por satélite
SRS	Servicio de radiodifusión por satélite
Tratado del Espacio	Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes (1967)

ABREVIATURAS Y SIGLAS

XIX

TT&C	Telemetría, rastreo y control (<i>Telemetry, Tracking and Control</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

INTRODUCCIÓN

Las actividades espaciales mejoran la vida en la Tierra con las comunicaciones satelitales, la observación de la Tierra (por ejemplo, para cuestiones ambientales y de prevención de desastres, monitoreo del cambio climático), la radiodeterminación y radionavegación satelital, la investigación espacial, así como con los datos que se obtienen de las actividades espaciales. Además, éstas han sido identificadas como esenciales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, por lo cual son de vital importancia especialmente para los países en desarrollo.

La comunicación vía satélite es la principal actividad espacial, que continuará creciendo para proveer servicios de banda ancha, y también se integrará cada vez más con los servicios de telecomunicaciones terrestres. Por otra parte, están floreciendo nuevas actividades espaciales, como el turismo y la minería espacial.

La comunicación por satélite había estado principalmente enfocada al aprovechamiento de la órbita geoestacionaria (GEO); sin embargo, en los últimos años la utilización de órbitas bajas ha cobrado auge con megaconstelaciones de miles de satélites.

Aun cuando en sus inicios la era espacial estaba enfocada en actividades de los Estados nación, hoy día el sector privado y comercial lleva la voz cantante. La competencia en el sector satelital es una global con constelaciones de satélites bajo distintas banderas de países, aunque dirigidas por grupos corporativos con sede en un país determinado.

Dada la evolución constante de la comunicación vía satélite, de las actividades espaciales y las aplicaciones satelitales, así como su importancia para la vida contemporánea, el objetivo de

esta investigación ha sido identificar el marco jurídico aplicable a nivel internacional y mostrar lo relativo a nivel nacional tomando como base el caso mexicano.

Debe mencionarse que actualmente las publicaciones en materia satelital y del espacio exterior desde el derecho en español son escasas y se enfocan en aspectos específicos (por ejemplo, los tratados y convenios del espacio exterior).

Ahora bien, para dar respuestas desde el derecho y la política pública para los desafíos que se presentan por las actividades espaciales, los actores espaciales y la estrecha dependencia de la humanidad en las actividades espaciales, es de la mayor relevancia conocer aspectos técnicos básicos necesarios para la realización de las actividades espaciales.

Debe advertirse que este libro no pretende ser un manual técnico con información especializada para personas expertas en el espacio exterior y lo satelital. Los conceptos y las explicaciones técnicas que se presentan buscan proporcionar información general para la comprensión de los aspectos jurídicos y de política pública con relación al espacio/satelital.

Esta obra está dirigida a estudiantes, investigadoras, académicas, servidoras públicas desde el gobierno y la judicatura, legisladoras y todas aquellas personas que estén interesadas en lo satelital y del espacio.

En el capítulo primero se presentan las actividades espaciales y los servicios satelitales con base en las definiciones que proporciona el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, destacando los múltiples objetivos que pueden tener dichas actividades espaciales.

En seguida, en el capítulo segundo, se exponen brevemente los hitos de la historia en cuanto a actividades espaciales, con énfasis en lo satelital, refiriendo también a los vehículos de lanzamiento y los grandes momentos históricos relacionados con los instrumentos jurídicos internacionales. La historia de México en relación con lo satelital/espacial está desarrollada en el capítulo tercero.

La explicación de las órbitas satelitales y sus tipos; las perturbaciones que puede sufrir un objeto espacial; la importancia del espectro radioeléctrico para las actividades espaciales, una breve explicación de sus características y la dimensión jurídica internacional del espectro; y los tipos de satélites, los componentes de los satélites (espaciales y terrestres) y los vehículos de lanzamiento, son materia del capítulo cuarto.

El marco jurídico internacional se presenta en el capítulo quinto, que inicia con la referencia a los organismos internacionales que participan activamente en lo satelital/espacial. Después se exponen los tratados internacionales relevantes, para finalizar el capítulo con los principios aplicables.

Los procedimientos para obtener el registro y el reconocimiento del derecho a ocupar una órbita con sus frecuencias asociadas ante la UIT es el objeto del capítulo sexto. En éste se hace referencia al Registro Internacional de Frecuencias (MIFR), a la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR IFIC), a la coordinación, los procedimientos reglamentarios, los planes espaciales, las misiones de corta duración, la debida diligencia administrativa y la puesta en servicio de satélites y constelaciones.

La sostenibilidad en el espacio es el gran tema a nivel internacional, que tiene múltiples aristas y retos. De ahí que el capítulo séptimo se dedique a la sostenibilidad en el espacio, comenzando por su concepto e importancia, para posteriormente exponer lo relativo a los desechos o basura espacial con los riesgos y retos que hay en esa temática. En seguida, se presenta la conciencia situacional del espacio y el tránsito seguro, para cerrar con un análisis del marco normativo de la sostenibilidad del espacio.

El capítulo octavo está dedicado a la naturaleza jurídica de los recursos orbitales (órbitas y frecuencias asociadas) desde el derecho mexicano. Posteriormente, se exponen los diferentes títulos habilitantes en México en materia satelital y los procedimientos para obtenerlos. Se finaliza este capítulo con la presentación de las autoridades relevantes en materia satelital/espacial:

el Instituto Federal de Telecomunicaciones, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, y la Agencia Espacial Mexicana.

La regulación mexicana específica para cuestiones satelitales es materia del capítulo noveno. En éste se presenta primeramente la contraprestación por la obtención de títulos habilitantes y el pago de derechos por el uso de frecuencias como enlaces ascendentes y descendentes. Después, se dedica una sección a presentar los orígenes de la capacidad satelital reservada al Estado, y se propone su naturaleza jurídica. Posteriormente, se mencionan distintos temas de regulación satelital (por ejemplo, centros de control), para terminar con lo relativo a prórrogas de títulos, causales de terminación, la reversión y el derecho de preferencia, los supuestos de revocación, el rescate y cambio de recursos orbitales y la requisita de la vía general de comunicación.

Finalmente, doy las conclusiones de esta investigación y sugiero nuevas líneas de investigación.

Ciudad de México, junio de 2023

CAPÍTULO PRIMERO

ACTIVIDADES ESPACIALES Y SERVICIOS SATELITALES

Las actividades espaciales y los servicios satelitales están más presentes en la vida diaria de lo que se piensa. Este capítulo esboza dichas actividades y servicios como la antesala para el recorrido que se hará a lo largo del resto de los capítulos de este libro.

Las actividades espaciales son cruciales en múltiples aspectos: desde la comunicación por satélites hasta el monitoreo del cambio climático por satélites. Para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, las actividades espaciales son fundamentales.

Los objetivos de las actividades espaciales son múltiples —entre otros—, para:

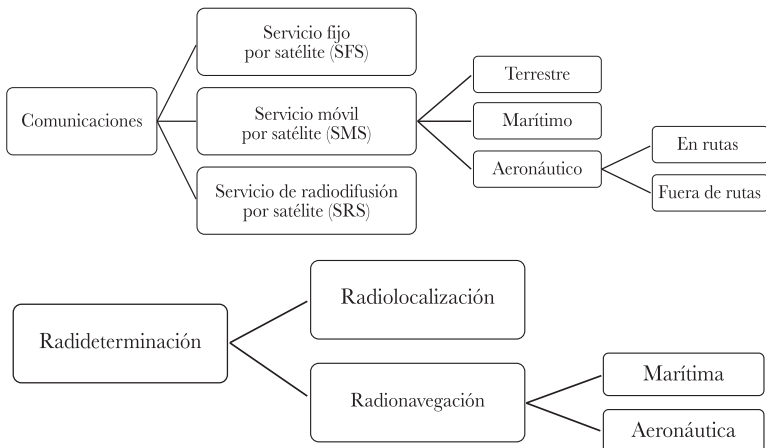
- Fines gubernamentales, de seguridad nacional y militares
- Telecomunicaciones de carácter civil y comercial.
- El servicio universal de comunicaciones vía satélite, con la finalidad de reducir y erradicar la brecha digital.
- La exploración de la Tierra con fines científicos, comerciales y académicos.
- La obtención de información meteorológica.
- El posicionamiento global a través de satélites que permiten identificar la ubicación geográfica.
- La prevención y detección oportuna de desastres naturales.
- Proveer información relevante para la atención humanitaria en casos de emergencias, desastres, desplazamientos y conflictos bélicos.

- La investigación en el espacio y del espacio tanto a cargo de gobiernos como del sector privado, de la academia y de proyectos conjuntos.
- La minería espacial.
- El turismo espacial.

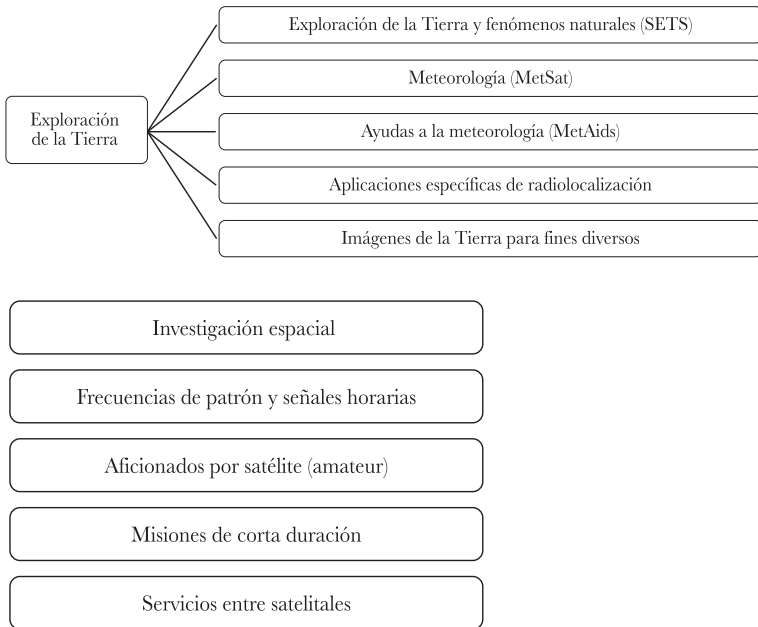
Los servicios a través de estaciones espaciales están descritos en el Reglamento de Radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (RR-UIT); debemos hacer énfasis en que hay diversas aplicaciones y funcionalidades que derivan de cada uno de esos servicios, algunas de las cuales se explican más adelante.

La estación espacial es un objeto con transmisores y/o receptores y la infraestructura necesaria para transmitir, emitir o recibir señales o información a través de frecuencias del espectro radioeléctrico, que se encuentra fuera de la parte principal de la atmósfera, está destinada a ir allá o que estuvo de ella.¹

El siguiente cuadro proporciona un panorama general de los servicios satelitales, y posteriormente se hace referencia a cada uno de ellos:



¹ Artículo 1o., sección IV, apartados 1.61 y 1.64 en relación con los apartados 1.3, 1.6, 1.8 y 1.19 del RR-UIT.



— *Servicio fijo por satélite (SFS)*, el que —a través de un satélite— se presta entre estaciones terrenas que están en un punto fijo determinado, o bien en un punto fijo dentro de una zona geográfica determinada.²

A través de este servicio pueden proveerse servicios de voz (telefonía), datos (por ejemplo, acceso a internet, transmisión de datos), audio, vídeo, o una combinación de éstos.

— *Servicio móvil por satélite (SMS)*, el que —por medio de un satélite— proporciona comunicación entre estaciones terrenas móviles,³ cuya modalidad dependerá del tipo de estación terrestre; es decir, si está sobre una aeronave será servicio móvil aeronáutico; si está en una embar-

² Artículo 1o., sección III, apartado 1.21 del RR-UIT.

³ Artículo 1o., sección III, apartados 1.25, 1.29 y 1.35 del RR-UIT.

cación, será servicio móvil marítimo, y si está sobre un vehículo terrestre, será el servicio móvil terrestre.

Dentro del servicio móvil aeronáutico por satélite está aquel considerado en las rutas de aviación civil (servicio móvil aeronáutico [R] por satélite), y las que están fuera de dichas rutas (servicio móvil aeronáutico [OR] por satélite).⁴

A través de este servicio pueden prestarse servicios de voz (telefonía), datos (por ejemplo, acceso a internet, transmisión de datos), audio, vídeo o una combinación de éstos.

- *Servicio de radiodifusión por satélite (SRS)* el que —utilizando satélites— envía señales (audio o sonora, vídeo o televisión) para que las reciba directamente el público en general.⁵
- *Servicio de radiodeterminación por satélite*, es el servicio que indica la posición, la velocidad u otras características de un objeto, o bien proporciona información con relación a dichos parámetros, utilizando una o más estaciones espaciales.⁶

La radiodeterminación se divide en radionavegación cuando es para fines de navegación y para identificar obstáculos, y en radiolocalización cuando es para otros fines distintos del de la navegación.⁷

⁴ Artículo 1o., sección III, apartados 1.36 y 1.37 del RR-UIT.

“1.36 *servicio móvil aeronáutico (R)* por satélite: Servicio móvil aeronáutico por satélite* reservado a las comunicaciones relativas a la seguridad y regularidad de los vuelos, principalmente en las rutas nacionales o internacionales de la aviación civil.

1.37 *servicio móvil aeronáutico (OR)** por satélite: Servicio móvil aeronáutico por satélite* destinado a asegurar las comunicaciones, incluyendo las relativas a la coordinación de los vuelos, principalmente fuera de las rutas nacionales e internacionales de la aviación civil”.

⁵ Artículo 1o., sección III, apartado 1.39 del RR-UIT.

⁶ Artículo 1o., sección III, apartados 1.40 y 1.41 en relación con la sección I apartados 1.9 del RR-UIT.

⁷ Artículo 1o., sección III, apartados 1.43 y 1.49 del RR-UIT.

La radionavegación por satélite puede ser aeronáutica o marítima.⁸

- *Servicios de exploración de la Tierra por satélite*, que son de la mayor relevancia, e incluyen aquellos 1) para obtener información de la Tierra y sus fenómenos naturales (SETS); 2) de meteorología por satélite (MetSat); 3) de ayudas a la meteorología (MetAids); 4) de aplicaciones del servicio de radiolocalización (por ejemplo, radares meteorológicos, oceanográficos o de perfil de viento).⁹

Los servicios de exploración de la Tierra por satélite pueden emplear sensores activos y/o pasivos. Los sensores activos son aquellos que envían y reciben ondas radioeléctricas, mientras que los sensores pasivos reciben ondas radioeléctricas de origen natural.¹⁰

A través de este servicio de exploración de la Tierra por satélite pueden utilizarse aplicaciones para “la prevención y evaluación de desastres naturales (inundaciones, huracanes, incendios), cambio climático, control de fronteras, piratería marítima, estudio de la atmósfera y del clima, organización del territorio, predicción de cosechas, contaminación de los mares, entre otras”.¹¹

Además, la obtención de imágenes de la Tierra puede servir para identificar la infraestructura, planear el despliegue de nueva infraestructura y la instalación de servicios públicos, así como para elaborar programas de desarrollo urbano, por ejemplo.

- *Servicios de investigación espacial*, son aquellos que utilizando un vehículo para salir fuera de la atmósfera terrestre realizan investigación científica o tecnológica. La inves-

⁸ Artículo 1o., sección III, apartados 1.41, 1.43, 1.45, 1.47 y 1.49 en relación con la sección I, apartados 1.9, 1.10 y 1.11 del RR- UIT.

⁹ Artículo 29A del RR- UIT en relación con 1.50, 1.51, 1.52 del RR-UIT.

¹⁰ Artículo 1.192 y 1.183 del RR-UIT

¹¹ Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *Comunicaciones por satélite*, México, Universidad Veracruzana, 2015, p. 520.

tigación espacial puede utilizar sensores activos o pasivos, utilizar enlaces Tierra-espacio y espacio-Tierra, así como estar destinados para el espacio lejano.¹²

- *Servicio de frecuencia de patrón y señales horarias por satélite*, el cual transmite, a través de satélites, frecuencias especificadas, señales horarias o ambas para fines científicos, técnicos y otros, y que están destinadas a la recepción general.¹³
- *Servicio de aficionado por satélite*. Es el realizado —por medio de satélites— de manera personal y sin fines de lucro por personas interesadas en la radiotécnica para la instrucción individual, la intercomunicación y los estudios técnicos.¹⁴
- *Servicio entre satélites*. Es el que establece enlaces entre satélites artificiales.¹⁵

Este servicio entre satélites permite que se puedan prestar conexiones entre dos o más estaciones terrestres a través de dos o más satélites cuyas huellas no cubren todo el territorio entre las estaciones terrestres. Sirva el siguiente ejemplo para ilustrar: desde una estación terrena en el país ABC se envía la señal al satélite 1, que tiene cobertura en el país ABC, pero que carece de cobertura en el país MNO. El satélite 1, a través del servicio entre satélites en el espacio, envía las señales al satélite 2, que sí tiene cobertura en el país MNO, y baja la señal a una estación terrena en el país MNO.

Richharia explica la importancia del servicio entre satélites, ya que estos hacen posible una conectividad más eficiente cuando el origen-destino de la comunicación está muy separado, optimizando la ruta sin necesidad de utilizar operadores de teleco-

¹² Artículos 1.5 y 1.78 del RR-UIT, y véase el cuadro de atribución de bandas de frecuencias en el artículo 5 del RR-UIT.

¹³ Artículo 1.53, 1.54 y véase artículo 26 del RR-UIT.

¹⁴ Artículo 1o., sección III, apartado 1.56, 1.57 y artículo 25 del RR-UIT.

¹⁵ Artículo 1o., sección III, apartado 1.22 del RR-UIT.

municaciones intermedios en Tierra, y por tanto, simplificando la conectividad terrestre. Asimismo, sirve este servicio para distribuir la capacidad satelital entre satélites.¹⁶

Finalmente, y aunque no es un servicio satelital, se presenta la definición de vehículo espacial, por la importancia que reviste para lograr colocar satélites en el espacio, por ejemplo. Además, como se verá más adelante, los avances tecnológicos en los vehículos de lanzamiento están contribuyendo a un nuevo escenario espacial con el ingreso de nuevos actores del espacio. El RR-UIT define como vehículo espacial a aquel contruido por la persona humana, y que está destinado a salir fuera de la parte principal de la atmósfera terrestre.¹⁷

¹⁶ Richharia, M. y Richharia, D., *Mobile Satellite Communications: Principles and Trends*, Nueva Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2014, p. 304.

¹⁷ Artículo 1o., sección VIII, apartado 1.178

CAPÍTULO SEGUNDO

HITOS EN LA HISTORIA SATELITAL Y DEL ESPACIO EXTERIOR

La historia sobre satélites y el espacio exterior está entrelazada con teorías científicas, que más tarde se pondrían en práctica de manera exitosa, como las relativas a la carrera armamentista y el desarrollo de cohetes, que posteriormente servirían para lanzar los satélites al espacio; los grandes debates en torno al espacio y la preocupación de que éste permanezca como ámbito de paz y cooperación mundial; la necesidad de establecer la regulación de radiocomunicaciones y respecto de las órbitas satelitales a nivel internacional para lograr la convivencia de sistemas satelitales para distintas actividades espaciales; la búsqueda de soluciones para que exista un acceso equitativo a los recursos orbitales para todos los países, independientemente de su grado de desarrollo, hasta lo que se conoce como el *new space*, en el cual está la presencia del sector privado para incursionar al espacio, que incluye desde avanzar en las comunicaciones por satélite hasta el turismo espacial y la minería espacial.

Comprender dónde estamos y a dónde vamos en materia de actividades espaciales y satelitales exige conocer la historia y el contexto en que surgieron éstas y en el cual se desenvuelven. De ahí que en este capítulo se presenta una breve referencia a la historia de las actividades espaciales, con énfasis en la parte satelital, para continuar con lo relativo a los vehículos espaciales y concluir con un repaso a los grandes momentos históricos vinculados a los instrumentos jurídicos internacionales que han forjado el marco jurídico y regulatorio en materia satelital y del espacio.

I. HITOS DE LA HISTORIA A NIVEL MUNDIAL

“La única manera de descubrir los límites de lo posible es aventurarse hacia lo imposible”,¹⁸ es una de las tres leyes de la predicción de Arthur C. Clarke, quien en 1945 propuso la utilización de una órbita para colocar un satélite, con la finalidad de que éste quedara fijo respecto a la Tierra. Ello es lo que se considera como el antecedente de los satélites en la órbita geoestacionaria (GEO, por sus siglas en inglés de *Geosynchronous Equatorial Orbit*):¹⁹

Debe observarse que una órbita con un radio de 42,000 km tiene un periodo de exactamente 24 horas. Un objeto en dicha órbita, si su plano coincide con aquel de [la línea del] ecuador de la Tierra, giraría con la Tierra y estaría entonces estacionario arriba del mismo lugar en el planeta. Permanecería fijo en el cielo de todo un hemisferio y, a diferencia de los demás cuerpos celestes, ni se alzaría ni se saldría... Más aún, una transmisión recibida de cualquier punto del hemisferio podría ser radiodifundida a toda la cara visible del globo [terráqueo]... Una misma estación podría proporcionar cobertura para la mitad del globo, y para un servicio a nivel mundial se requerirían tres, aunque podrían utilizarse más.²⁰

¹⁸ Las otras leyes son “1. Cuando un anciano y distinguido científico afirma que algo es posible, probablemente está en lo correcto. Cuando afirma que algo es imposible, probablemente está equivocado... 3. Cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia”, Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Sir Arthur C. Clarke – Visionario de la era espacial”, *Actualidades de la UIT*, Ginebra, núm. 3, abril 2008, pp. 36-38.

¹⁹ Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 523.

²⁰ “It will be observed that one orbit with a radius of 42 000 km has a period of exactly 24 hours. A body in such an orbit, if its plane coincided with that of the Earth’s equator, would revolve with the Earth and would thus be stationary above the same spot on the planet. It would remain fixed in the sky of a whole hemisphere and unlike all other heavenly bodies, would neither rise nor set. ... Moreover, a transmission received from any point on the hemisphere could be broadcast to the whole of the visible face of the globe... A single station could only provide coverage for half the globe, and for a world service three would be required, though more could be readily utilized”, Unión Inter-

Los inicios de la historia de los satélites están íntimamente relacionados con la Guerra Fría, marcada por la competencia por la supremacía tecnológica y armamentista entre Estados Unidos y la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas (URSS).

Quien lanzó el primer satélite al espacio fue la URSS, a través del Sputnik-1 el 4 de octubre de 1957,²¹ que buscó proveer información de la densidad y la temperatura de la alta atmósfera. “Este dispositivo [Sputnik-1], de pequeñas dimensiones y de 84 kg de peso transmitió telemetría por 21 días, desintegrándose después de realizar 1,367 vueltas alrededor de la Tierra, al inflamarse por la fricción con los gases atmosféricos”.²²

Es importante recordar que en ese momento no existían derechos ni obligaciones definidos, “...ni se habían establecido categorías reconocidas de servicios espaciales ni se habían atribuido frecuencias de radio para aplicaciones espaciales, y no se habían anunciado principios o procedimientos para coordinar el uso del espectro y posiciones orbitales entre las naciones que operaban satélites...”.²³

Un mes después del Sputnik-1, la URSS lanzó el Sputnik-2 con la perra Laika, para medir cuestiones biológicas. El Sput-

nacional de Telecomunicaciones, “Sir Arthur C. Clarke - A space-age visionary remembered”, *ITU News*, Ginebra, núm. 3, abril 2008, disponible en: https://www.itu.int/itunews/manager/display_pdf.asp?lang=en&year=2008&issue=03, pp. 36 y 37 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

El título de su artículo publicado en la revista británica *Wireless World* en octubre de 1945 fue “Extra-terrestrial Relays – Can Rocket Stations Give Worldwide Radio Coverage”.

²¹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Breve historia de la UIT (5)”, Ginebra, última actualización: 2022, consulta: 23 de abril de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/es/history/Pages/ITUsHistory-page-5.aspx>

²² Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 524.

²³ “...no recognized categories of space-based services had been established, no radio frequencies had been allocated to space applications, and no principles or procedures for coordinating the use of spectrum and orbital positions among nations operating satellites had been announced...”, Kennedy, Charles y Pastor, Verónica, *An Introduction to International Telecommunications Law*, Norwood, Artech House on Demand, 1996, p. 52 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

nik-2 fue colocado en órbita; sin embargo, tuvo un problema que afectó el sistema de control térmico, con lo cual la temperatura alcanzó 40°C. Aunque “La telemetría inicial indicó que Laika estaba agitada pero comiendo su alimento... Debido a los problemas térmicos, probablemente sólo sobrevivió un día o dos”.²⁴ Después de 162 días en órbita, el Sputnik-2 entró a la atmósfera de la Tierra.²⁵

Por su parte, el primer lanzamiento de Estados Unidos²⁶ fue el Explorer-1 el 31 de enero de 1958,²⁷ que contaba con equipos para estudiar los rayos cósmicos, los micrometeoritos y la temperatura del satélite.²⁸ Con el Explorer-1 se descubrió la existencia de los cinturones Van Allen,²⁹ que son regiones donde quedan atrapadas partículas como consecuencia del campo magnético de la Tierra.³⁰

²⁴ “The early telemetry indicated Laika was agitated but eating her food... Because of the thermal problems she probably only survived a day or two”, NASA, *Sputnik 2*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1957-002A> [traducción de Clara Luz Álvarez].

²⁵ *Idem*.

²⁶ Para más información sobre la evolución y política en Estados Unidos sobre temas satelitales, véase Cochetti, Roger, *Mobile Satellite Communications Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2014, pp. 22-33 y 41-50.

²⁷ Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 525.

²⁸ Muñoz, Carlos, *¡Feliz cumpleaños Explorer 1!*, México, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes – Agencia Espacial Mexicana, última actualización: 1 de febrero de 2018, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=761>; y NASA, *Explorer 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, Texas, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1958-001A>.

²⁹ Estos cinturones de radiación fueron nombrados en honor al doctor James van Allen, de la Universidad de Iowa, quien llevó a cabo la investigación espacial de los rayos cósmicos en el Explorer 1. Loff, Sarah, *Explorer 1 Overview*, NASA, última actualización: 3 de agosto de 2017, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: https://www.nasa.gov/mission_pages/explorer/explorer-overview.html.

³⁰ Mejía-Kaiser, Martha, *The Geostationary Ring*, Brill, Leiden, 2020, pp. 27 y 28; y Richharia, M. y Richharia, D., *Mobile Satellite Communications: Principles and Trends*, Nueva Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2014, p. 58.

La primera mitad de la década de 1960 fue de lanzamientos de satélites. Poco a poco los usos que se le daban a los satélites fueron incrementándose para incluir el de comunicación, el pronóstico del clima, la navegación, la observación de la Tierra, la vigilancia, etcétera.

El primer satélite de comunicaciones y, además, el primero con una participación comercial y primero en transmitir televisión fue el Telstar-1, lanzado en 1962, propiedad de la empresa estadounidense ATT.³¹ Telstar-1 “Requirió antenas enormes y sólo tres estaciones terrenas fueron capaces de transmitir y recibir señales de este satélite. Debido a la órbita baja del Telstar-1 y sus rápidos movimientos a través del cielo, el enlace entre dos estaciones terrenas sólo era posible por menos de diez minutos”;³² las antenas estaban instaladas en Estados Unidos, Francia y Reino Unido.³³

En 1963 se estableció la primera regulación de la comunicación vía satélite a través de la Conferencia Extraordinaria de Radio de la UIT, con lo cual se comenzó la compartición de servicios espaciales con los servicios de radiocomunicación terrestre.³⁴

Los primeros satélites geoestacionarios de comunicaciones³⁵ fueron colocados en órbita en 1963 (Syncom-2) y en 1964 (Syncom-3);³⁶ con este último se logró la radiodifusión de la inaugu-

³¹ ATT participó en Telstar-1. Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 27; Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 525; Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Handbook on Satellite Communications*, 3a. ed., Wiley-Interscience, 2002, p. 3.

³² “It required huge antennas and only three ground stations were able to transmit to and receive signals from this satellite. Due to the low orbit of Telstar-1 and its rapid movement across the sky, the linkage between two ground stations was only possible for less than ten minutes”, Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 9 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

³³ *Idem.*

³⁴ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Handbook on...*, *cit.*, p. 3.

³⁵ Syncom-1 no alcanzó su órbita y se perdió.

³⁶ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 29; Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 115; Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, nota 2, p. 526; Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Breve historia de la UIT*, Ginebra, última actualización: noviembre de 2020, consulta: 23 de abril de 2023, disponible en: <http://handle.>

ración de los Juegos Olímpicos de Tokyo.³⁷ Asimismo, se acordó la atribución a nivel mundial de la banda C para comunicaciones satelitales.³⁸ Los satélites Syncom fueron los que iniciaron la utilización comercial de los satélites.³⁹

En 1964 se creó Intelsat (*International Telecommunications Satellite Organization*) con la firma de once países⁴⁰ a través de un acuerdo de régimen provisional,⁴¹ lo que posteriormente en 1971 se concluyó con el Acuerdo relativo a la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite “Intelsat”, que entró en vigor el 12 de febrero de 1973.⁴² Las consideraciones para este último acuerdo fueron permitir a todos los pueblos el acceso al sistema mundial de satélites, el poder invertir y participar en él en su “concepción, desarrollo, construcción, incluido el suministro de equipo, instalación, explotación, mantenimiento y propiedad del sistema”.⁴³

Intelsat buscó tener un sistema satelital comercial global de comunicaciones,⁴⁴ colocando el Intelsat-I (Early Bird), que pro-

itu.int/11.1004/020.2000/s.210-es; Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Handbook on...*, cit., p. 3.

³⁷ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 2; Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 37.

³⁸ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 31.

³⁹ Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 526.

⁴⁰ McCormick, Patricia y Mechanick, Maury, *The Transformation of Intergovernmental Satellite Organisations: Policy and Legal Perspectives*, BRILL, Países Bajos, 2013, p. 85; Organización Internacional de Telecomunicaciones, *Hitos de la ITSO*, Washington D.C., consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://itso.int/es/acerca-de-la-itso/hitos-de-la-itso/>.

⁴¹ El 20 de agosto de 1964 se suscribieron, por parte de los gobiernos, el Acuerdo por el que se establece un Régimen Provisional de un Sistema Comercial Mundial de Telecomunicaciones por Satélite y, por parte de gobiernos o por entidades de telecomunicaciones designadas por los gobiernos, el Acuerdo Especial. *Cf.* Preámbulo y artículo I, incisos c y d, del Acuerdo por el que se Establecen Arreglos Provisionales para un Sistema Satelital de Comunicaciones Comerciales.

⁴² Preámbulo del Acuerdo por el que se Establecen Arreglos Provisionales para un Sistema Satelital de Comunicaciones Comerciales.

⁴³ Preámbulo del Acuerdo por el que se Establecen Arreglos Provisionales para un Sistema Satelital de Comunicaciones Comerciales.

⁴⁴ Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 526.

veyó comunicaciones comerciales a través de satélites geoestacionarios.⁴⁵ Para 1968 se dio el primer Sistema de Comunicaciones Satelitales Globales (Intelsat-III).⁴⁶

La URSS lanzó a partir de 1964 una serie de satélites conocidos como Molniya (“relámpago”, en español), que usaban una órbita inclinada y elíptica pudiendo dar comunicaciones ininterrumpidas utilizando dos o tres satélites.⁴⁷ La Unión Soviética también colocó en el espacio en la década de 1970 satélites geoestacionarios, como Raduga (“arcoiris”, en español), Ekran (“pantalla”, en español), Gorizont (“horizonte”, en español) y Louch (“luz”, en español).

En 1971 se constituyó la organización Intersputnik International Organization of Space Communications por parte de la URSS y otros nueve países. Esta organización hoy cuenta con veintiséis países, y su sede está en Moscú.⁴⁸

Los primeros países en desarrollo que lograron colocar satélites en el espacio fueron: China en 1970 (Dong Fang Hong 1),⁴⁹ India en 1975 (Aryabhat),⁵⁰ Indonesia en 1976 (Palapa 1),⁵¹

⁴⁵ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 34; Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Handbook on...*, *cit.*, p. 3; Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Breve historia de...*, *cit.*

⁴⁶ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Handbook on...*, *cit.*, p. 2.

⁴⁷ *Ibidem*, p. 3. Landeros señala que los Molniya I, II y III fueron utilizados para transmitir voz y televisión en la URSS y otras aplicaciones internacionales. Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 527. Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 34.

⁴⁸ Cochetti, Roger, *op. cit.*, pp. 34, 35, 60 y 61; Intersputnik, *About Intersputnik: Five Decades in Outer Space*, Moscú, última actualización: 2020, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://intersputnik.int/about/organization/>.

⁴⁹ NASA, *DFH 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1970-034A>.

⁵⁰ NASA, *Aryabhata*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1975-033A>.

⁵¹ NASA, *Palapa 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1976-066A>.

Arabia Saudita (Arabsat 1),⁵² Brasil (Brazilsat 1)⁵³ y México (Morelos 1) en 1985.⁵⁴

La Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite (Inmarsat, por sus siglas en inglés de *International Maritime Organization*) se estableció en 1979⁵⁵ para

...proveer el segmento espacial necesario para perfeccionar las comunicaciones marítimas, contribuyendo así a mejorar las comunicaciones de socorro y las destinadas a la seguridad de la vida humana en el mar, el rendimiento y la explotación de los barcos, los servicios marítimos de correspondencia pública y los medios de radiodeterminación.⁵⁶

“De 1957 a 1990, los Estados Unidos [de América] y la Unión Soviética fueron responsables del 93 por ciento de todos los satélites lanzados al espacio”,⁵⁷ y de todos los satélites de ese

⁵² NASA, *Arabsat 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-015A>.

⁵³ NASA, *Brazilsat 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-015B>.

⁵⁴ Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Regulación Satelital en México*, México, Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2013, disponible en: <https://www.ifet.org.mx/espectro-radioelectrico/regulacion-satelital-en-mexico-estudio-y-acciones#:~:text=Satelital%20en%20M%C3%A9xico-,Estudio%20y%20Acciones,comunicaciones%20satelitales%20en%20el%20pa%C3%ADs.>, p. 55.

NASA, *Morelos-A*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, Texas, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-048B>.

⁵⁵ México se volvió parte de este convenio el 10 de enero de 1994. ONU, *Convention on the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT)*, consulta el 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://treaties.un.org/pages/showDetails.aspx?objid=08000002800f95d2>.

⁵⁶ Artículo 3, párrafo 1, del Convenio Constitutivo de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite.

⁵⁷ “From 1957 through 1990, the United States and Soviet Union were responsible for 93 percent of all satellites launched into space”, Harrison, Todd

periodo, aproximadamente el 70 por ciento fueron satélites militares.⁵⁸

La denominada “segunda era espacial” comenzó en 1991, con la caída de la Unión Soviética, el incremento del uso comercial para los satélites, el cambio geopolítico y el que más países tuvieran capacidades en materia satelital y espacial.⁵⁹

De 1991 a 2016, el 43% de los nuevos satélites fueron de países distintos de Estados Unidos y Rusia, y desde 2014 provienen principalmente de China, Japón, Europa e India.⁶⁰ Adicionalmente, en esta segunda era espacial y hasta 2017 el 36% de los satélites son comerciales.⁶¹

Si bien los satélites GEO habían dominado anteriormente la atención, en los inicios de la década de 1990 surgió la propuesta de desplegar constelaciones de satélites en la LEO para beneficiarse de mejor calidad y menor latencia; sin embargo, a fines del siglo XX la mayor parte de los proyectos habían fracasado. Hoy día hay muchas propuestas de constelaciones LEO que buscan proveer internet, y son la nueva era de la comunicación vía satélite.⁶²

Denis *et al.* argumentan que el cambio en el ecosistema espacial está dado por el surgimiento de emprendimientos (*start-ups*) y empresas espaciales, por el incipiente turismo espacial, el aumento en los satélites pequeños, la mayor disponibilidad de acceder

et al., *Escalation and Deterrence: In the Second Space Age*, Center for Strategic and International Studies (CSIS), Washington, D.C., 2017, disponible en: <https://www.jstor.org/stable/resrep23194.3>, p. 2 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁵⁸ *Idem.*

⁵⁹ *Ibidem*, pp. 3-6.

⁶⁰ *Ibidem*, pp. 5-6.

⁶¹ *Idem.*

⁶² Riviere, Alice, “The rise of the LEO: Is there a need to create a distinct legal regime for constellations of satellites?”, en Froehlich, Annette (ed.), *Legal Aspects Around Satellite Constellations*, European Space Policy Institute y Springer, Viena-Cham, 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06028-2>, p. 42.

al espacio, así como el incremento en el financiamiento por parte de la inversión privada y capitales de riesgo.⁶³

Asimismo, Denis *et al.*, al referir lo que suele denominarse como *new space* (nuevo espacio), que inició a fines de la década de 1990, comentan que ha habido muchos cambios en ese rubro, tales como la reducción de costos de lanzamiento y de convertir el acceso al espacio en algo más sencillo y asequible; incremento en los viajes suborbitales y el turismo espacial; vehículos pequeños de lanzamiento para satélites pequeños; desarrollo de la comunicación vía satélite con constelaciones LEO; crecimiento de actividades en el espacio para combatir la basura espacial y la disposición al fin de la vida útil de los satélites; servicios en órbita (*in-orbit service*), tales como el reabastecimiento de combustible, la reparación, actualización y mejoramiento de equipos en el espacio, el remolque en el espacio; el creciente interés por el espacio lejano (por ejemplo, para minería de asteroides), entre otros.

Las megaconstelaciones son aquellas que pretenden tener miles de satélites en el espacio para prestar múltiples servicios.⁶⁴ Pardini y Anselmo dicen que de 1957 a mediados de julio de 2021 se han lanzado más de 11,500 satélites, mientras que se planea lanzar 100,000 satélites más sólo en la próxima década, y que esta etapa está caracterizada por los satélites pequeños y las megaconstelaciones.⁶⁵

La Federal Communications Commission (FCC) en Estados Unidos ha autorizado a Starlink de SpaceX para operar alrede-

⁶³ Denis, Gil *et al.*, "From new space to big space: How commercial space dream is becoming a reality", *Acta Astronautica*, vol. 166, enero de 2020, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.08.031>, pp. 431-443.

⁶⁴ Las iniciativas para tener grandes constelaciones de satélites en LEO para servicios diversos, incluyendo el de comunicaciones y conectividad, está vinculado también con la infraestructura terrestre. *Ibidem*, pp. 439 y 440.

⁶⁵ Pardini, Carmen y Anselmo, Luciano, "The Kinetic casualty risk of uncontrolled re-entries before and after the transition to small satellites and mega-constellations", *Journal of Space Safety Engineering*, Noordwijk, núm. 3, vol. 9, septiembre de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsse.2022.04.003>, pp. 414-426.

dor de 12,000 satélites en LEO con el potencial de incrementar dicha constelación más adelante para llegar hasta 42,000 satélites. También la FCC autorizó a Kuiper, de Amazon, para colocar 3,236 satélites también en LEO.⁶⁶

Por su parte, la compañía china GW (Guo Wang/StarNet) tiene solicitudes ante la UIT para tener 12,992 satélites para prestar servicios de telecomunicaciones a través de dos constelaciones.⁶⁷

Ruanda presentó ante la UIT una solicitud para dos constelaciones de más de 300,000 satélites para Marvel Space Communications.⁶⁸

La existencia de millares de satélites en el espacio a diferentes altitudes y planos ha generado nuevos desafíos sobre la administración de frecuencias, la regulación que atienda las particularidades de las LEO y la basura espacial.⁶⁹

II. VEHÍCULOS DE LANZAMIENTO

Si bien repasar la historia satelital se enfoca normalmente en los tipos de satélites y las órbitas, deben mencionarse los vehículos de lanzamiento, pues los “avances —principalmente militares— en coherería y sistemas de guía de cohetes hicieron posible el despliegue de un satélite en elevadas altitudes”.⁷⁰

⁶⁶ Petit, Alexis *et al.*, “Assessment of the close approach frequency and collision probability for satellites in different configurations of large constellations”, *Advances in Space Research*, París, núm. 12, vol. 67, junio de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.022>, pp. 4177-4192, pp. 4180-4183. *Ibidem*, p. 422; Byers, Michael y Boley, Aaron, *Who Owns Outer Space?: International Law, Astrophysics, and the Sustainable Development of Space*, Cambridge University Press, Cambridge, 2023, pp. 48 y 49, doi.org/10.1017/9781108597135.

⁶⁷ Pardini, Carmen y Anselmo, Luciano, *op. cit.*, p. 422; Byers y Boley, p. 49.

⁶⁸ Byers, Michael y Boley, Aaron, *op. cit.*, p. 49.

⁶⁹ Riviere, Alice, *op. cit.*, p. 43.

⁷⁰ “advances—mainly military—in rocketry and rocket guidance systems made the deployment of a satellite at high altitudes feasible”, Cochetti, Roger, *op. cit.*, pp. 21 y 22 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

Además, el estudio de los vehículos de lanzamiento tanto en sus aspectos técnicos y comerciales como jurídicos será cada vez de mayor relevancia.

Los primeros vehículos de lanzamiento estuvieron vinculados a la disputa Estados Unidos-Unión Soviética, utilizando tecnología de misiles de la Segunda Guerra Mundial. Hasta principios de la década de 1980 los lanzamientos eran realizados por gobiernos, hasta que posteriormente surgió un mercado desde el sector privado para servicios de lanzamiento y de vehículos de lanzamiento.⁷¹

Se buscó, a través de la innovación, mejorar la tecnología de lanzamiento, con la finalidad de que los servicios fueran económicamente viables. Pelton afirma que el desarrollo más importante en los servicios de lanzamientos ha sido el de capacidades por parte de países y organizaciones, lo cual ha generado competencia, que a su vez ha ayudado a reducir los costos, siendo la existencia de seguros para los lanzamientos el factor más importante para que las organizaciones entren a las comunicaciones por satélite.⁷² También la existencia de un ambiente de emprendedurismo en la industria de lanzamientos (por ejemplo, SpaceX) ha sido clave.⁷³

Los vehículos de lanzamiento tuvieron en los primeros tiempos la encomienda de colocar un satélite en el espacio, y cada vehículo servía para una sola misión. Hoy día, un vehículo de lanzamiento puede colocar múltiples satélites y puede utilizarse para varias misiones.⁷⁴

⁷¹ Logsdon, John, “How a launch vehicle works”, *Britannica*, Chicago, última actualización: 23 de abril de 2023, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.britannica.com/technology/launch-vehicle/How-a-launch-vehicle-works>.

⁷² Pelton, Joseph, *Satellite Communications*, International Space University y Springer, Nueva York, 2012, p. 74.

⁷³ *Ibidem*, p. 76.

⁷⁴ De Waal Alberts, Anton, “Answering an orbit full of questions: a proposed framework to provide legal certainty on the current and future state of the law regulating satellite constellations”, en Froehlich, Annette (ed.), *Legal Aspects Around Satellite Constellations*, European Space Policy Institute y Springer,

Finalmente, el acceso a vehículos de lanzamiento a un costo menor es parte de las razones del incremento significativo en las actividades del espacio.⁷⁵

III. BREVE REFERENCIA HISTÓRICA DE LOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS MUNDIALES

Al lanzarse el satélite Sputnik-1 al espacio en 1957 no existían reglas sobre el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico para servicios espaciales.⁷⁶

Los Estados vieron la necesidad de establecer reglas para la exploración y uso del espacio exterior. En ese momento, los Estados se dieron cuenta de que existía el potencial de una falla catastrófica que podría afectar a cualquiera de ellos (por ejemplo, durante el lanzamiento de un objeto al espacio o al retornarlo a la atmósfera). Existía también el temor de que unos cuantos Estados pudieran tratar de apropiarse del espacio exterior, incluyendo los cuerpos celestes como la Luna, e impedir el acceso de otros Estados. Otra preocupación era el conflicto armado que podría expandirse al espacio exterior, con dimensiones impredecibles.⁷⁷

Viena-Cham, 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06028-2>, p. 97. Denis, Gil *et al.*, *op. cit.*, p. 435.

⁷⁵ Denis, Gil *et al.*, *op. cit.*, p. 434.

⁷⁶ Doyle, Stephen, "Equitable Aspects of Access to and Use of the Geostationary Satellite Orbit", *Acta Astronautica*, núm. 6, vol. 17, 1988, disponible en: [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(88\)90209-3](https://doi.org/10.1016/0094-5765(88)90209-3), pp. 637-646; Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 110.

Esto mismo sucedió cuando se comenzaron a utilizar las frecuencias del espectro radioeléctrico para servicios de radiocomunicación en la Tierra. Las personas las utilizaban y no existía necesidad de regularla, pues era prácticamente experimental el uso que se les daba. Conforme fueron existiendo más usuarios de las frecuencias, se comenzaron a generar interferencias perjudiciales entre las señales que se difundían, y hubo la necesidad de regular su uso. Véase Álvarez, Clara Luz, *Derecho de las telecomunicaciones*, México, Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados, 2008, disponible en: <https://claraluzalvarez.org/wp-content/uploads/2023/03/derecho-de-las-comunicaciones-1a-ed.pdf>.

⁷⁷ "States saw the need to establish rules for the exploration and use of outer space. At that time, States became aware that there was the potential

En 1958, la Asamblea General de las Naciones Unidas abordó el tema del espacio ultraterrestre y estableció el deber de utilizarlo para fines pacíficos, así como que la exploración y explotación fuera en beneficio de la humanidad y de todos los Estados, independientemente de su grado de desarrollo económico y científico.⁷⁸ Además, se estableció una comisión especial denominada Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS, por sus siglas en inglés de *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*) con representantes de dieciocho países —uno de ellos de México—,⁷⁹ que posteriormente se convirtió en un comité permanente de las Naciones Unidas mediante resolución de la Asamblea General del 12 de diciembre de 1959.⁸⁰

En 1959, en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones⁸¹ de la UIT⁸² —que se llevó a cabo del 17 de agosto al 21

of catastrophic failure that could affect any of them (for instance, during the failed launch of a space object or upon its re-entry into the atmosphere). There was also the fear that a few States may try to appropriate outer space, including celestial bodies, like the Moon, and impede the access of other States. Another concern was armed conflict that could expand into outer space, with unforeseeable dimensions”, Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 54 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁷⁸ González Aninat, Raimundo, “Devenir y porvenir del derecho espacial”, *Revista de Temas Constitucionales*, Bogotá, 2007, disponible en: <http://historico.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/juicio/cont/5/cnt/cnt5.pdf>, p. 62; Organización de las Naciones Unidas, “Resolución 1348 (XIII). Cuestión del uso del espacio ultraterrestre con fines pacíficos”, aprobada en la 792a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 13 de diciembre de 1958; Rodríguez Medina, Ernesto, “Nuestro derecho al espacio. La órbita geoestacionaria: ¿una frustrada regulación?”, *Revista de Temas Constitucionales*, Bogotá, 2006, disponible en: <http://historico.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/juicio/cont/2/cnt/cnt4.pdf>, p. 53.

⁷⁹ Organización de las Naciones Unidas, “Resolución 1348 (XIII)...”, *cit.*

⁸⁰ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA), “A Timeline of the Exploration and Peaceful Use of Outer Space”, Viena, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/timeline/index.html>.

⁸¹ Las conferencias mundiales de radiocomunicación se llevan a cabo periódicamente. Véase cap. quinto, I.1.

⁸² Desde principios del siglo XX la UIT había estado regulando lo relativo a frecuencias para evitar interferencias de la radiocomunicación en la Tierra,

de diciembre de 1959—⁸³ se definieron diversos aspectos para lo relativo al espacio, cuyo producto fueron modificaciones al Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (RR-UIT), con lo cual este sería el primer tratado internacional que abordó cuestiones espaciales y de naturaleza vinculante para las partes.

Así que el RR-UIT, resultado de su Conferencia Administrativa de Radiocomunicaciones de 1959:⁸⁴

- Estableció definiciones de servicios espaciales, servicio Tierra-espacio y estación espacial.
- Atribuyó ciertas bandas de frecuencias para servicios espaciales y servicios Tierra-espacio.⁸⁵
- Estableció que se debían notificar las estaciones para recepción de emisiones de una estación espacial.
- Adoptó la resolución 7a., relativa a las emisiones radioeléctricas de satélites artificiales y de otros vehículos espaciales.
- Emitió la recomendación 36a., relativa a la convocatoria de una conferencia administrativa extraordinaria de radiocomunicaciones para atribuir bandas de frecuencias para radiocomunicaciones espaciales, que fue la que se llevó a cabo en 1963.⁸⁶

así que era natural que asumiera también la parte satelital. Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 112.

⁸³ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Administrative Radio Conference (Geneva, 1959)”, Radio Conferences, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.85>.

⁸⁴ *Idem*; Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 111; y Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Extraordinary Administrative Radio Conference to allocate frequency bands for space radiocommunication purposes (Geneva, 1963)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.89>.

⁸⁵ Las atribuciones fueron hechas a título secundario y se plasmaron en ciertos casos en las notas al Cuadro de atribución de bandas de frecuencia. *Cfr.* Unión Internacional de Telecomunicaciones, Reglamento de Radiocomunicaciones, Ginebra, 1959.

⁸⁶ *Idem*.

- Se comisionó a un grupo para estudiar las emisiones de radiocomunicación de satélites y vehículos espaciales.⁸⁷

Posteriormente, en 1961, en la Asamblea General de la ONU se abordaron diferentes temas con relación al espacio, las comunicaciones por satélite, la necesidad de cooperación internacional, la importancia de realizar estudios como los relativos a la meteorología con la Organización Meteorológica Mundial, algunas recomendaciones a la UIT, entre otras.⁸⁸ En 1962 se dio seguimiento a los tópicos anteriores en la propia ONU.⁸⁹

En octubre-noviembre de 1963, en el seno de la UIT,⁹⁰ se llevó a cabo la Conferencia Administrativa Extraordinaria de Radio, encargada de atribuir bandas de frecuencias para las diferentes radiocomunicaciones espaciales (tanto científicas como comerciales),⁹¹ con lo cual el Cuadro de Atribución de Frecuencias, que sólo contaba con 1% de frecuencias para servicios espaciales, ascendió a 15% con lo acordado en esta conferencia.⁹²

Con base en los resultados de esta conferencia de 1963, se modificó el RR-UIT y se adoptó una recomendación, que reconoció

⁸⁷ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 114.

⁸⁸ Organización de las Naciones Unidas, “Resolución 1721 (XIV). Cooperación Internacional para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con fines pacíficos”, aprobada en la 1085a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 20 de diciembre de 1961.

⁸⁹ Organización de las Naciones Unidas, “Resolución 1802 (XVII). Cooperación Internacional para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con fines pacíficos”, aprobada en la 1192a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 14 de diciembre de 1962.

⁹⁰ La Conferencia Administrativa Extraordinaria de Radio tuvo lugar en Ginebra, Suiza, del 7 de octubre al 8 de noviembre de 1963.

⁹¹ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 115.

⁹² Unión Internacional de Telecomunicaciones, “*Extraordinary Administrative Radio Conference...* (Geneva, 1963), *cit.*; Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Radio Conference on Space Communications: Rewarding Results”, *Telecommunication Journal*, Ginebra, núm. 12, vol. 30, 1963, disponible en: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.89.57.en.105.pdf>, pp. 366-368.

...que todos los Miembros y Miembros Asociados de la Unión tienen un interés en, y un derecho al uso equitativo y racional de las bandas de frecuencias atribuidas a comunicaciones espaciales... que la utilización y explotación de frecuencias del espectro para comunicaciones espaciales sean sujetas a acuerdos internacionales basados en los principios de justicia y equidad permitiendo el uso y compartición de las bandas de frecuencias atribuidas en el interés mutuo de todas las naciones.⁹³

Mejía menciona que se comenzaron a escuchar las preocupaciones con relación a que los procedimientos ante la UIT estarían beneficiando a los países desarrollados.⁹⁴

En diciembre de 1963, en la Asamblea General de la ONU se emitió la famosa resolución de Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre.⁹⁵ Estos principios serían los que se plasmarían en 1967 en el Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes (Tratado del Espacio), considerando la carta magna del espacio⁹⁶ (véase cap. quinto, II.2).

⁹³ “that all Members and Associate Members of the Union have an interest in and right to an equitable and rational use of frequency bands allocated for space communications... that the utilization and exploitation of the frequency spectrum for space communication be subject to international agreements based on principles of justice and equity permitting the use and sharing of allocated frequency bands in the mutual interest of all nations”, Unión Internacional de Telecomunicaciones, “*Radio Conference on Space...*”, *cit.*, p. 368 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁹⁴ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 115.

⁹⁵ Organización de las Naciones Unidas, “Resolución 1962 (XVIII). Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre”, aprobada en la 1280a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 13 de diciembre de 1963.

⁹⁶ González Aninat, Raimundo, *op. cit.*, p. 64.

En 1968 se suscribió el Acuerdo sobre el Salvamento y la Devolución de Astronautas y la Restitución de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre (Acuerdo de Salvamento).

En 1971, en que se dio la Conferencia Administrativa de Radio de la UIT, se hicieron modificaciones al RR-UIT en cuestiones relativas a las radiocomunicaciones

- Dando mayor flexibilidad a las comunicaciones espaciales.
- Estableciendo procedimientos de coordinación alrededor de estaciones terrestres.
- Determinando un método de cálculo sobre el grado de interferencia entre redes satelitales GEO.
- Se resolvió que “la inscripción ante la UIT de asignaciones de frecuencias para servicios espaciales de radiocomunicación y su uso no deben proporcionar prioridad permanente alguna a un país en lo individual o a un conjunto de países y no deben crear un obstáculo para el establecimiento de sistemas espaciales por otros”.⁹⁷ Con esto se descartaron los supuestos derechos permanentes.

En la ONU, en la década de 1970 se elaboraron distintos convenios y acuerdos internacionales: el Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales (Convenio de Responsabilidad, 1972), Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre (Convenio de Registro, 1975) y el Acuerdo que Debe Regir las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes (Acuerdo de la Luna, 1979) (véase cap. quinto, II).

⁹⁷ “...that the registration with the ITU of frequency assignments for space radio communications services and their use should not provide any permanent priority for any individual country or groups of countries and should not create an obstacle to the establishment of space systems by other[s]”, ITU Resolution Spa 2-1 “Relating to the Use by All Countries, with Equal Rights, of Frequency Bands for Space Radiocommunications Services” dentro de las ITU, *Final Acts of the World Administrative Radio Conference for Space Telecommunications*, July 17, 1971, entered into force Jan. 1, 1973 referido por Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 115-117 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

La UIT recibió facultades para administrar y registrar las posiciones orbitales y las frecuencias respectivas en el Registro Maestro en 1973 en la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT, máximo órgano de decisión.⁹⁸

En cuanto al servicio de radiodifusión por satélite (SRS), algunos países expresaban preocupaciones, dado que este tipo de señales pueden recibirse en países diferentes de aquel titular del satélite,⁹⁹ y la Conferencia Mundial Administrativa de Radio de 1977 fue para planificar ciertas bandas de frecuencias para el SRS y establecer las bases para este servicio.¹⁰⁰

Los resultados de esta conferencia de la UIT de 1977 fue que se establecieron planes espaciales para SRS para las regiones 1 y 3, y se adoptaron principios para la planificación en la región 2 (América). Un aspecto relevante fue la preocupación de muchos Estados en cuanto a asegurar que los países en desarrollo pudieran tener acceso equitativo a frecuencias y posiciones orbitales.¹⁰¹

Los planes espaciales son anexos al RR-UIT, y pretenden planificar el uso y atribución de los recursos orbitales y frecuencias estableciendo posiciones orbitales en la GEO o POG (Posición en la Órbita Geoestacionaria), bandas de frecuencias para enlaces ascendentes y descendentes, los servicios que se deben prestar y los parámetros técnicos (véase cap. sexto, III.2).¹⁰² El

⁹⁸ Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT de 1973, en Málaga-Torremolinos. Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 119.

⁹⁹ *Ibidem*, p. 118.

¹⁰⁰ Unión Internacional de Telecomunicaciones, "World Administrative Radio Conference for the Planning of the Broadcasting-Satellite Service in Frequency Bands 11.7-12.2 GHz (Regions 2 and 3) and 11.7-12.5 GHz (Region 1) (Geneva, 1977)", *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.99>.

¹⁰¹ *Idem*.

¹⁰² A la fecha de concluir esta obra existe la planificación a través de tres apéndices al RR-UIT: Apéndice 30 sobre servicio de radiodifusión por satélite (SRS), Apéndice 30A sobre los enlaces de conexión del SRS y Apéndice 30B del servicio fijo por satélite en ciertas frecuencias.

primer plan o Apéndice 30 al RR-UIT fue establecido en la Conferencia Administrativa Mundial de Radio (CAMR-1977).

En 1979 se llevó a cabo otra Conferencia Administrativa Mundial de Radio (CAMR-79), que modificó en su integridad el RR-UIT. Lo acordado en esta conferencia fue y sigue siendo relevante para el desarrollo y la regulación del espectro radioeléctrico y del sector satelital en el cual hubo cambios en cuanto a las frecuencias de servicios espaciales.¹⁰³

En la década de 1980 se realizó la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita geostacionaria y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan, a través de dos reuniones en 1985 y la otra en 1988.

La primera reunión de la conferencia fue en 1985, en la que se buscó “una manera de reconciliar el principio de acceso garantizado y equitativo con aquel del uso eficiente y económico de dos recursos naturales limitados: la órbita geosíncrona (GSO) y el espectro radioeléctrico”.¹⁰⁴

Esta primera reunión de 1985 emitió un informe para la segunda reunión que habría de realizarse en 1988, en el cual se sentaron los principios, los criterios, los métodos y los parámetros técnicos para la planificación.¹⁰⁵

¹⁰³ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Administrative Radio Conference (Geneva, 1979)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.101>.

Unión Internacional de Telecomunicaciones – Oficina de Radiocomunicaciones, “Circular Administrativa CA/186”, 5 de diciembre de 2009, disponible en: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.101.57.es.903.pdf>.

¹⁰⁴ “a way to reconcile the principle of guaranteed and equitable access with that of the efficient and economic use of two limited natural resources: the geosynchronous orbit (GSO) and the radio frequency spectrum”, Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Administrative Radio Conference on the use of the geostationary-satellite orbit and the planning of the space services utilizing it (1st session) (Geneva, 1985)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.111> [traducción de Clara-Luz Álvarez].

¹⁰⁵ *Idem*.

Los criterios establecidos fueron, por una parte, respetar el principio de acceso equitativo por todos los países, y, por otra parte, proteger los sistemas satelitales existentes: i) por ya estar inscritos en el Registro Internacional de Frecuencias; ii) por haber iniciado la coordinación de sistemas satelitales (véase el cap. sexto, III.1), o iii) por haber presentado la solicitud de publicación anticipada antes del 8 de agosto de 1985.¹⁰⁶ Es en esta reunión de 1985 donde originalmente se expidió el Apéndice 30A sobre los enlaces de conexión del SRS.

La segunda reunión tuvo lugar en 1988, a través de la cual se plasmaron los planes de asignación que “proporcionaría a cada país miembro de la UIT una posición orbital y las frecuencias asociadas para un satélite nacional que proveyera servicios domésticos”,¹⁰⁷ con lo cual se buscó dar vigencia al acceso equitativo a la órbita GEO. A partir de esta reunión ya se contaría con los apéndices 30 sobre SRS, 30A sobre enlaces de conexión del SRS y el 30B del servicio fijo por satélite en ciertas frecuencias.

En la década de 1990 se realizaron varias conferencias sobre radiocomunicación en la UIT, que incluyeron múltiples modificaciones y adiciones a lo relativo a satélites: asignar bandas de frecuencias para investigación espacial, operaciones en el espacio y servicios de exploración de la Tierra como uso primario (1992);¹⁰⁸ asignación de espectro para sistemas espaciales en la GEO y cuestiones relativas al servicio móvil satelital (SMS)

¹⁰⁶ Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geostacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan, primera reunión, Ginebra, 1985.

¹⁰⁷ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Administrative Radio Conference on the use of the geostationary-satellite orbit and the planning of the space services utilizing it (2nd session) (Geneva, 1988)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.119>.

¹⁰⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Administrative Radio Conference for Dealing with Frequency Allocations in Certain Parts of the Spectrum (Málaga-Terremolinos, 1992)”, *Radio Conferences*, Ginebra, con-

(1995¹⁰⁹); base para el desarrollo de sistemas en órbitas distintas a la GEO para el SFS, modificaciones a los apéndices 30 y 30A para reflejar las necesidades de nuevos países o que hubieran tenido modificaciones, asignación de bandas para plataformas de elevada altitud (*High Altitude Platform Stations*) y establecer regulación para combatir los “satélites de papel” con la debida diligencia administrativa (véase el cap. sexto, V) (1997).¹¹⁰

A partir de la Conferencia de 1995 las discusiones incluyeron también los intereses comerciales de manera importante, lo cual se sumó a las diferentes posturas tradicionalmente existentes entre países desarrollados y en vías de desarrollo. La polémica en torno al uso de ciertas frecuencias para SMS que ya eran utilizadas para servicios terrestres también estuvo presente en esta conferencia de 1995.¹¹¹

En la primera década del siglo XXI hubo modificaciones en cuestiones satelitales y espaciales:

- Se establecieron disposiciones para compartición entre sistemas GEO y no GEO por medio de límites de potencia de las estaciones terrenas (2000).¹¹²
- Se otorgó espectro adicional para los sistemas de radionavegación satelital como para el Global Positioning System (GPS de Estados Unidos), el Global Navigation

sulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.122>.

¹⁰⁹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Radiocommunication Conference (Geneva, 1995)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.124>.

¹¹⁰ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Radiocommunication Conference (Geneva, 1997)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.125>.

¹¹¹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Radiocommunication Conference (Geneva, 1995...)”, *cit.*

¹¹² Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Radiocommunication Conference (Istanbul, 2000)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.126>.

Satellite System (GLONASS de Rusia) y el Galileo de la Unión Europea (2000).¹¹³

- Se fijaron condiciones técnicas y regulatorias para los servicios satelitales de radionavegación (2003).¹¹⁴
- Se adoptaron medidas para una coordinación satelital más eficiente (2003).¹¹⁵
- Se asignaron más frecuencias para servicios espaciales científicos (2003).¹¹⁶
- Se confirmó que el registro no creaba derechos perpetuos sobre los recursos orbitales, por lo que los Estados debían implementar medidas para que nuevos sistemas satelitales de otros países pudieran acceder a ellos.¹¹⁷
- Se dispuso proteger los servicios satelitales de la banda C de interferencias de servicios terrestres, ampliar las frecuencias con uso primario para servicios de exploración de la Tierra vía satélite, y el Apéndice 30B de SFS fue actualizado tanto para los desarrollos tecnológicos como para incorporar países que no eran parte del apéndice por no haber sido Estados miembro en 1988 cuando se expidió (2007).¹¹⁸

La década de 2010 fue activa en el seno de la UIT para discusiones y determinaciones en materia satelital y de radiocomunicaciones espaciales. En la Conferencia Mundial de Radiocomunicación de 2012 se abordaron cuestiones relacionadas con los “satélites de papel” y el término “puesta en servicio”.

¹¹³ *Idem.*

¹¹⁴ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “World Radiocommunication Conference (Geneva, 2003)”, *Radio Conferences*, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.127>.

¹¹⁵ *Idem.*

¹¹⁶ *Idem.*

¹¹⁷ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 123 y 124.

¹¹⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “WRC-07 decisions secure wireless future”, WRC-07 Highlights, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=en&year=2007&issue=10&page=wrcHighlights&ext=html>.

Zoller refiere que en ocasiones se presentaban trámites ante la UIT para ocupaciones de diversas posiciones orbitales y frecuencias asociadas con un mismo satélite, lo cual implicaba una reserva de estos recursos sin que fueran utilizados y sin que se tuviera un proyecto de ocupación real, por lo que definir lo que se consideraría “puesta en servicio” de un satélite de manera más precisa cobró relevancia.¹¹⁹

Mejía recuerda que tras haber concluido el proceso ante la UIT y la coordinación satelital con otros países, otros Estados tenían dificultad para ocupar la posición orbital, por lo que recurrían a satélites prestados para demostrar que sí lograban colocar un satélite antes de la fecha límite.¹²⁰ Así que en esta conferencia de 2012 se definió con precisión el término “puesta en servicio” de satélites GEO para que éste fuera cuando un satélite es colocado y mantenido en su posición de manera continua por noventa días (véase el cap. sexto, V).¹²¹

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2015 adoptó ciertas decisiones en cuanto a vehículos aéreos no tripulados permitiéndoles el uso de SFS y ciertas bandas para ello; incluir el rastreo satelital para la vigilancia de aeronaves en vuelo; nuevas asignaciones para el SFS, para servicios satelitales de exploración de la Tierra; cambios en el procedimiento de los trámites regulatorios en relación con sistemas satelitales, entre otros.¹²²

La CMR de 2019 resolvió múltiples cuestiones en materia satelital, tales como:¹²³

¹¹⁹ Zoller, Julie N., “Satellite regulations: Improving the international satellite regulatory framework”, *ITU News*, Ginebra, enero-febrero 2012, pp. 16-20.

¹²⁰ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 125.

¹²¹ *Idem.*

¹²² Ka, Omar, *Results and implications of World Radiocommunications Conference*, disponible en: https://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/rrs/2017-Africa/Documents/Plenary/03_%20WRC-15%20Outcomes.pdf.

¹²³ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Nuevos hitos para el despliegue de satélites no geoestacionarios”, *ITU News Magazine*, Ginebra, núm. 6, 2019, disponible en: https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2019/2019-06/2019_ITUNews06-es.pdf, pp. 18 y 19.

- Protecciones para el servicio satelital de exploración de la Tierra, para el servicio meteorológico, el servicio de investigación espacial y para las estaciones de radioastronomía frente a interferencias perjudiciales.
- La apertura de nuevos segmentos para el SRS.
- En cuanto a los satélites no GEO, se estableció un marco para que las megaconstelaciones de satélites puedan ir desplegando sus satélites a lo largo del tiempo (10% dentro de dos años de concluir el periodo para la puesta en servicio, 50% dentro de los cinco años, y a los siete años se debe haber completado el despliegue).
- Se flexibilizó el procedimiento de asignación de recursos orbitales para satélites con misiones de corta duración (véase cap. sexto, IV)

La COPUOS presentó a la Agenda “Espacio 2030”, que tiene como objetivos generales:

1. Aumentar los beneficios económicos derivados del espacio y reforzar el papel del sector espacial como motor importante del desarrollo sostenible.
2. Utilizar el potencial del espacio para resolver los problemas cotidianos y aprovechar las innovaciones relacionadas con el espacio para mejorar la calidad de vida.
3. Aumentar el acceso al espacio para todos y garantizar que todos los países puedan beneficiarse socioeconómicamente de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología espaciales, y de los datos, la información y los productos basados en el espacio, contribuyendo con ello al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
4. Establecer alianzas y fortalecer la cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos y para la gobernanza global de las actividades en el espacio ultraterrestre.

CAPÍTULO TERCERO

EL SECTOR ESPACIAL Y LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE EN MÉXICO

México fue uno de los primeros países en desarrollo que buscó insertarse en las discusiones y debates en materia espacial; ha suscrito y ratificado los tratados y convenios internacionales en materia del espacio, al tiempo que ha participado activamente en el seno de la UIT.

Aun cuando México inició la creación de cohetes desde fines de 1957, repasar la historia del desarrollo espacial y satelital en el país obliga a analizar cuáles han sido los aciertos y desaciertos de la política pública. México tiene un largo camino por recorrer para lograr ser un país competitivo e innovador en materia espacial y satelital.

En este capítulo se exponen los primeros pasos de México en cuestiones espaciales y satelitales, y se entrelazan los temas jurídicos que involucran además tres reformas constitucionales.¹²⁴ Se presenta tanto el proceso de la privatización de Satmex con sus claroscuros como el caso del satélite Solidaridad II; en seguida, se describen las licitaciones realizadas durante el siglo XXI por el gobierno mexicano para el otorgamiento de concesiones para el derecho a ocupar posiciones en la GEO asignada a México y utilizar las frecuencias asociadas; además, se incluye lo relativo al sistema satelital mexicano, los nanosatélites, un listado de los satélites lanzados bajo la bandera mexicana, para concluir con la mención de las personas mexicanas que han sido astronautas y han viajado al espacio.

¹²⁴ Las reformas constitucionales fueron publicadas en el *DOF* del 3 de febrero de 1983, 2 de marzo de 1995 y 11 de junio de 2013.

I. LA INCURSIÓN DE MÉXICO

A fines de 1957, bajo la presidencia de Adolfo Ruiz Cortines, y mientras la Secretaría de Comunicaciones y Transportes estaba a cargo de Walter Cross Buchanan,¹²⁵ se iniciaron el diseño y la creación de los primeros cohetes SCT-1 y SCT-2, que fueron lanzados en octubre de 1959 y de 1960,¹²⁶ respectivamente.

La primera estación terrena para la observación de vehículos espaciales fue en 1961, derivada de un proyecto conjunto de investigación de carácter civil entre México y Estados Unidos. Esta estación terrena se instaló en Guaymas.¹²⁷

Para 1962, se creó la Comisión Nacional del Espacio Exterior “como un organismo técnico especializado encargado de controlar todo lo relacionado con la investigación, explotación y utilización con fines pacíficos del espacio exterior”, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.¹²⁸

La Comisión Nacional del Espacio Exterior “escogió como prioritarias la meteorología; la percepción remota; el uso de los cohetes sonda; y la investigación de la alta atmósfera, para lo cual desarrolló y construyó diversos cohetes”.¹²⁹ Esta comisión desapareció en 1977,¹³⁰ tras la redistribución de competencias a

¹²⁵ Agencia Espacial Mexicana, *Walter Cross Buchanan, (1906 - 1907)*, Hacia el espacio, México, 2017, disponible en: <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revista-digital/articul.php?interior=533>.

¹²⁶ Merchán, Carlos, *Telecomunicaciones*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1988, pp. 245-251. En cuanto a cohetes, Merchán da cuenta de los cohetes Tonatiuh (el Sol) lanzado en octubre de 1960, Totodl (pájaro) en 1964, que alcanzó una altitud de 22 km; Mítl (flecha) lanzado en 1967 alcanzando 55 km; el vehículo Tláloc (Dios de la lluvia) para estimulación artificial de la lluvia, así como la construcción de una base de operaciones para lanzamientos.

¹²⁷ Merchán, Carlos, *op. cit.*, pp. 252 y 255.

¹²⁸ Decreto presidencial publicado en el *Diario Oficial* del 31 de agosto de 1962, citado en Merchán, Carlos, *Telecomunicaciones*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1988, pp. 256-268.

¹²⁹ *Idem.*

¹³⁰ Como dato de coincidencia, en 1977 falleció Walter Cross Buchanan, impulsor de insertar a México como nación participante en el espacio exterior.

la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y a la Secretaría de Programación y Presupuesto.¹³¹

Para contar con servicios de comunicación vía satélite, México se adhirió a Intelsat (*International Telecommunications Satellite Consortium*), que era un consorcio establecido por los gobiernos y operadores signatarios (véase el cap. segundo, II).¹³² Intelsat fue el que proporcionó al país la capacidad satelital que requería a través del arrendamiento de transpondedores, en tanto que México comenzó la construcción de estaciones terrenas para servicios satelitales.

Los Juegos Olímpicos de 1968 en México fueron los que propiciaron significativamente la incursión del país en la comunicación vía satélite, ya que se requirió de un enlace espacial capaz de transmitir voz y vídeo a nivel mundial. El 10 de octubre de 1968 se inauguró la estación Tulancingo I, la Torre Central de Telecomunicaciones, la Red Federal de Microondas, así como el enlace espacial.¹³³

En 1969 se inició en México el servicio internacional telefónico y telegráfico por satélite.¹³⁴

II. PRIMEROS SATÉLITES

La Red Federal de Microondas comenzó a saturarse, y requería atender diversos programas del gobierno federal, como el de te-

¹³¹ Merchán, Carlos, *op.cit.*

¹³² Debe recordarse que la creación de Intelsat en 1964 fue con base en un régimen provisional. Merchán señala que México se adhirió a Intelsat en 1966. *Ibidem*, p. 270.

En cuanto al Acuerdo relativo a la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite “Intelsat”, concluido en 1971, México lo suscribió en 1972, y entró en vigor el 12 de febrero de 1973. ONU, Agreement relating to the International Telecommunications Satellite Organization ‘INTELSAT’ (with annexes), disponible en: https://treaties.un.org/Pages/showDetails.aspx?objid=08000002800e8e08&clang=_en (última consulta: 12 de mayo de 2023).

¹³³ Merchán, Carlos, *op. cit.*, pp. 269-271.

¹³⁴ *Idem*.

lefonía rural. Ante los análisis realizados por las autoridades, la comunicación vía satélite se presentó como una alternativa. En consecuencia, México inició sus gestiones en 1979 ante la UIT para obtener posiciones en la órbita GEO (POG) para una red satelital denominada Satmex I, y en 1981 presentó la solicitud para el sistema de satélites mexicanos denominado Ilhuicahua, que es un vocablo náhuatl que significa “Dios de los Cielos”.¹³⁵ Para concluir las gestiones y procedimientos en la UIT, se realizaron sendas coordinaciones con Canadá y Estados Unidos.

No existía prohibición o límite alguno para la prestación de servicios satelitales por el sector privado o público. Sin embargo, en 1983 se reformó el artículo 28 de la Constitución para establecer a la comunicación vía satélite como área estratégica, con la finalidad de que únicamente el Estado mexicano prestara dicho servicio en el país.¹³⁶

Debe señalarse que en la exposición de motivos de la iniciativa de reforma constitucional del entonces presidente Miguel de la Madrid nada se señala como justificación u objetivos que se buscaban al incluir a la comunicación vía satélite como un área estratégica en la cual sólo el gobierno podía participar. En esta iniciativa se propusieron reformas a diversos artículos constitucionales vinculados a la rectoría del Estado, combate a monopolios, áreas reservadas en exclusiva al Estado, mas ni una mención expresa se hizo a la comunicación vía satélite.¹³⁷

¹³⁵ *Ibidem*, pp. 276-285.

¹³⁶ Las reformas fueron publicadas en el *DOF* el 3 de febrero de 1983.

¹³⁷ Iniciativa del presidente de los Estados Unidos Mexicanos, del 3 de diciembre de 1982, para reformar y adicionar diversos artículos de la Constitución. La exposición de motivos incluida en esta iniciativa, en lo que sería aplicable a las porciones normativas de la reforma propuesta relacionados con la comunicación vía satélite, serían: “Se especifican las actividades que tendrá a su cargo el Estado, las cuales no serán sujetas a concesión. Con ello se delimita con precisión el ámbito exclusivo del sector público, y los alcances de la participación del Estado. Se fundamenta la existencia de instituciones, organismos y empresas que requiera el Estado para su eficaz desempeño en las áreas estratégicas y de carácter prioritario”, p. 9.

Cuando se presentó en 1995 la iniciativa para reformar nuevamente la Constitución, esta vez para que se permitiera la participación del sector privado, se dio la siguiente justificación a la reforma constitucional de 1983 en cuanto a que hubiera estado únicamente a cargo del gobierno la comunicación vía satélite:

...dada la escasez de posiciones orbitales y la falta de certidumbre sobre el uso de los servicios satelitales, resultaba conveniente que la distribución de señales y datos vía satélite, la llevara a cabo sólo el Estado. Además en los primeros años de operación, el sistema presentaría una rentabilidad baja, en tanto que generaba la demanda a la cultura para su aprovechamiento, que lo hacía muy poco atractivo para la participación privada.¹³⁸

Regresando al sistema satelital Ilhuicahua, éste cambió de nombre en 1983 al del Siervo de la Nación, “José María Morelos”. Posteriormente, se construyó el centro de control y seguimiento terrestre en Iztapalapa (Ciudad de México), mismo que fue inaugurado en junio de 1985.¹³⁹

Los primeros satélites mexicanos, el Morelos I y el Morelos II, fueron lanzados al espacio en junio y noviembre de 1985. El Morelos I fue puesto en órbita por el transbordador espacial Discovery el 17 de junio de 1985 desde Cabo Cañaveral, y entró en operación el 29 de agosto de 1985. El Morelos II fue puesto en órbita por el transbordador espacial Atlantis el 26 de noviembre de 1985.¹⁴⁰

Previo a la publicación de la hoy abrogada Ley Federal de Telecomunicaciones en 1995, se reformó nuevamente el artículo 28 de la Constitución en lo relativo a comunicación vía satélite, esta vez para permitir la participación del sector privado. La re-

¹³⁸ Exposición de motivos a la iniciativa del Ejecutivo Federal del 18 de enero de 1995 para reformar el cuarto párrafo del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

¹³⁹ Merchán, Carlos, *op. cit.*, pp. 284 y 285.

¹⁴⁰ *Ibidem*, pp. 285-287.

forma consistió en que la comunicación vía satélite dejaría de ser un área estratégica para convertirse en un área prioritaria.

El sector privado es el principal demandante de servicios de comunicación vía satélite y cuenta con los recursos necesarios para apoyar el desarrollo de su infraestructura... La rectoría del Estado no exige, necesariamente, la propiedad, operación y explotación de los satélites, sino un marco jurídico que regule el aprovechamiento de las posiciones orbitales y las frecuencias destinadas a la comunicación vía satélite...¹⁴¹

Cuando la Ley Federal de Telecomunicaciones (hoy abrogada) entró en vigor en 1995, permitió el ingreso del sector privado en la prestación de servicios satelitales tanto a través de satélites asignados a México como por medio de satélites extranjeros, con un límite de 49% a la inversión extranjera.¹⁴² El gobierno federal, a través del organismo descentralizado Telecomunicaciones de México (Telecomm, hoy Financiera del Bienestar), continuaba prestando los servicios fijos satelitales.¹⁴³

III. PRIVATIZACIÓN DE SATMEX (HOY EUTELSAT)

Con la finalidad de privatizar la sección satelital de Telecomm, en junio de 1997 se creó Satélites Mexicanos, S. A. de C. V. (Satmex)

¹⁴¹ Exposición de motivos a la iniciativa del Ejecutivo Federal del 18 de enero de 1995 para reformar el cuarto párrafo del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

¹⁴² Artículo 12 de la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995, hoy abrogada, y segundo transitorio fracción II y cuarto transitorio del Decreto por el que se expidió la Ley Federal de Telecomunicaciones publicado en el *DOF* del 7 de junio de 1995. Recuérdese que para efectos de inversión extranjera, el capital extranjero que se aporta bajo la figura de inversión neutra no cuenta contra el límite máximo de inversión extranjera. La inversión neutra se caracteriza porque sus votos corporativos son nulos o limitados, y cuenta con derechos económicos generalmente preferentes. Artículos 18 y 20 de la Ley de Inversión Extranjera.

¹⁴³ Artículo cuarto transitorio del Decreto por el que se expidió la Ley Federal de Telecomunicaciones, publicado en el *DOF* del 7 de junio de 1995.

como empresa de participación estatal a la que se le asignaron las concesiones de las tres POG que tenía México y la propiedad de los satélites Solidaridad I, Solidaridad II, y Morelos II.¹⁴⁴

Como parte del proceso de privatización, el 1 de agosto de 1997 se publicó el Reglamento de Comunicación vía Satélite (hoy sustituido). La privatización se realizó por medio de licitación pública en octubre de 1997.

Sólo participó un consorcio en la licitación, y fue al que se le adjudicó el 75% de las acciones de Satmex. El consorcio estuvo formado por Telefónica Autrey, S. A. de C. V./Loral Space & Communications, Ltd.¹⁴⁵

El gobierno federal, al privatizar Satmex, conservó el 25% de sus acciones. Pocos meses después, la Subsecretaría de Comunicaciones, entonces a cargo de Javier Lozano Alarcón, suscribió un convenio,¹⁴⁶ y, por el menoscabo que había sufrido el gobierno en su participación accionaria por endeudamientos irrazonables de Satmex contraídos con el beneplácito de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, recibió un “pagaré” por 125 millones de dólares.¹⁴⁷

Ese “menoscabo” carecía de garantías de pago, y el supuesto “pagaré” jamás cumplió con los requisitos de ley, por lo que ni siquiera era un título ejecutivo ni un pagaré.¹⁴⁸ Al vencimiento del

¹⁴⁴ Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Primer Informe Anual*, México, Comisión Federal de Telecomunicaciones, 1997.

¹⁴⁵ El monto de la oferta fue por 5,366'352,206.25 pesos. El gobierno federal conservó una reserva de capacidad satelital equivalente al 7% de la capacidad total. *Cfr.* Cofetel, *Informe de labores de septiembre de 1997 a mayo de 1999*, México.

¹⁴⁶ Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos *et al.*, *Convenio que celebran el Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos, Telefónica Autrey, S.A. de C.V., Ediciones Enigma, S.A. de C.V., Loral Space & Communications Ltd, Loral Satmex, Ltd, y Servicios Corporativos Satelitales, S.A. de C.V.*, de fecha 29 de diciembre de 1997.

¹⁴⁷ Servicios Corporativos Satelitales, S. A. de C. V., *Documento titulado “Pagaré” a favor del Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos*, 29 de diciembre de 1997.

¹⁴⁸ Si se hubiera comprado un pagaré de los que venden en cualquier papelería o tienda, habría tenido al menos los requisitos de ley para que pudiera haberse exigido como título ejecutivo. ¿Por qué el menoscabo que sufrió Méxi-

seudopagaré en 2004, el gobierno federal intentó hacerlo efectivo, pero el Juzgado Primero de Distrito en Materia Civil en el Distrito Federal resolvió que ese documento no era un “pagaré”, por no reunir los elementos esenciales que señala la Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito.

En 1999, por un aumento de capital de Satmex, la participación accionaria del gobierno federal se redujo a un 23.6%. Después del primer proceso de concurso mercantil en 2006, el gobierno federal aceptó una reducción de su tenencia accionaria al 4%, y preservó 20% de los derechos económicos.

En el segundo proceso de concurso mercantil conforme al capítulo 11 de la Ley de Bancarrota de Estados Unidos, Satmex llegó a un convenio de reestructura en mayo de 2011, mediante el cual el gobierno federal dejaba de ser accionista de Satmex y recibía 1.25 millones de dólares.¹⁴⁹ Satmex fue adquirida por el consorcio francés Eutelsat en enero de 2014.¹⁵⁰

IV. CASO SOLIDARIDAD II

Un tema que pone de relieve la falta de planeación oportuna del gobierno mexicano fue el caso del satélite Solidaridad II, que contaba con comunicaciones en las bandas C, Ku y L.

El Solidaridad II era propiedad de Satmex; sin embargo, las operaciones sobre la banda L destinadas a seguridad nacional

co con esta injustificada operación se documentó sin siquiera cumplir con los requisitos de ley para que fuera un pagaré?

¹⁴⁹ Con la reestructura de 2011 el nuevo inversionista mexicano fue Holdsat México SAPI, con el 51% del voto de Satmex y con 5.1% de derechos económicos, Investment Holdings, que agrupaba a diversos inversionistas con el 49% del voto y con 4.9% de derechos económicos, y finalmente, también Investment Holdings como tenedor de las acciones serie “N” de inversión neutra, con votos corporativos limitados, pero con un 90% de los derechos económicos.

¹⁵⁰ Juárez, Claudia, “Satmex en la órbita de Eutelsat”, *El Economista*, México, 2014, disponible en: <https://www.economista.com.mx/empresas/Satmex-en-la-orbita-de-Eutelsat-20140102-0028.html#>.

eran realizadas por el organismo Telecomm. Desde el lanzamiento de un satélite se conoce cuál es la vida útil estimada, y del Solidaridad II se estimaba que finalizaría en 2008.

El caso es que a partir de 2007 el gobierno mexicano comenzó a analizar con apremio lo que haría ante el inminente fin de la vida útil del único satélite que llevaba comunicaciones de seguridad nacional en la banda L. Es así como decidió ordenar a Satmex inclinar el Solidaridad II, con la finalidad de prolongarle la vida en la banda L, aun cuando se dejaran de utilizar las comunicaciones en las bandas C y Ku. Afortunadamente, el Solidaridad II pudo seguir prestando comunicaciones de seguridad nacional mientras se elaboraba el proyecto del Sistema Satelital Mexicano y se lanzaba su primer satélite al espacio en 2012.¹⁵¹

Cabe recordar que existía una dependencia total del gobierno mexicano a Satmex cuando se llevó a cabo la privatización y por muchos años más, toda vez que Satmex era el único prestador de servicios satelitales dentro de la República mexicana, y además el gobierno mexicano tenía participación accionaria en Satmex.

V. LICITACIONES SIGLO XXI

Las primeras licitaciones para otorgar concesiones que permitirían ocupar una POG asignadas por la UIT a México fueron en

¹⁵¹ Las bandas C y Ku son para servicios fijos, y la banda L para servicios móviles. “La Banda «L»” cuenta con características que la hacen muy valiosa para las condiciones geográficas y demográficas de nuestro país: i) alta movilidad y penetración, ii) opera adecuadamente aun en condiciones climáticas extremas (huracanes, lluvia, entre otras), iii) puede reutilizarse en aplicaciones terrestres (telefonía celular), iv) se pueden prestar servicios de voz y datos con terminales pequeñas, v) permite entablar comunicación, en algunos casos, sin que la antena tenga que apuntar al satélite (versatilidad de aplicaciones), vi) permite dar cobertura nacional, incluido el mar patrimonial y la zona económica exclusiva, y vii) México es el único país que ha reservado la Banda «L» para uso exclusivo del gobierno; otros países la han concesionado a particulares o simplemente no cuentan con satélites con Banda «L» y enfrentan problemas de coordinación”, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Libro Blanco: Sistema Satelital Mexicano MEXSAT*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2012, p. 13.

este siglo XXI. De las cinco licitaciones que se han realizado para un total de cuatro POG, únicamente en un caso se adjudicó la concesión, pues el resto de las licitaciones se declararon desiertas por ausencia de participantes.¹⁵²

La primera licitación fue relativa a la POG 77° Oeste, que se inició y suspendió en 2001. Los litigios en contra de la primera licitación en 2001 fueron la causa de la suspensión por tres años del proceso. Esta POG deriva del Plan Espacial del Apéndice 30 del RR-UIT.

Al reiniciarse la licitación en mayo de 2004 por parte del entonces regulador, la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel), existió escaso interés para participar. En esta licitación únicamente se inscribió un interesado, que después se desistió de participar, por lo que la licitación fue declarada desierta.¹⁵³

Posteriormente, en septiembre de 2004, la Cofetel realizó otra licitación, en la cual participó únicamente el consorcio conformado por SES Americom, Inc. y Satélites Globales, S. de R.L. de C.V., que posteriormente constituiría la empresa denominada Quetzsat, S. de R. L. de C. V. El consorcio ofreció pagar el precio mínimo de referencia de trece millones quinientos mil dólares establecido en las bases de licitación y, tras concluir las etapas de la licitación, fue declarado ganador.¹⁵⁴

El escaso interés en la licitación de la posición 77° Oeste en 2004 pudo haber sido que el tiempo para colocar un satélite

¹⁵² Las licitaciones fueron: 1) la iniciada en 2001, y continuada en 2004 para la 77° Oeste; 2) la iniciada en 2004 para la 77° Oeste, que sí fue adjudicada; 3) la de 2006 para la 109.2° Oeste; 4) la de 2007 para la 109.2° Oeste; y 5) la de 2014 para las posiciones 113° Oeste y 116.8° Oeste para las bandas C extendida y Ku extendida.

¹⁵³ Convocatoria y modificaciones a ésta publicadas en el *DOF* el 31 de julio de 2001, 17 de agosto de 2001, 31 de agosto de 2001 y 28 de mayo de 2004, así como el acta de fallo P/EXT/250804/23.

¹⁵⁴ Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Acta de Fallo de la Licitación para el otorgamiento de una concesión para ocupar la posición orbital geostacionaria 77° Oeste, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias, derechos de emisión y recepción de señales (Licitación no. 14, Segunda Convocatoria)*, Pleno en sesión extraordinaria del 24 de noviembre de 2004 mediante acuerdo P/EXT/241104/59.

en la POG era muy breve, dado que la licitación inició con la publicación de la segunda convocatoria en el *Diario Oficial de la Federación* el 9 de septiembre de 2004, y se requería tener un satélite en la 77° Oeste para el 10 de julio de 2005.¹⁵⁵ A eso puede también agregarse la existencia de la llamada “reserva de Estado”, que es una capacidad satelital que los operadores satelitales están obligados a dar gratuitamente al gobierno mexicano (véase cap. noveno, III).

En 2006, la Cofetel llevó a cabo la licitación para otorgar la concesión que diera el derecho de ocupar la POG 109.2° Oeste, pero fue declarada desierta por falta de participantes.¹⁵⁶ En 2007, la Cofetel nuevamente convocó a licitación para la misma posición en la 109.2° Oeste, y fue declarada nuevamente desierta.¹⁵⁷

En 2014, el nuevo regulador de las telecomunicaciones, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), llevó a cabo la licitación IFT-2 para otorgar concesiones para el derecho de ocupar las POGs 113° Oeste y 116.8° Oeste en las bandas C extendida y Ku extendida. Esta licitación fue también declarada desierta porque ninguna persona participó. Debe decirse que para que México no perdiera la prioridad en ocupar dichas posiciones tuvo que ocupar el satélite Bicentenario y lo desplazó primero a la posición de la 113° Oeste por noventa días y después a la 116.8° Oeste, para posteriormente solicitar suspensiones ante la

¹⁵⁵ Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Bases de licitación para el otorgamiento de una concesión para ocupar la posición orbital geostacionaria 77° Oeste, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias, derechos de emisión y recepción de señales (Licitación no. 14, Segunda Convocatoria)*, Pleno, Condición 9.5.

¹⁵⁶ Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Resolución mediante la cual el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones declara desierto el proceso de licitación para el otorgamiento de una concesión para ocupar la posición orbital geostacionaria 109.2° Oeste y explotar las bandas de frecuencias 19.7-20.2 GHz y 29.5-30.0 GHz asociadas y los derechos de emisión y recepción de señales para el servicio fijo por satélite y el servicio móvil por satélite (“Licitación No. 19, Segunda Convocatoria, de fecha 30 de mayo de 2006, Acuerdo P/300507/300, Antecedente V.*

¹⁵⁷ *Idem.*

UIT, con la finalidad de ampliar el plazo para colocar un satélite después de la licitación. Los plazos fueron concedidos para que en 2016 fueran las fechas límites de ocupar las POG mencionadas.¹⁵⁸ De cualquier manera, no fue posible que México ocupara esas POG ni que otorgara concesiones por falta de participantes en la licitación.

VI. SISTEMA SATELITAL MEXICANO

Durante el sexenio del presidente Felipe Calderón (2007-2012) se inició el proyecto para el Sistema Satelital Mexicano, con la finalidad de que la constelación de satélites conocidos como Mexsat proveyeran de servicios para seguridad nacional y para cobertura social.¹⁵⁹ El Sistema Satelital Mexicano inicialmente estaba formado por tres satélites, a saber: el Bicentenario, el Centenario y el Morelos 3.

- Bicentenario es un satélite para comunicaciones satelitales fijas que fue lanzado en el vehículo de lanzamiento Ariane 5 en diciembre de 2012 desde el centro de lanzamiento ubicado en Kourou, Guyana Francesa.¹⁶⁰
- Centenario, planeado para comunicaciones satelitales móviles, fue lanzado desde el cosmódromo de Baikonur,

¹⁵⁸ Para la posición en 113° Oeste la fecha límite era el 19 de agosto de 2016, y para la posición en 116.8° Oeste la fecha límite era el 11 de diciembre de 2016. Instituto Federal de Telecomunicaciones, *Resolución mediante la cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones declara desierto el procedimiento de licitación para otorgar concesiones para ocupar las posiciones orbitales geoestacionarias 113° Oeste y 116.8° Oeste y explotar las bandas de frecuencias asociadas C y Ku extendidas, así como los derechos de emisión y recepción de señales para la provisión de capacidad satelital para el servicio fijo por satélite (Licitación No. IFT-2)*, aprobada por el Pleno en su XVI sesión ordinaria de 5 de noviembre de 2014, considerando segundo.

¹⁵⁹ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Libro Blanco del...*, pp. 14 y 15.

¹⁶⁰ NASA, *Mexsat 3*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2012-075B> (última consulta: 12 de mayo de 2023).

Kazajistán,¹⁶¹ y explotó durante su lanzamiento el 16 de mayo de 2015.¹⁶²

- Morelos 3 es un satélite para comunicaciones satelitales móviles que fue lanzado con el vehículo de lanzamiento Atlas V en diciembre de 2012 desde el centro de lanzamiento de Cabo Cañaveral, Estados Unidos.¹⁶³

Existen dos centros de control, uno en la ciudad de México y otro en Hermosillo, Sonora.¹⁶⁴

El Sistema Satelital Mexicano pretende proveer servicios de comunicación vía satélite robustos que puedan prestar servicios tanto para la seguridad nacional como para la seguridad pública y la protección civil (por ejemplo, en casos de desastres naturales) y servicios de carácter social (por ejemplo, para escuelas, brigadas médicas), entre otros.¹⁶⁵

VII. NANOSATÉLITES

El primer nanosatélite mexicano en el espacio fue el AztechSat-I, que derivó de un proyecto coordinado por la Agencia Espacial

¹⁶¹ Duarte, Carlos, *Todo listo para el lanzamiento del satélite Centenario*, México, Agencia Espacial Mexicana: Hacia el Espacio, 2015, disponible en: <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=253>.

¹⁶² “Cohete que transportaba satélite Centenario se estrella en Siberia”, *Forbes*, México, 16 de mayo de 2015, disponible en: <https://www.forbes.com.mx/cohete-que-transportaba-satelite-centenario-se-estrella-en-siberia/>.

¹⁶³ NASA, *Morelos 3*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-056A> (última consulta: 12 de mayo de 2023).

¹⁶⁴ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Acuerdo que establece la política en materia satelital del Gobierno Federal*, publicado en el *DOF* del 15 de mayo de 2018.

¹⁶⁵ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Libro Blanco del Sistema Satelital Mexicano para Seguridad Nacional y Cobertura Social*, del 2007 al 15 de octubre de 2012.

Mexicana (AEM) y académicos y estudiantes de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).¹⁶⁶

La misión de AztechSat-1 fue

...establecer intercomunicación con la constelación de satélites “GlobalStar”, lo cual podría significar dejar de usar estaciones terrenas para el control y operación de los nanosatélites, aumentando el intercambio de datos para aplicaciones satelitales a nivel mundial, así como una reducción en costos.¹⁶⁷

AztechSat-I fue lanzado en “la 19^o misión comercial de servicios de reabastecimiento de Space X para la NASA y fue entregado a la Estación Espacial Internacional, desde donde fue desplegado el 19 de febrero de 2020 para comenzar las operaciones de su misión”.¹⁶⁸

La Agencia Espacial Mexicana (AEM) está impulsando activamente la creación y desarrollo de diversos nanosatélites con instituciones de educación superior. Dentro de estos proyectos están el de AztechSat-II, que es un proyecto con la NASA, la Universidad Panamericana, a través de su Laboratorio Espacial Colibrí,¹⁶⁹ la UNAM, la UPAEP, la Universidad Nacional Aero-náutica de Querétaro y la Universidad Politécnica de Querétaro. La misión del AztechSat-II es establecer una constelación satelital para geolocalizar fauna marina en los litorales de México-Estado Unidos.¹⁷⁰

¹⁶⁶ NASA, “¿Qué es el AztechSat-1?”, NASA disponible en: <https://ciencia.nasa.gov/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-aztechsat-1> (última consulta: 12 de mayo de 2023).

¹⁶⁷ Secretaría de Comunicaciones y Transportes, *Cuando el futuro nos alcanza. Sistema Satelital Mexicano*, SCT, México, disponible en: <https://elmirador.sct.gob.mx/cuando-el-futuro-nos-alcanza/sistema-satelital-mexicano> (última consulta: 12 de mayo de 2023).

¹⁶⁸ *Idem*.

¹⁶⁹ En el Laboratorio Espacial Colibrí de la UP también está el programa Pakal con la primera misión satelital.

¹⁷⁰ Entrevista con Ángel García Hernández, director del Laboratorio Espacial Colibrí de la Universidad Panamericana (México) el 19 de mayo de 2023.

VIII. SATÉLITES LANZADOS BAJO LA BANDERA MEXICANA

Los satélites lanzados al espacio bajo la bandera mexicana han sido los siguientes:

<i>Satélite</i> ¹⁷¹	<i>Fecha de lanzamiento</i>
Morelos 1	17 de junio de 1985
Morelos 2	27 de noviembre de 1985
Solidaridad 1	20 de noviembre de 1993
Solidaridad 2	8 de octubre de 1994
UNAMSAT-B	5 de septiembre de 1996
Satmex 5	6 de diciembre de 1998
Satmex 6	27 de mayo de 2006
QuetzSat 1	29 de septiembre de 2011
Satmex 8	26 de marzo de 2013
Centenario	16 de mayo de 2015 (explotó durante el lanzamiento)

¹⁷¹ NASA, NASA Space Science Data Coordinated Archive: *Morelos 3* - disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-056A>; *Morelos 2*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-109B>; *Solidaridad 1*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1993-073A>; *Solidaridad 2*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1994-065A>; *UNAMSAT-B*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1996-052B>; *Satmex 5*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1998-070A>; *Satmex 6*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2006-020A>; *QuetzSat 1*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2011-054A>; *Satmex 8*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2013-012A>; *Morelos 3*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-056A>; *Mexsat 3*, <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2012-075B>; Duarte, Carlos, *Todo listo para el...*, cit.; *Forbes*, op. cit.

<i>Satélite</i>	<i>Fecha de lanzamiento</i>
Morelos 3 (o Mexsat 2)	2 de octubre de 2015
AztechSat-1	5 de diciembre de 2019
Mexsat 3 (Bicentenario)	19 de diciembre de 2012

IX. PERSONAS ASTRONAUTAS MEXICANAS

El primer astronauta mexicano fue el doctor Rodolfo Neri Vela, que viajó en el transbordador Atlantis y realizó experimentos científicos durante su misión en 1985.

La primera astronauta mexicana fue la maestra Katya Echarreta, en 2022, quien además es la persona más joven en ir al espacio. Ella fue patrocinada por Space for Humanity para formar parte de la misión NS-21 del vuelo espacial de la empresa Blue Origin.

CAPÍTULO CUARTO

ÓRBITAS SATELITALES, ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y SATÉLITES

Los recursos orbitales y de espectro que constituyen los fundamentos de todas las comunicaciones espaciales están [siendo] cada vez más solicitados por nuevos servicios y sistemas. Es necesaria una comprensión detallada de los sistemas espaciales y de sus requisitos radioeléctricos, para lograr la compartición de estos recursos limitados y satisfacer al mismo tiempo las necesidades de hoy y de los próximos años.¹⁷²

Las redes y los sistemas satelitales se forman por 1) órbitas satelitales, 2) frecuencias del espectro radioeléctrico, 3) componentes en el espacio (satélites), y 4) componentes terrestres.

Los sistemas satelitales pueden prestar servicios en determinada cobertura geográfica conocida como *huella*; sin embargo, la cobertura de servicios está relacionada también con el tipo de antenas y los haces que éstas envíen.

Los elementos que forman los sistemas satelitales están interrelacionados. Para efectos didácticos se explican por separado esos elementos, advirtiendo que se busca dar información general y no técnica especializada, para la comprensión de los aspectos jurídicos y de política pública que se abordan en los próximos capítulos.

Primeramente, se presentan las características de las órbitas, las perturbaciones que pueden tener los satélites que se colocan en ellas, los tipos de órbitas GEO, GSO, LEO, MEO y HEO.

¹⁷² Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Manual de Comunicaciones para la Investigación Espacial*, Ginebra, UIT, 2014, p. iv.

En seguida, se expone lo relativo al espectro radioeléctrico, sus características y la dimensión internacional; posteriormente, se hace referencia a los satélites, sus componentes del espacio y los vehículos de lanzamiento. Para concluir este capítulo, se mencionan los componentes en Tierra, como el centro de control y operación y las estaciones terrenas.

I. ÓRBITAS SATELITALES

Órbita es la “trayectoria que recorre una estación espacial alrededor de la Tierra”,¹⁷³ es decir, el curso que sigue un satélite u otro objeto con una estación espacial (por ejemplo, la Estación Espacial Internacional) alrededor de la Tierra. La órbita está determinada por la altitud, la inclinación y la excentricidad.

- *Altitud.* La altitud se refiere a la altura sobre el nivel del mar en la que se coloca un satélite. Con base en la altitud se identifican la órbita geoestacionaria (GEO, por sus siglas en inglés *Geosynchronous Equatorial Orbit* a 35,786 km), las órbitas medias (MEO, por sus siglas en inglés *Medium Earth Orbit*, entre los 10,000 y los 20,000 km), y las órbitas bajas (LEO, por sus siglas en inglés de *Low Earth Orbit* entre los 160 y los 2,000 km).

Asimismo, la altitud en la cual se coloca un satélite repercute en la latencia de las comunicaciones y en la atenuación de señales.¹⁷⁴

¹⁷³ Artículo 3, fracción XXXIX, de la LFTR. El RR-UIT en su artículo 1, numeral 1.184, define órbita como la “Trayectoria que describe, con relación a un sistema de referencia especificado, el centro de gravedad de un *satélite* o de otro objeto espacial, por la acción principal de fuerzas naturales, fundamentalmente las de gravitación”, artículo 1, sección IV, apartado 1.184, del RR-UIT.

¹⁷⁴ Kodheli, Oltjon *et al.*, “Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Nueva York, núm. 1, vol. 23, 2021, disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9210567>, pp. 70-109, p. 80.

El periodo (tiempo de dar una vuelta) de la órbita está relacionado con la altitud, de tal suerte que a menor altitud, menor será el periodo de la órbita.¹⁷⁵ A menor distancia de la Tierra, mayor velocidad tendrá el satélite, y menor será el periodo de traslación.¹⁷⁶ La altitud de una órbita también incide en el área de cobertura (por ejemplo, a mayor altitud, mayor cobertura potencial).

- *Inclinación.* La inclinación está relacionada con la mayor o menor latitud a la que está la órbita. La línea ecuatorial está a 0° de latitud, dando lugar a la órbita ecuatorial, mientras que una órbita polar está a 90°; entre dichas latitudes, a las órbitas se les refiere como órbitas inclinadas.¹⁷⁷
- *Excentricidad.* La excentricidad es la que establecerá la forma de la órbita (por ejemplo, circular, elíptica). Si la excentricidad es 0, entonces será una órbita circular. Si la excentricidad es mayor a 0, será elíptica.

Un satélite en el apogeo (parte de la órbita más alejada de la Tierra) de la órbita cubrirá durante un mayor tiempo una región específica, mientras que en el perigeo (parte de la órbita más cercana a la Tierra) será menor el tiempo en que el satélite pase por la zona respectiva.

Así, los satélites colocados en una órbita altamente excentrica como los que están en una HEO (*Highly Elliptical Orbit* u órbita altamente elíptica) proveen largo tiempo de señales y comunicaciones cuando están en su apogeo, por lo cual son órbitas que se ocupan para colocar satélites que presten servicios en altas latitudes (por ejemplo, Rusia, Canadá).¹⁷⁸

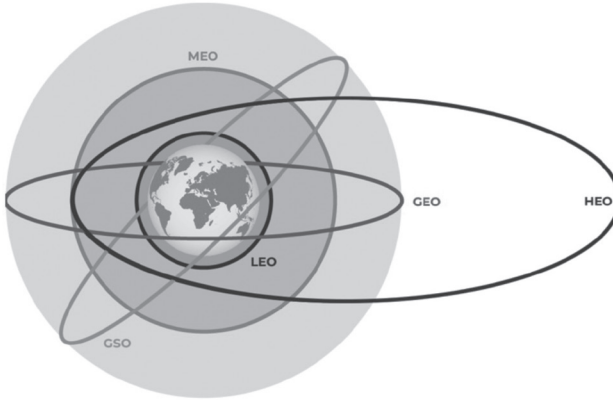
¹⁷⁵ Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, pp. 19, 40-45 y 69.

¹⁷⁶ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 11. Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Regulación satelital...*, *cit.*, p. 18.

¹⁷⁷ Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, pp. 19, 40-45 y 69.

¹⁷⁸ Kodeli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 80.

DIAGRAMA DE ÓRBITAS



FUENTE: Chowdah, “Understanding GNSS Orbits”, Sparkfun, 2022.

Perturbaciones

Existen perturbaciones que afectan la posición de un satélite, y dicha afectación es diferente según el tipo de órbita de que se trate. Las perturbaciones pueden ser por:¹⁷⁹

- *Gravedad no uniforme*. La Tierra no es redonda, por lo que la gravedad tampoco es uniforme.¹⁸⁰ Mejía menciona que la Tierra está achatada en el Polo Norte y en el Polo Sur, además de que la gravedad puede ser diferente

¹⁷⁹ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 27 y 28; y Richharia, M y Richharia D., *op. cit.*, p. 27 y 28.

¹⁸⁰ Las leyes de Kepler en cuanto al movimiento planetario definen la forma de una órbita de un planeta y su periodo, mientras que las leyes de Newton explican su razón con base en la gravedad. Por lo que dichas leyes se ocupan también para los satélites, al referir que un satélite tendrá una trayectoria precisa (ley de Kepler). Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, p. 38.

según la densidad de la masa (por ejemplo, se ha descubierto mayor gravedad sobre la cordillera de los Andes; en un área del océano Atlántico entre Groenlandia y Europa).¹⁸¹

Con relación a la órbita GEO, Mejía refiere a los pozos de gravedad que existen en ciertas posiciones de esa órbita, lo que hace que atraigan los objetos (satélites en funcionamiento y basura espacial) hacia esos pozos de gravedad.¹⁸²

- *Gravedad del Sol y la Luna.* El Sol y la Luna también tienen efectos gravitacionales que principalmente afectan a los satélites en la órbita GEO, mientras que para aquellos en las órbitas LEO y MEO son insignificantes las repercusiones de la gravedad del Sol y de la Luna. Para corregir desviaciones de los satélites en la órbita GEO, se deben realizar ajustes con maniobras de norte-sur para mantener al satélite o estación espacial en su lugar.¹⁸³
- *Arrastre atmosférico.* El arrastre atmosférico hace que los satélites sean jalados hacia adentro de la atmósfera.¹⁸⁴ Los satélites LEO son los más afectados por el arrastre atmosférico.¹⁸⁵
- *Cinturones de radiación.* Los cinturones de Van Allen¹⁸⁶ son regiones donde quedan atrapadas partículas como con-

¹⁸¹ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 28 y 29.

¹⁸² Las posiciones son la 75.1°. Esta conocida también como L1, y la 105.3° Oeste, conocida como L2. Para más información sobre la libración y los puntos de libración, consultar Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 149 y 150.

¹⁸³ Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, p. 55.

¹⁸⁴ European Space Agency, *Gravity satellite to benefit future missions*, ESA, 2012, https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/GOCE/Gravity_satellite_to_benefit_future_missions.

¹⁸⁵ Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, p. 56.

¹⁸⁶ Estos cinturones fueron descubiertos cuando se lanzó al espacio el satélite Explorer-1 en 1958, y llevan el nombre del profesor investigador de la Universidad de Iowa, doctor James van Allen, quien realizaba la investigación espacial de rayos cósmicos desde dicho satélite. Loff, Sarah, *op. cit.*

secuencia del campo magnético de la Tierra;¹⁸⁷ estas partículas pueden generar perturbaciones sobre los satélites y estaciones espaciales.

- *Otras causas de perturbaciones.* Dentro de éstas se cuentan la presión de la radiación solar, el campo magnético de la Tierra, los meteoritos, las tormentas solares, etcétera.¹⁸⁸

Cada órbita tiene ventajas y desventajas, por lo que dependiendo de los servicios que prestará el satélite, se puede decidir qué tipo de órbita y qué tipo de satélite se usará.¹⁸⁹ Sin embargo, al analizar los factores que deben considerarse (por ejemplo, número de satélites, atenuación, estaciones terrenas), Pelton concluye que es posible que la órbita satelital ideal no esté disponible debido a la saturación orbital.¹⁹⁰

Enseguida se presentarán las órbitas relevantes para satélites: GEO y GSO, LEO, MEO y HEO. En el caso de las GEO, usted notará que se le dedica más espacio y tópicos, lo cual no debe sorprender, considerando que el enfoque principal para muchos países en cuanto a satélites de comunicaciones ha sido la órbita GEO. No obstante ello, debe señalarse que al momento de escribir esta obra las constelaciones espaciales LEO han cobrado auge, por lo que en un futuro cercano la literatura abordará con mayor profundidad todo lo relativo a sistemas satelitales colocados en la órbita LEO.

1. *Órbita geostacionaria (GEO) y geosincrónica (GSO)*

La órbita GEO (especie) es una órbita geosincrónica (género); esta última se explicará posteriormente. La órbita geostacionaria

¹⁸⁷ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 58.

¹⁸⁸ *Ibidem*, p. 56.

¹⁸⁹ Pelton, Joseph, *Satellite Communications*, Nueva York, International Space University y Springer, 2012, p. 10.

¹⁹⁰ *Ibidem*, p. 11.

(GEO)¹⁹¹ es la órbita circular que está situada directamente sobre el plano ecuatorial de la Tierra, por lo que al colocar un satélite a 35,786 kilómetros sobre el plano ecuatorial viajará a la misma velocidad que la Tierra¹⁹² y parecerá que el satélite está fijo respecto a la Tierra en la posición que fue colocado.¹⁹³ Un satélite en la órbita GEO se mueve alrededor de la Tierra una vez cada 23 horas y 56 minutos, aproximadamente.¹⁹⁴

Los satélites en la órbita GEO se colocan en latitud de 0° (plano ecuatorial), y la longitud será la que determine la posición del satélite geostacionario (por ejemplo, 116.0° Oeste), manteniéndose tanto en la latitud como en su longitud constantes.¹⁹⁵

Aun cuando se dice que los satélites en la órbita GEO están “fijos” respecto a la Tierra, sufren perturbaciones que afectan su ubicación, por lo que pueden moverse en dirección este-oeste en la longitud (meridianos) y norte-sur en la latitud (paralelos).¹⁹⁶ Así, los satélites en posiciones en la órbita GEO están en constante movimiento y pueden tener desplazamientos, por lo cual se establece una caja imaginaria para evitar colisiones entre los satélites.¹⁹⁷

¹⁹¹ La LFTR define como posiciones en la órbita geostacionaria a las “Ubicaciones en una órbita circular que se encuentran en el plano ecuatorial, que permiten que un satélite mantenga un periodo de traslación igual al periodo de rotación de la Tierra”. Artículo 3, fracción XLV, de la LFTR.

¹⁹² Doyle se manifiesta en contra de considerar la órbita GEO como un recurso natural, pues argumenta que sin el combustible y el sistema de control un satélite quedaría a la deriva. Por lo cual asevera que la órbita GEO es un constructo humano y de la máquina. Doyle, Stephen, *op. cit.*, p. 639.

¹⁹³ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 15-17.

¹⁹⁴ Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 9.

¹⁹⁵ *Ibidem*, p. 9. Doyle dice que a nivel convencional se nombró satélite geostacionario como una ficción útil, a pesar de que los satélites GEO no están estáticos. Doyle, Stephen, *op. cit.*, p. 639.

¹⁹⁶ Pelton menciona que las perturbaciones (por ejemplo, efectos gravedad del Sol y la Luna) afectan diez veces más el movimiento norte-sur (latitud) que el este-oeste (longitud). Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 9

¹⁹⁷ La caja imaginaria es de 75km x 75 km x 85km. Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 20 y 153.

Cada satélite dentro de su caja imaginaria tiene movimientos por las perturbaciones, por lo cual de vez en cuando se tienen que realizar maniobras para mantenerlo en su posición nominal. A estas maniobras se les conoce como *station keeping manoeuvres*. En éstas se encienden los motores de propulsión para lograr colocar al satélite nuevamente en su posición en la órbita GEO,¹⁹⁸ y los comandos se envían a través de su centro de telemetría, rastreo y control (TT&C por las siglas en inglés de *Telemetry, Tracking and Control*).¹⁹⁹

Se estima que un satélite geoestacionario con su *huella* cubre un tercio de la superficie de la Tierra,²⁰⁰ por lo que tres satélites colocados en la órbita GEO en diferentes posiciones (POG por posiciones en la órbita geoestacionaria) podrían prestar servicios en toda la Tierra (salvo los extremos de los polos norte y sur por la inclinación de la Tierra).²⁰¹ Adicionalmente, al estar “fijo” el satélite GEO respecto a la Tierra, es más fácil el rastreo por parte del TT&C, y las estaciones terrestres se colocan viendo al satélite sin necesidad de hacer ajustes para mantenerse conectadas.²⁰²

De las POG, hay unas más codiciadas porque están sobre áreas densamente pobladas,²⁰³ de ahí que exista congestión en segmentos sobre Europa y América, mientras que en otras regiones haya menos satélites operando.²⁰⁴

La dimensión espacial de la órbita GEO es de cerca 270,000 km de largo.²⁰⁵ Las limitaciones de la órbita GEO más que por su dimensión espacial son por un asunto del espectro radioeléctrico y de las interferencias que pueden suscitarse entre sistemas sateli-

¹⁹⁸ *Idem.*

¹⁹⁹ *Ibidem*, pp. 9 y 10.

²⁰⁰ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op.cit.*, p. 80.

²⁰¹ European Space Agency, *Types of orbits*, ESA, 2020, disponible en: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits.

²⁰² Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 9 y 10.

²⁰³ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 84.

²⁰⁴ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 148.

²⁰⁵ *Ibidem*, pp. 141.

tales y terrestres. Con las nuevas tecnologías se pueden reutilizar frecuencias, aprovechar nuevas bandas de frecuencia y colocar satélites con menor espaciamiento entre sí.²⁰⁶

Finalmente, debo comentar que como los satélites en la órbita GEO están a una altitud muy elevada (35,786 km), la potencia radiada (*flux density*) de los haces es menor que los satélites colocados en órbitas LEO y MEO, creándose una atenuación más grande.²⁰⁷

Geosincrónica (GSO): este tipo de órbitas siguen a la Tierra en su movimiento de rotación. Las órbitas geosincrónicas mantienen su posición en la longitud (meridiano), pero cambian en la latitud (paralelo) viajando de norte a sur, por lo que la estación espacial regresará al mismo punto a la misma hora cada día.²⁰⁸

En el caso de la órbita GEO, que es un tipo de órbita geosincrónica (GSO), ésta mantiene su posición tanto en la longitud como en la latitud, lo que hace que parezca “fija” respecto a la Tierra.

La fluctuación de la latitud implica que los satélites en la órbita geosincrónica no GEO requieran más control, monitoreo y correcciones de su ubicación a que si estuvieran en la órbita GEO. No obstante ello, la colocación de satélites en este tipo de órbitas GSO “son alternativas económicas y prácticas, y mejoran el uso eficiente y racional de esta área del espacio exterior”.²⁰⁹

2. Órbita baja (LEO, Low Earth Orbit)

Las órbitas bajas o LEO (*Low Earth Orbit*) están siendo cada vez más utilizadas para diversos fines, dentro de los que desta-

²⁰⁶ *Ibidem*, pp. 141-144.

²⁰⁷ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 7-9.

²⁰⁸ Doody, David, *Basics of Space*, NASA, disponible en: <https://solarsystem.nasa.gov/basics/chapter5-1/#:~:text=Types%20of%20Orbits-,Geosynchronous%20Orbits,to%20wander%20north%20and%20south>, capítulo *Planetary Orbits*; Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 17.

²⁰⁹ “[Positions of geosynchronous satellites] are economical and practical alternatives, and improve the efficient and rational use of this area of outer space”, Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 19 [traducción de Clara-Luz Alvarez].

can las comunicaciones satelitales y la investigación espacial.²¹⁰ Múltiples son las razones para que ahora las órbitas LEO sean el objeto de las conversaciones y debates a nivel internacional y nacional, así como que se estén llevando a cabo proyectos de constelaciones de miles de satélites para funcionar en las órbitas LEO (por ejemplo, Starlink de SpaceX, Kuiper de Amazon, GuoWang/StarNet).

De entre las razones para esos avances se encuentran la maduración de procesos de producción y lanzamiento, la reducción de costos de lanzamiento, la necesidad de constelaciones que provean banda ancha con baja latencia, y la incursión de emprendedores y multimillonarios al sector satelital.²¹¹

Las fuentes de información difieren en el parámetro exacto dentro del cual se puede hablar de órbita LEO. Esto no debe sorprender si se toma en consideración la rápida evolución que están teniendo los sistemas y servicios satelitales.

El límite inferior de la órbita LEO oscila de entre los 160 km a los 750 km, mientras que el superior va de los 1,000 km a 2,000 km.²¹²

²¹⁰ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 78. Rome refiere que al 1 de septiembre de 2021 de los 4,550 satélites en órbita, 3,790 eran LEO, 565 eran GEO, 129 MEO y 56 HEO. Rome, Primoz, “Every Satellite Orbiting Earth and Who Owns Them”, Dewesoft, 2022, disponible en: <https://dewesoft.com/daq/every-satellite-orbiting-earth-and-who-owns-them>.

²¹¹ *Ibidem*, pp. 70-109.

²¹² Las distancias de la Tierra del rango en las que están las órbitas LEO y MEO difiere según la fuente consultada. Para ESA, las LEO serían las que están entre los 160 y 1000 km, en tanto que las MEO serían las que están entre las LEO y la GEO. La UIT refiere las LEO en altitudes de entre 400 y 2,000 km y en MEO de entre 8,000 a 20,000 km por encima de la Tierra. Para Richharia y Richharia, las LEO están entre los 750-1500 km, tomando en consideración el arrastre atmosférico y el primer cinturón de Van Allen. Pelton sitúa a las LEO en el rango de 500-1,200 km, debajo de los cinturones de Van Allen. Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 6; Richharia, M. y Richharia, *op. cit.*, p. 58; y Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Nuevos hitos para el despliegue de satélites no geoestacionarios”, *ITU News Magazine*, Ginebra, no. 6, 2019, pp. 26-27, disponible en: https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2019/2019-06/2019_ITUNews06-es.pdf.

Se hace referencia a la VLEO (*Very Low Earth Orbit*) cuando los satélites están entre 100 y 450 km de distancia de la superficie de la Tierra, por lo que al estar más cercanos a la Tierra, los satélites pueden ser “más simples, más pequeños y, por tanto, más baratos”.²¹³

Los satélites en la órbita LEO pueden dar la vuelta a la Tierra en noventa minutos.²¹⁴ Dado que los satélites colocados en la órbita LEO se mueven a alta velocidad y no están cubriendo la misma área geográfica todo el tiempo como los satélites en la órbita GEO. Para dar servicio en una misma área de manera constante se requieren múltiples satélites LEO.²¹⁵

La cercanía con la Tierra hace que las imágenes obtenidas desde los satélites en LEO mejoren, y la latencia (retardo en la comunicación) sea menor que cuando la comunicación es a través de un satélite en la órbita GEO.

Dentro de las órbitas LEO encontramos a la órbita polar (entre 200 y 1,000 km), cuya trayectoria va de Norte a Sur, pudiendo tener una desviación de hasta 30° del Polo Norte y del Polo Sur.²¹⁶

También está la órbita heliosíncrona (*Sun-synchronous orbit*, SSO), que es un tipo de órbita polar (altitud de entre 600-800 km), que tiene una posición “fija” respecto al Sol, lo que permite que todos los días pase a la misma hora por la misma área geográfica.²¹⁷

Finalmente, tanto la Estación Espacial Internacional como la estación espacial china Tiangong (“palacio celestial” en chino) están ubicadas en órbitas LEO. La Estación Espacial Internacional está a 400 km de altura, y viaja a 28,800 km por hora, dando la vuelta a la Tierra en 92 minutos, por lo que en

²¹³ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, pp. 70-109, pp. 74 y 75.

²¹⁴ NASA, “*What is an Orbit?*”, NASA, 2010, disponible en: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-orbit-58.html>

²¹⁵ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 7.

²¹⁶ European Space Agency, “Types of orbits...”, *cit.*

²¹⁷ Este tipo de órbita sirve para la investigación científica a través de imágenes desde satélites para identificar cambios a lo largo del tiempo (por ejemplo, identificar patrones climáticos, monitorear incendios forestales). *Cfr. idem.*

un día gira dieciséis veces alrededor de nuestro planeta.²¹⁸ Por su parte, la estación espacial Tiangong²¹⁹ está en los 340 y 450 km de altura, y está siendo construida en el espacio a partir de módulos.²²⁰

3. *Órbita media* (Medium Earth Orbit, *MEO*)

Las MEO son órbitas que se ubican por encima de las LEO y por debajo de las GEO. La altura de las órbitas MEO es de entre 10,000 y 20,000 km, dan varias vueltas al día, se requieren más satélites para cobertura mundial y su latencia es menor que las órbitas GEO.²²¹

Las órbitas MEO se utilizan para la navegación, por lo cual en ellas están el Global Positioning System (GPS), el sistema Galileo de Europa²²² y el sistema ruso GLONASS.²²³

La órbita circular ecuatorial (Equatorial Circular Orbit o ECO) estaría sobre el Ecuador, pero en MEO con la capacidad de proveer servicios a los países que están en la línea ecuatorial con entre seis y ocho satélites.²²⁴

²¹⁸ Para ver dónde se encuentra la Estación Espacial Internacional, acceda a European Space Agency, *Where's the International Space Station*, European Space Agency, disponible en: https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/International_Space_Station/Where_is_the_International_Space_Station.

²¹⁹ Para ver dónde se encuentra la Estación Espacial Tiangong, acceda a Astro Viewer, Current position of Tiangong, 2023, disponible en: <https://www.astroviewer.net/iss/en/position-css.php>.

²²⁰ Papadopoulos, Loukia, “Here’s How the Chinese Tiangong Space Station Compares to the ISS”, última actualización: 21 de septiembre de 2021, última consulta: 5 de junio de 2023, disponible en: <https://interestingengineering.com/science/heres-how-the-chinese-tiangong-space-station-compares-to-the-iss>.

²²¹ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 8

²²² European Space Agency, *What is Galileo?*, European Space Agency, disponible en: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo.

²²³ Glonass, *About GLONASS*, disponible en: https://glonass-iac.ru/spa/about_glonass/.

²²⁴ Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 12.

4. *Órbita altamente elíptica* (Highly Elliptical Orbit, *HEO*)

Las HEO son órbitas elípticas que en un punto de su trayectoria están más cercanas a la Tierra (perigeo), y del otro extremo de su trayectoria están más lejos de la Tierra (apogeo). Los satélites en las órbitas HEO, cuando están en el apogeo pueden parecer en la misma ubicación por muchas horas (entre ocho y doce horas), y, por tanto prestar servicios a una misma zona geográfica, por lo cual las órbitas HEO sirven particularmente para países que están en latitudes altas (por ejemplo, Rusia, Canadá).²²⁵ Recuérdense los satélites Molniya de la Unión Soviética que se utilizaban en las órbitas HEO.²²⁶

II. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Las frecuencias del espectro radioeléctrico son un recurso de la naturaleza que se utiliza como medio de transmisión.²²⁷ Las frecuencias hacen posible la transmisión y recepción de señales 1) entre los satélites y las estaciones terrenas, 2) entre los propios satélites, 3) para la comunicación con la Estación Espacial Internacional, y 4) con los vehículos de lanzamiento.

Sin las frecuencias del espectro radioeléctrico, un satélite en órbita de nada serviría; tampoco habría comunicación con la Estación Espacial Internacional ni se podría dar seguimiento a los vehículos de lanzamiento después de salir del lugar de lanzamiento.

²²⁵ *Ibidem*, p. 12.

²²⁶ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 14 y 15.

²²⁷ Para más información sobre espectro radioeléctrico y frecuencias como medio de transmisión, así como su vínculo con los derechos humanos y con un mercado en competencia, véase Álvarez, Clara Luz, *Telecomunicaciones y radiodifusión en México*, México, Posgrado de Derecho de la UNAM, 2018, http://derecho.posgrado.unam.mx/site_cpd/public/publis_cpd/telecomyradiodifemMX.pdf, pp. 89-116.

- Enlace ascendente es el que ocupa frecuencias para transmitir de la estación en la Tierra tanto hacia el satélite como hacia la estación espacial o el vehículo espacial.
- Enlace descendente es el que ocupa frecuencias para transmitir señales tanto del satélite como de la estación espacial o el vehículo espacial hacia una o varias estaciones en Tierra (por ejemplo, estación terrestre, a bordo de una aeronave o una embarcación).
- Enlace de conexión es aquel entre satélites. Los enlaces intersatélites a través del servicio entre satélites pueden emplearse para mejorar el desempeño; además, se pueden establecer entre satélites de la misma órbita o de diferentes órbitas.²²⁸

Debe destacarse que las frecuencias para los enlaces ascendentes y descendentes que ocupa un sistema satelital deben ser frecuencias diferentes aunque estén en la misma banda de frecuencias.²²⁹ Por analogía, es como si la banda de frecuencia fuera una carretera de dos carriles, ocupando un carril en un sentido y el otro carril en el sentido opuesto, para evitar accidentes. En el caso de las comunicaciones por satélite, sería para evitar interferencias.

El uso del espectro radioeléctrico por diferentes sistemas satelitales y/o sistemas terrestres puede generar interferencia perjudicial y trascender las fronteras entre países.²³⁰ La interferencia perjudicial ocasiona que se degrade la calidad, se falsee o se pierda información en un sistema de radiocomunicaciones,²³¹ de tal manera que se comprometa, se interrumpa repetidamente o

²²⁸ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 78.

²²⁹ Para ilustrar con un ejemplo, es como si existiera una carretera que va de Este a Oeste con dos carriles, el carril A y el carril B. Los vehículos que fueran de Este a Oeste ocuparían el carril A, y los que fueran en sentido inverso ocuparían el carril B.

²³⁰ Cochetti, Roger, *op. cit.*, pp. 79 y 80.

²³¹ Artículo 1, sección VII, apartado 1.166 del RR-UIT.

se impida el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación²³² como lo son los servicios satelitales.²³³

Para evitar la interferencia perjudicial a nivel internacional, en el seno de la UIT se realizan procedimientos de coordinación, planificación y notificación de sistemas satelitales, según se explica en el cap. sexto de esta obra.

1. *Características*

Las frecuencias del espectro radioeléctrico se miden en Hertz (kHz = kilo Hertz, MHz = Mega Hertz, GHz = Giga Hertz), y se agrupan en bandas de frecuencias a las cuales se les atribuyen servicios. Esta atribución se realiza en el Cuadro Internacional de Frecuencias contenido en el RR-UIT a través de las decisiones que se adoptan en las conferencias mundiales de radiocomunicaciones (CMR) de la UIT.

Sin embargo, debe destacarse que antes de lograrse esa atribución existe un largo proceso de investigación y desarrollo tecnológico por parte de empresas privadas y de países. Para ello, se deben identificar las características de las bandas de frecuencias para poder desarrollar tecnología que las aproveche.²³⁴ En el caso del sector satelital, si se considera un sistema satelital en la órbita GEO, entonces se requieren equipos transmisores que envíen señales por medio de una frecuencia que logren viajar miles de kilómetros y atravesar varias capas de la atmósfera de la Tierra.²³⁵

²³² Artículo 1, sección VII, apartado 1.169 del RR-UIT y artículo 3, fracción XXXI, de la LFTR.

²³³ Con el incremento de satélites en el espacio existe más potencial de interferencias perjudiciales.

²³⁴ Las señales a través de ciertas frecuencias pueden atravesar paredes, mientras que otras no. Algunas pueden viajar largas distancias, otras no. Otras más necesitan tener línea de vista (por ejemplo, que la antena “vea” al satélite).

²³⁵ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 93-101. Para más información sobre la dimensión internacional del espectro radioeléctrico y características como la escasez, véase Álvarez, Clara Luz, *op. cit.*, pp. 93-101.

Para el caso de los sistemas satelitales, es relevante que las señales pueden afectarse por reflejo (*reflection*), refracción, difracción, absorción, polarización y dispersión (*scattering*), atenuación por oxígeno y vapor de agua, absorción por gases, atenuación por hidrómetros (por ejemplo, niebla, nubes, lluvia, hielo), afectaciones por la ionósfera, que ocasionan retardos en propagación, centelleo de luz (*scintillation* o brillo-destello).²³⁶ Algunas frecuencias son más útiles para lo satelital que otras, porque pueden tener distintas características, siendo algunas más económicas y fáciles de operar que otras.²³⁷

2. *Dimensión internacional*

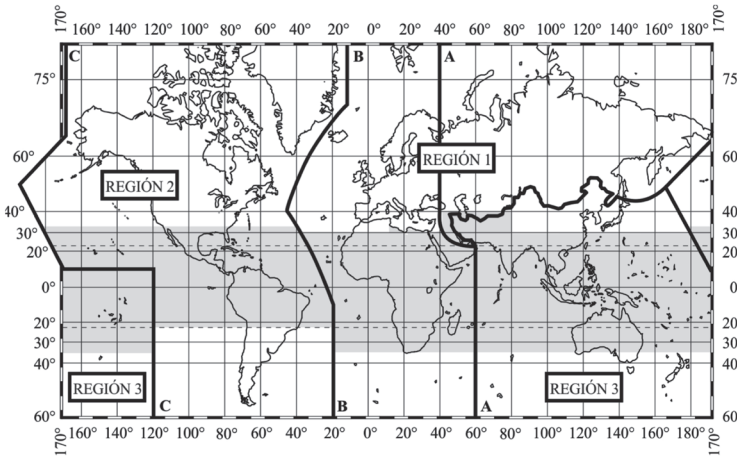
Las atribuciones de ciertas bandas de frecuencias a servicios puede ser a título primario o a título secundario. A título primario implica que tienen derecho a operar sin interferencia de otros servicios, mientras que a título secundario será para aquellos servicios que no puedan reclamar interferencia de un servicio a título primario; es decir, deberán resentir dicha interferencia sin posibilidad de reclamación.

Por otra parte, el mundo, para efectos del Cuadro Internacional de Frecuencias, se divide en tres regiones, siendo la Región 2 a la que pertenece el continente americano.²³⁸

²³⁶ Cochetti, Roger, *op. cit.*, pp. 79 y 80; y Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, pp. 101, 102 y 109.

²³⁷ *Ibidem*, p. 85.

²³⁸ La división específica viene descrita en los artículos 5.3 a 5.9 del RR-UIT.



FUENTE: Artículo 5, sección I, apartado 5.2, del RR-UIT.

Existen variaciones entre regiones con respecto a los tipos de servicios que pueden prestarse y respecto a si son a título primario o secundario,²³⁹ además de que cada país puede hacer una reserva a una atribución específica.²⁴⁰

Ejemplos del Cuadro Internacional de Frecuencias en relación con servicios por satélite son los siguientes:²⁴¹

²³⁹ El servicio que está a título primario se presenta con mayúsculas, y el que está a título secundario, con minúsculas.

²⁴⁰ En el caso de México, la delegación mexicana presenta reservas —si es que las tiene— a las decisiones que se estén adoptando en las CMR, y que se plasman en las actas finales de dichas conferencias. Estas actas finales suscritas por la delegación mexicana con las reservas que haya tenido a bien hacer, son presentadas al Senado para su ratificación. Una vez ratificadas, el IFT es el encargado de actualizar el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) y publicarlo en el *DOF*.

²⁴¹ Artículo 5, sección III, apartado 5.46 *et seq.* del RR-UIT.

3 600-4 800 MHz

<i>Atribución a los servicios</i>		
<i>Región 1</i>	<i>Región 2</i>	<i>Región 3</i>
3 600-4 200 Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Móvil	3 600-3 700 Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.434 Radiolocalización 5.433	3 600-3 700 Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.435
	3 700-4 200 Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	
4 200-4 400 MÓVIL AERONÁUTICO (R) 5.436 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.438 5.437 5.439 5.440		
4 400-4 500 Fijo MÓVIL 5.440A		
4 500-4 800 Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL 5.440A		

6 700-7 250 MHz

<i>Atribución a los servicios</i>		
<i>Región 1</i>	<i>Región 2</i>	<i>Región 3</i>
6 700-7 075 Fijo Fijo POR SATÉLITE (Tierra-espacio) (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL 5.458 5.458A 5.458B		

7 075-7 145 Fijo MÓVIL 5.458 5.459
7 145-7 190 Fijo MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio lejano) (Tierra-espacio) 5.458 5.459
7 190-7 235 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.460A 5.460B Fijo MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) 5.460 5.458 5.459
7 235-7 250 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.460A Fijo MÓVIL 5.458

Las bandas de frecuencias utilizadas para servicios satelitales se identifican con letras (C, K, Ka, Ku, L, X, Q, V).

Tecnología para mejor aprovechamiento. El desarrollo tecnológico permite un mejor aprovechamiento de las frecuencias del espectro radioeléctrico a través de distintas técnicas, procedimientos y tecnología. Enseguida, se citan sólo de manera ilustrativa y como ejemplos los siguientes:

- Los satélites pueden difundir las señales a través de múltiples haces, que son más pequeños y dirigidos a un área geográfica muy concreta. Esto hace posible que cada haz esté separado y aislado para que no interfieran con otros

haces.²⁴² El uso de múltiples haces ayuda al reúso de frecuencias²⁴³ y a incrementar el ancho de banda.²⁴⁴

- La utilización del *software defined radio* (SDR) permite que se aprovechen de mejor manera tanto las frecuencias como la infraestructura, toda vez que hace posible que se asignen de manera dinámica frecuencias a utilizar, por ejemplo.²⁴⁵
- Se usan técnicas de polarización para aprovechar más eficazmente las frecuencias, al poder enviar más señales en el mismo ancho de banda.²⁴⁶

Servicios satelitales y terrestres. La utilización de las frecuencias del espectro radioeléctrico se realiza tanto por sistemas satelitales como por sistemas terrestres; en algunos casos la prioridad (título primario) es para unos, y en otros para los otros. Lo cierto es que existe cierta tensión entre la atribución de frecuencias para ambos sistemas, así como para la asignación de títulos habilitantes.²⁴⁷

Por ejemplo, la banda C que ha sido empleada para servicios satelitales puede atribuirse a servicios terrestres y a servicios satelitales. ¿Debe prevalecer alguna? ¿Deben dividirse o coexistir? ¿Cuál es el equilibrio necesario para que la regulación sea neutra tecnológicamente en beneficio de la sociedad? ¿Es posible tal equilibrio?

III. SATÉLITES, COMPONENTES DEL ESPACIO Y VEHÍCULOS DE LANZAMIENTO

Los primeros satélites lanzados al espacio eran pequeños, con componentes electrónicos no tan sofisticados y con la inteligencia

²⁴² Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 38 y 47.

²⁴³ *Ibidem*, p. 47.

²⁴⁴ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, pp. 70 y 71.

²⁴⁵ *Ibidem*, p. 100.

²⁴⁶ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 42 y 43.

²⁴⁷ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 80.

y capacidad de cómputo residiendo en los equipos y sistemas en Tierra.²⁴⁸ Posteriormente, con el auge de los satélites para la órbita GEO, aquéllos aumentaron en tamaño y complejidad. Ahora, con los avances tecnológicos, la disminución de tamaño de componentes electrónicos y el incluir más inteligencia y capacidad a bordo del satélite, algunos sistemas satelitales están reduciendo el tamaño de sus satélites y ampliando el número de éstos en sus constelaciones.²⁴⁹

El diseño de un sistema satelital y su carga útil (*payload*) depende de múltiples factores, tales como:²⁵⁰

- En qué órbita(s) operará (por ejemplo, sólo un satélite en GEO, una constelación en LEO, una constelación híbrida con satélites en GEO y LEO).
- Qué bandas de frecuencias utilizará.
- Qué servicio(s) prestará.
- Cuál es la capacidad (*throughput capability*).
- Qué tipo de antenas y equipos terminales se emplearán.
- La vida útil que se espera tenga el satélite.
- Sistemas y sensores a bordo para cumplir con la misión.
- Consideraciones de las afectaciones posibles por la temperatura, radiación, campos magnéticos, entre otros.

El equilibrio es delgado, y no hay una solución única de cuál es el mejor diseño de un sistema satelital, por la gran cantidad de elementos que deben considerarse para que éste pueda cumplir con la misión que se plantea para dicho sistema.²⁵¹

²⁴⁸ Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 53.

²⁴⁹ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 98. Asimismo, para un comparativo de ventajas y desventajas de procesamiento a bordo de satélites de comunicación, véase Pelton, Joseph, “Satellite Communications...”, *op. cit.*, pp. 42, 48 y 49.

²⁵⁰ Braun, Teresa, *Satellite Communications Payload and System*, Nueva Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2012, disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/updf-ebooks/detail.action?docID=875929>; *ibidem*, pp. 51 y 52; Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*

²⁵¹ Pelton hace un contraste entre un sistema de comunicaciones móviles satelitales y uno terrestre, destacando el enorme desafío que tiene el satelital,

La vida útil de los satélites varía dependiendo de si son GEO, LEO o MEO. Los satélites GEO tienen una vida útil de entre doce y dieciocho años, y depende del combustible para los propulsores, la vida de las baterías y la degradación del desempeño de las celdas solares, principalmente.²⁵² Asimismo, puede haber fallos en el lanzamiento, o posteriormente en el sistema de estabilización o térmico.²⁵³

Los satélites MEO tienen una vida útil de entre doce y quince años, mientras que aquellos para LEO es de entre cinco y diez años.²⁵⁴ Asimismo, hay satélites para misiones de corta duración, cuya vida útil no excede de los tres años.

Existen diferentes procedimientos para el fin de la vida útil, y dependerán de la órbita en la que esté ubicado el satélite y su tamaño. Esto se abordará en el cap. séptimo.

1. *Tipos de satélite según el tamaño*

Los satélites pueden clasificarse según el tamaño en grandes, medianos y pequeños. Aunque no existe consenso en cuanto a la definición de satélites pequeños, sí se pueden destacar sus características y las misiones a las que van (por ejemplo, misiones de corta duración).

pues se despliega una antena enorme, un reflector muy grande en el espacio, y el satélite debe operar sin necesidad de reparaciones o ajustes *in situ*. *Idem*; Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, pp. 20, 70-109; Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 30, 37, 40-42 y 51-52; Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*

²⁵² Cuando el satélite se mueve de su posición por cualquier perturbación que haya tenido, el combustible activa los propulsores para que pueda recuperar la posición correcta. De tal suerte que sin combustible, Pelton destaca que un satélite de comunicación en la órbita GEO se vuelve inútil. Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 31.

²⁵³ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 29; y Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 58 y 59.

²⁵⁴ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 59 y 60.

<i>Tamaño</i>		<i>Peso en Tierra, incluyendo combustible</i>
Grandes		Más de 1,000 kg
Medianos		500-1,000 kg
Pequeños	Mini	100-500 kg
	Micro	Menos de 100 kg
	Nano	Menos de 10 kg
	Pico	Menos de 1 kg
	Femto	Menos de .1kg

Es importante mencionar que existen las llamadas Plataformas a Gran Altitud (HAPS, por sus siglas del inglés de *High-Altitude Platform Systems*), las cuales se definen como aquella “estación situada en un objeto a una altitud de 20 a 50 km y en un punto nominal, fijo y especificado con respecto a la Tierra”.²⁵⁵

Las HAPS pueden complementar las redes satelitales y prestar servicios de comunicaciones a nivel regional; sin embargo, las HAPS enfrentan retos de distinto tipo (por ejemplo, limitada autonomía, afectación por velocidades del viento, disminución de la vida de las baterías por la temperatura).²⁵⁶

También están las plataformas de baja altitud, cuyo ejemplo por excelencia son los vehículos aéreos no tripulados, que no son materia de esta obra, por merecer una investigación específica que atienda los retos regulatorios, jurídicos y de política pública en torno a ellos.

²⁵⁵ Artículo 1, sección IV, apartado 1.66a., del RR-UIT.

²⁵⁶ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *HAPS Sistemas de estaciones en plataformas a gran altitud*, UIT, última actualización: abril de 2022, última consulta: 14 de mayo de 2023, <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/High-altitude-platform-systems.aspx>. Kotheli, Oljton *et al.*, *op. cit.*, p. 75.

2. Componentes de los satélites

Los componentes de los satélites pueden variar dependiendo de la misión o finalidad que tiene cada satélite, por lo que un satélite de comunicaciones (por ejemplo, servicio móvil satelital) tendrá algunos componentes que pueden diferir de aquel satélite para investigación espacial.

Así que la siguiente descripción sólo busca enunciar componentes que pueden estar presentes principalmente en satélites de comunicación, ya que los satélites para observación de la Tierra e investigación espacial podrán contar con sensores activos y pasivos para cumplir con sus respectivas misiones. Asimismo, se recuerda que este libro pretende proveer una descripción general de elementos técnicos que faciliten una comprensión del marco normativo y de la política pública satelital, es decir, no puede tenerse como una obra técnica ni de ingeniería.

Plataforma. La plataforma del satélite (*bus*)²⁵⁷ es por analogía el cuerpo (estructura)²⁵⁸ del satélite donde se aloja la carga útil (*payload*), los subsistemas y las aplicaciones.

La estructura debe ser lo suficientemente ligera para, en primer lugar, ser lanzada [al espacio] mientras que también debe ser lo suficientemente fuerte y rígida para soportar la carga útil y resistir las cargas para el lanzamiento (*launch loads*) sin doblarse ni quebrarse... Una vez en órbita la estructura del satélite debe ser capaz de resistir factores ambientales.²⁵⁹

²⁵⁷ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 113.

²⁵⁸ Para un recuento de los cambios en las estructuras de los satélites, véase Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 27-29.

²⁵⁹ “The structure has to be light enough to be launched in the first place while also being strong and stiff enough to support the payload and endure launch loads without bending or breaking... Once in orbit the satellite structure must then be able to resist environmental factors...”, European Space Agency, *Structures and Mechanisms*, ESA, disponible en: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Structures_and_Mechanisms [traducción de Clara-Luz Álvarez].

En la plataforma de un satélite de comunicación se alojan la carga útil, el subsistema de energía, el control de actitud y orbital, el control térmico, así como una parte del sistema de TT&C que se comunica con la parte terrestre del TT&C.

Carga útil (payload). La carga útil está formada por “esos elementos del vehículo espacial específicamente dedicados a producir datos de la misión y después enviar dichos datos de regreso a la Tierra”.²⁶⁰

Dentro de la carga útil para satélites de comunicación están:

- Transpondedores:²⁶¹ son equipos de retransmisión dentro del satélite que reciben las señales, filtran las señales que interfieren y las no deseadas, las amplifican, las cambian de frecuencia (recuérdese que el enlace ascendente es diferente del enlace descendente) y las reenvían a la Tierra para que sean recibidas por las estaciones en Tierra.²⁶²
- Las antenas asociadas a las transmisiones y recepciones de comunicaciones pueden ser de distintos tipos, y, por

²⁶⁰ “[payload is formed by] those elements of the spacecraft specifically dedicated to producing mission data and then relaying that data back to Earth”, European Space Agency, *About Payload Systems*, European Space Agency, https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/About_Payload_Systems [traducción de Clara-Luz Álvarez]. Para más información sobre carga útil, véase Braun, Teresa, *op. cit.*

²⁶¹ La palabra “transpondedor” viene de la fusión de las palabras en inglés *transmitter* (transmisor) y *responder* (respondedor). Merriam-Webster, *Transponder Definition & Meaning*, Merriam Webster Dictionary, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/transponder>, última consulta: 14 de mayo de 2023.

²⁶² Existen diferentes tipos de transpondedores, por lo que se busca proveer una explicación sobresimplificada para efectos de una comprensión básica de lo que son los transpondedores. Los transpondedores transparentes o *bent-pipe* tienen una larga data, mientras que los transpondedores regenerativos realizan tareas de procesamiento de señales que contribuyen a un mejoramiento de la señal. Braun, Teresa, *op. cit.*, pp. 3-9; Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 42 y 43; Richharia, M. y Richharia, D., *op. cit.*, p. 275; Unión Internacional de Telecomunicaciones – Radiocommunication Bureau, *Handbook on Satellite... cit.*, p. 392.

tanto, proporcionar diferentes coberturas a través de los haces (*beam*) que proyectan a la Tierra (por ejemplo, haces globales, hemisféricos, de haz múltiple o *multi-beam*, de haz puntual o *spot beams*, de haz en forma de barra o *pencil beams*).²⁶³

Subsistema de energía. Éste está compuesto de (1) paneles solares que transforman la energía solar en eléctrica, y (2) baterías que se activan cuando no hay sol o cuando hay condiciones ambientales adversas.²⁶⁴ Este subsistema puede proporcionar potencia eléctrica a los motores, aunque Mejía destaca que la energía eléctrica puede ser insuficiente para mantener a un satélite en su posición.²⁶⁵

Control de actitud. El control de actitud está formado por sensores y propulsores para proveer estabilidad al satélite y orientación adecuada respecto de la Tierra. El control de actitud compensa las perturbaciones externas (por ejemplo, impacto de meteoritos, campos gravitacionales de la Tierra y la Luna, presión de la radiación solar), y su función es diferente de la del TT&C.

Control térmico. El control térmico está encargado de que la temperatura esté dentro del rango aceptable para que todos los subsistemas y equipos operen de manera adecuada y se mantengan por el tiempo de su vida útil sin ser afectados por cuestiones térmicas.²⁶⁶

Pelton recuerda que en el espacio las temperaturas son bajas, mientras que si el satélite carece de superficie reflejante (*reflective surfaces*), entonces puede calentarse excesivamente, además de que los componentes electrónicos dentro del satélite pueden generar altas temperaturas. Por lo que los satélites comúnmente

²⁶³ Cochetti, Roger, *op. cit.*, pp. 115-117.

²⁶⁴ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 29 y 30.

²⁶⁵ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 30.

²⁶⁶ European Space Agency, *Thermal Control*, European Space Agency, https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Thermal_Control.

tienen tubos de calor (*heat pipes*) para extraer el calor y llevarlo a los bordes del satélite y al espacio.²⁶⁷

Telemetría, rastreo y control (TT&C). La TT&C tiene una parte de componentes a bordo del satélite y otra en Tierra en el centro de control y operación.

- La telemetría envía constantemente información a la Tierra sobre el estado de *salud* de los diversos subsistemas a bordo.

“Estos dispositivos de monitoreo miden las corrientes eléctricas dentro del satélite, la energía generada por los paneles solares, el nivel de descarga de las baterías satelitales, la temperatura dentro de la plataforma del satélite, o si ha fallado algún amplificador, filtro, dispositivo de repetición, conmutador o procesador del satélite”.²⁶⁸

A partir de la información que se recibe en Tierra de la telemetría, se puede monitorear alguna situación que requiera de la realización de acciones tanto para la reparación como para la actualización de configuración y otros.²⁶⁹

- El rastreo o seguimiento permite identificar la ubicación del satélite.

Para la orientación y posicionamiento del satélite se ocupan sensores del Sol, de la Tierra y de estrellas, así como señales de radiofrecuencia.²⁷⁰

Para determinar la ubicación del satélite se puede triangular; “esto involucra un cálculo basado en los sensores abordo [del satélite] que «perciben» dónde está el

²⁶⁷ Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 30.

²⁶⁸ “These monitoring devices measure electrical currents within the satellite, the power generated by solar arrays, the depth of discharge on the satellite batteries, the temperature within the spacecraft bus, or whether a satellite amplifier, filter, repeating device, switch, or processor has failed”, *ibidem*, p. 50 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

²⁶⁹ Kodheli, Oltjon *et al.*, *op. cit.*, p. 77; Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 30 y 50.

²⁷⁰ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 31 y 32.

satélite con respecto a la Tierra, el Sol o una estrella en particular”.²⁷¹

Es necesario un rastreo constante de los satélites para que sus antenas estén dirigidas a la Tierra y al área en particular hacia donde envían sus señales, lo cual es necesario para cualquier tipo de satélite.²⁷²

En el caso de sistemas satelitales LEO y MEO, se requiere de una red de TT&C más amplia que permita el rastreo de los satélites alrededor del mundo.²⁷³

- El control se lleva a cabo en una o varias estaciones en la Tierra, a las que se les denomina “centro de control y operación”. El control implica tanto poder enviar los comandos necesarios para reubicar al satélite en su posición como aquellos que se requieran para la corrección de fallas en los subsistemas a bordo del satélite.²⁷⁴

3. Vehículos de lanzamiento

Los vehículos de lanzamiento son de enorme relevancia, al ser indispensables para colocar cualquier satélite en el espacio.

La estructura de un vehículo de lanzamiento depende de su carga útil y la órbita que se busca. Como el combustible que se requiere para un vehículo de lanzamiento es grande, el combustible es almacenado en múltiples etapas. La carga útil (satélite o nave es-

²⁷¹ “This involves a calculation based on onboard sensors «perceiving» where the satellite is in relationship to Earth, the Sun or a particular star”, *ibidem*, p. 50 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

²⁷² Pelton enfatiza la importancia de la correcta orientación de los satélites a sus áreas de servicio, en especial cuando se están utilizando haces tipo de haz puntual o *spot beam*, pues se enfocan a una cobertura geográfica más limitada, y cualquier cambio por ligero que sea, puede afectar el servicio que se presta. Para el caso de satélites en GEO, a través del TT&C se contrarresta el desplazamiento natural dentro de la caja imaginaria. *Ibidem*, p. 31.

²⁷³ *Ibidem*, p. 72.

²⁷⁴ *Ibidem*, p. 49.

pacial) se coloca en la parte más alta del vehículo de lanzamiento. Después del lanzamiento, si el combustible de cualquier etapa se agota, el tanque vacío de combustible se desprende del vehículo de lanzamiento y el combustible de la siguiente etapa se prende. Este proceso se repite hasta que el satélite o la nave espacial se despliega o se separa. Al utilizar el procedimiento de separar que se va dando de abajo para arriba, el peso general del vehículo de lanzamiento se reduce lo cual ayuda al satélite o la nave espacial a lograr más velocidad. Adicionalmente, el consumo general de combustible también se reduce.²⁷⁵

Debe mencionarse que la liberación en el espacio de las estructuras de cada una de las etapas de los vehículos de lanzamiento una vez que van agotando su combustible, es uno de los temas a considerar para la sostenibilidad del espacio (véase el cap. séptimo).

Ahora bien, el vehículo de lanzamiento coloca al satélite en su órbita, y con un “empujón” lo deja en su órbita, y permanece ahí sin mucho ajuste.²⁷⁶ Para lanzamientos a la órbita GEO, es mejor una ubicación lo más cerca de la línea ecuatorial, mientras que para órbitas polares un sitio de lanzamiento con una latitud más alta puede ser benéfico.²⁷⁷ Existen actualmente diversas opciones de vehículos de lanzamiento y organizaciones que lo realizan, para distintos tipos de satélites.²⁷⁸

²⁷⁵ “The structure of the launch vehicle depends on the payload & its intended orbit. As the fuel required for a launch vehicle is large, the fuel is stored in multiple stages. The payload (satellite or spacecraft) is kept at the top of the launch vehicle. Post-launch, if the fuel of any stage is exhausted, the empty fuel tank is detached from the launch vehicle body & the fuel in the next stage is ignited. This process is repeated till the satellite or the spacecraft is deployed or separated. By using the separation process which takes place from bottom to top, the overall weight of the launch vehicle reduces which helps the satellite or the spacecraft to gather more speed. Additionally, the overall fuel consumption is also reduced”. SATnow, *What is a Launch Vehicle?*, SaTNow, 2022, <https://www.satnow.com/community/what-is-a-launch-vehicle> [traducción de Clara-Luz Álvarez].

²⁷⁶ European Space Agency, “Types of orbits...”, *cit.*

²⁷⁷ Pelton, Joseph, *op. cit.*, pp. 79 y 80.

²⁷⁸ *Ibidem*, p. 77.

IV. COMPONENTES EN TIERRA

Los componentes básicos en tierra de un sistema satelital son el centro de control y operación, las estaciones terrenas, los equipos terminales de los usuarios, así como la infraestructura para enlazar las comunicaciones satelitales con los sistemas terrestres.

1. *Centro de control y operación*

El centro de control y operación se define como la “[i]nfraestructura en tierra que comprende el equipo de telemetría, rastreo y comando utilizados para controlar la operación de uno o más Satélites y/o Vehículos Espaciales, y las Estaciones Terrenas necesarias para dichos fines”.²⁷⁹

Así, el centro de control y operación es el cerebro que desde la Tierra identifica si el satélite requiere algún ajuste a su ubicación o alguna actualización de configuración, por ejemplo, para lo cual enviará los comandos necesarios para la corrección o actualización que precise.²⁸⁰

Las comunicaciones entre el centro de control y operación y el satélite viajan a través de frecuencias del espectro radioeléctrico, utilizando frecuencias diferentes para el TT&C que aquellas para las comunicaciones satelitales o las comunicaciones de las misiones del satélite.²⁸¹

2. *Estaciones terrenas*

El RR-UIT define a la estación terrena de la siguiente manera:²⁸²

²⁷⁹ Disposición 3, fracción IX, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

²⁸⁰ Pelton destaca que para redundancia, se debe tener posibilidad de que al menos dos estaciones de control puedan dar servicios de TT&C. Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 50.

²⁸¹ Cochetti, Roger, *op. cit.*, p. 73; *ibidem*, p. 49.

²⁸² Artículo 1, sección IV, apartado 1.63, del RR-UIT.

*Estación terrena: Estación*²⁸³ situada en la superficie de la Tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre destinada a establecer comunicación

- con una o varias *estaciones espaciales*; o
- con una o varias *estaciones* de la misma naturaleza, mediante el empleo de uno o varios *satélites reflectores* u otros objetos situados en el espacio.

La LFTR, por su parte, define a la estación terrena como “la antena y el equipo asociado a ésta que se utiliza para transmitir o recibir señales de comunicación vía satélite”.²⁸⁴

Las estaciones terrenas pueden ser de distintos tipos, tamaños, capacidad y costos, siendo las bandas de frecuencias en las que operan las principales variables.

Las estaciones terrenas están compuestas de antenas (por ejemplo, omnidireccionales, multidireccionales, direccionales) y componentes electrónicos,²⁸⁵ pueden estar en un lugar fijo, en una aeronave o en una embarcación.

Gracias a los desarrollos tecnológicos, ha habido muchos avances en cuanto a estaciones terrenas (por ejemplo, tamaño, movilidad, facilidad de instalación y operación), habiéndose reducido sus costos e incrementado su capacidad.²⁸⁶

Las estaciones terrenas pueden ser transmisoras, receptoras o transreceptoras (transmiten y reciben señales), utilizando distintas frecuencias para los enlaces ascendentes y descendentes.

Las estaciones terrenas en movimiento (ETEM) a bordo de vehículos, aeronaves y embarcaciones están siendo vistas como

²⁸³ Estación es definida en el propio RR-UIT como “Uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para asegurar un *servicio de radiocomunicación*, o el *servicio de radioastronomía* en un lugar determinado”. artículo 1, sección IV, apartado 1.61, del RR-UIT.

²⁸⁴ Artículo 3, fracción XXII, de la LFTR.

²⁸⁵ Cochetti, Roger, *op. cit.*, pp. 120 y 121; Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 64.

²⁸⁶ Neri Vela, Rodolfo y Landeros, Salvador, *op. cit.*, p. 723; Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 73.

una manera de proveer comunicaciones móviles y de banda ancha por satélite.²⁸⁷

Las estaciones terrenas deben ser capaces de aislar el ruido que proviene de interferencias de diversos sitios. Pelton destaca que las señales que vienen del satélite a las estaciones terrenas a través del enlace descendente son las que reciben más *ruido* (interferencia) derivado del calor que queda en la atmósfera, mientras que cuando se envían señales al satélite (enlace ascendente) el ruido es mucho menor, y además, las estaciones terrenas tienen más potencia para enviar las señales,²⁸⁸ de ahí que los enlaces descendentes estén en frecuencias más bajas que las ascendentes, porque las frecuencias más bajas tienen menor atenuación.

²⁸⁷ En la CMR-19 se estableció que las ETEM pueden utilizar espectro del SFS del 17.7-19.7 GHz (espacio-Tierra) y 27.5-29.5 GHz (Tierra-espacio). Unión Internacional de Telecomunicaciones, Temas relativos a los satélites: Estaciones terrenas en movimiento (ETEM), UIT, última actualización 2021, <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/Earth-stations-in-motion-satellite-issues.aspx>

²⁸⁸ Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 64.

CAPÍTULO QUINTO

MARCO JURÍDICO INTERNACIONAL

Tanto las órbitas satelitales como el espectro radioeléctrico y el espacio exterior son recursos de la naturaleza, es decir, no han sido creados por las personas humanas.

Si bien el espacio aéreo sobre el territorio nacional se considera bajo el dominio y la soberanía del país de que se trate, existe reconocimiento de que las órbitas satelitales y el espacio pertenecen a la humanidad y no pueden ser apropiados ni por personas ni por países, los cuales no podrán reclamar una soberanía sobre las órbitas ni sobre el espacio.

No obstante lo anterior, debe destacarse que al día de hoy no existe una definición única sobre dónde está el límite del espacio aéreo y dónde comienza el espacio exterior o ultraterrestre.²⁸⁹

- La corriente espacialista propone trazar una línea arbitraria arriba del nivel del mar de la Tierra para separar lo que es el espacio aéreo del espacio exterior (por ejemplo, entre noventa y cien km de altitud donde se desvanece la atmósfera terrestre).

²⁸⁹ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, “Developing planetary sustainability: Legal challenges of Space 4.0”, *Global Sustainability*, Cambridge, Cambridge University Press, vol. 2, julio de 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1017/sus.2019.10>, p. 3; Byers, Michael y Boley, Aaron, *op. cit.*, p. 49; Mallowan, Lucas *et al.*, “Reinventing treaty compliant «safety zones» in the context of space sustainability”, *Journal of Space Safety Engineering*, Ámsterdam, núm. 2, vol. 8, junio de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.05.001> p. 159; Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, “El derecho del espacio ultraterrestre en tiempos decisivos: ¿estatalidad, monopolización o universalidad”, *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, Ciudad de México, vol. XIII, 2013, disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-46542013000100014, p. 594.

- La corriente funcionalista se basa en las características, funcionalidades y propósitos del vehículo para determinar si debe considerarse un vehículo aéreo y sujeto a la soberanía del espacio aéreo donde navega, o si es un vehículo espacial, mismo que estaría sujeto a los tratados y convenios del espacio.²⁹⁰

Ahora bien, si cada país —a su sola conveniencia y unilateralmente— decidiera utilizar las órbitas y las frecuencias necesarias para la comunicación Tierra-espacio-Tierra, habría un caos en varios aspectos. Por ejemplo, habría interferencia perjudicial entre sistemas satelitales y entre sistemas terrestres y satelitales, lo que impediría la comunicación. También surgiría un riesgo real e inminente de colisión entre satélites o entre éstos y estaciones espaciales. Este proceder caprichoso de los países en materia satelital y espacial haría realidad la frase de “ni para Dios ni para el diablo”.

Por lo anterior, es en el mejor interés de todos los países lograr acuerdos en cuanto a 1) qué uso se le va a dar a cada banda de frecuencias o rango de frecuencias; 2) si será el uso para determinado servicio a título primario o a título secundario; 3) qué país estará autorizado para ocupar una determinada posición en la órbita geoestacionaria o POG; 4) qué país podrá desplegar una constelación de satélites LEO o MEO, en qué planos orbitales y qué frecuencias utilizarán para ello, etcétera.

²⁹⁰ Velázquez refiere que el criterio funcional es más aceptado, por cuanto que “la delimitación geográfica supondría un grave atentado a la libertad de circulación de las naves que evolucionen por debajo de la altitud límite. Existen vehículos espaciales (como, por ejemplo, el transbordador espacial norteamericano) que necesariamente han de evolucionar siguiendo una trayectoria por debajo de los 90-100 kilómetros límite, con lo cual se obligaría a los países lanzadores a solicitar la autorización de paso y, eventualmente, deber de abonar dinero. Por ello, los partidarios del criterio funcional consideran que el campo de aplicación del derecho espacial no es solamente el espacio extra atmosférico”. Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, *op. cit.*, pp. 594, nota al pie, y 598.

En este capítulo primeramente se presenta a los organismos internacionales que tienen una relación directa con la materia espacial y satelital: la UIT y la COPUOS/UNOOSA. En seguida, se expondrán los tratados internacionales relevantes vinculados con el objeto de este libro. Para finalizar con la referencia y comentarios a los principios aplicables, tales como el uso racional, el uso efectivo y el acceso equitativo a las órbitas satelitales y frecuencias asociadas, así como aquellos del espacio exterior.

I. ORGANISMOS INTERNACIONALES

1. *Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)*

La UIT tiene sus orígenes a mediados del siglo XIX, cuando existió la necesidad de proveer soluciones para mejorar la comunicación y lograr la interconexión entre líneas telegráficas en países europeos, y se creó la Unión Telegráfica Internacional.²⁹¹ Con una fusión de instituciones internacionales²⁹² y cambios de nombre, la UIT se convirtió en el organismo especializado de telecomunicaciones de la ONU mediante un acuerdo celebrado entre ambas instituciones el 15 de noviembre de 1947, que entró en vigor el 1 de enero de 1949.²⁹³

La UIT reúne tanto países (Estados miembro) como organizaciones científicas, asociaciones industriales, empresas de

²⁹¹ Para más información, véase Álvarez, Clara Luz, *Telecomunicaciones y radiodifusión...*, cit., pp. 415-421.

²⁹² La fusión del Convenio Telegráfico Internacional (1865, Unión Telegráfica Internacional) y del Convenio Internacional de Radiotelegrafía (1906, Unión Radiotelegráfica Internacional) acordada en las Conferencias de Madrid de 1932. El 1o. de enero de 1934 comenzó a utilizarse el nombre de Unión Internacional de Telecomunicaciones.

²⁹³ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Breve Historia de la UIT*, UIT, última consulta 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.iui.int/11.1004/020.2000/s.210-es>.

tecnologías de la información y las comunicaciones, fabricantes de equipos, instituciones académicas, de financiamiento y desarrollo (miembros de sector, asociados e instituciones académicas).²⁹⁴

La UIT realiza, entre otras, las siguientes funciones:²⁹⁵

- Atribuye bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, es decir, se determina para qué servicio(s) se va a destinar una banda de frecuencia.
- Registra las asignaciones de las POG y las características de satélites en otras órbitas, buscando evitar interferencia perjudicial.
- Facilita la normalización o estandarización de telecomunicaciones.
- Coordina esfuerzos para armonizar el desarrollo de medios de telecomunicación.
- Fomenta la solidaridad internacional para proveer asistencia técnica a los países en desarrollo.

La autoridad más alta de política de la UIT es la Conferencia de Plenipotenciarios, mientras que la Secretaría General es la encargada de la administración, las finanzas y de la planeación estratégica de largo plazo.

La UIT se divide en tres sectores, a saber: el de Radiocomunicaciones (UIT-R), el de Normalización y el de Desarrollo. Cada uno de estos sectores celebra sus respectivas conferencias mundiales periódicamente. En el caso de la UIT-R, se les denomina Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR).

²⁹⁴ Artículo 2, de la Constitución de la UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Our members*, UIT, (última consulta el 13 de abril de 2023) disponible en: <https://www.itu.int/hub/membership/our-members/#:~:text=With%20193%20Member%20States%20and,professionals%20in%20its%20global%20network>.

²⁹⁵ Artículo 2, sección II, de la Constitución de la UIT, sección II.

2. COPUOS/UNOOSA

La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS, por sus siglas en inglés de *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*) fue creada de manera permanente en 1959. México ha formado parte de la COPUOS desde sus inicios de manera ininterrumpida.

La COPUOS es un foro para el diálogo internacional con relación a la exploración y el uso pacífico del espacio, así como para el desarrollo de principios, guías y leyes que rijan el espacio.²⁹⁶

Los acuerdos en la COPUOS se adoptan por consenso tras las discusiones, y en los asuntos en los que no se logra la unanimidad se suspende la discusión o se retira el asunto.²⁹⁷

La Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA, por sus siglas en inglés de *United Nations Office for Outer Space Affairs*) funge como secretariado de la COPUOS, y tiene por objeto promover la cooperación internacional del uso pacífico del espacio exterior.

Dentro de las funciones de UNOOSA están:

- La responsabilidad de llevar el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre.
- Ser secretariado para el Comité Internacional de Sistemas Globales de Navegación Satelital.
- Realizar cursos y proyectos piloto en temas del espacio para países en desarrollo.
- Impulsar el programa UN-SPIDER,²⁹⁸ que busca contribuir al uso de tecnología y datos espaciales (por ejemplo, imágenes satelitales) para reducir los riesgos de desastres

²⁹⁶ Martínez, Peter, “The UN COPUOS Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities”, *Journal of Space Safety Engineering*, vol. 8, núm. 1, 2021, pp. 98-107, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsse.2021.02.003>, p. 98.

²⁹⁷ *Ibidem*, p. 99.

²⁹⁸ Oficina de las Naciones Unidas para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), *What is UN-SPIDER?*, UNOOSA, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.un-spider.org/about/what-is-un-spider>.

- Promover una mejor comprensión de los fundamentos del derecho internacional del espacio.
- Promover la sostenibilidad en las actividades del espacio.²⁹⁹

Si bien las resoluciones de la ONU y de la COPUOS no son vinculantes, establecen reglas y principios que orientan para la conducción de actividades espaciales³⁰⁰ además de que pueden servir de base para la adopción de legislación en los países.³⁰¹ Mejía enfatiza el valor de las declaraciones y recomendaciones de la Asamblea General de la ONU, las cuales pueden convertirse posteriormente en tratados o en normas de costumbre internacional.³⁰²

II. TRATADOS INTERNACIONALES RELEVANTES EN MATERIA SATELITAL Y DEL ESPACIO EXTERIOR

El primer tratado internacional que tocó lo relativo al espacio es el RR-UIT, que fue actualizado en su Conferencia Administrativa de Radiocomunicaciones de 1959 en cuanto a aspectos satelitales.³⁰³ El RR-UIT se pone periódicamente al día con las decisiones relativas que se adoptan en las conferencias mundiales de radioco-

²⁹⁹ Oficina de las Naciones Unidas para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), *Roles and Responsibilities*, UNOOSA, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/roles-responsibilities.html>.

³⁰⁰ Oficina de las Naciones Unidas para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA), *Space Law: Resolutions*, Naciones Unidas, UNOOSA, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/resolutions.html>.

³⁰¹ Martínez, Peter, *op. cit.*, p. 102.

³⁰² Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 54 y 55. Byers y Boley coinciden en el valor del *soft law*, en tanto que puede influenciar al comportamiento, ser precursor de tratados y de la costumbre internacional. Byers, Michael y Boley, Aaron, *op. cit.*, pp. 78 y 79.

³⁰³ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Administrative Radio Conference (Geneva, 1959)*, UIT, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.85>.

municaciones (CMR), las cuales incluyen lo relativo a órbitas satelitales y frecuencias asociadas. El RR-UIT se ha ido actualizando, y podemos afirmar con certeza que continuará siendo modificado para estar al día en las necesidades y evoluciones de los servicios espaciales y de radiocomunicación.

La llamada Carta Magna o Constitución del Espacio³⁰⁴ es el Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes, de 1967 (Tratado del Espacio). Éste tiene gran relevancia, y se complementa con otros acuerdos y convenios internacionales, todos de las décadas de 1960 y 1970.

Al estudiar los tratados y convenios del espacio debe tenerse en cuenta que éstos se dan en plena guerra fría y sin saber cómo evolucionarían las actividades del espacio, ni a qué velocidad. En las negociaciones estuvieron presentes las disputas en cuanto a “los intereses de los países con actividades espaciales versus los intereses de los estados sin actividades espaciales, los usos militares versus los usos no militares del espacio exterior, y los intereses de los países desarrollados versus aquellos en vías de desarrollo”.³⁰⁵

Excepción hecha del RR-UIT, ninguno de los tratados y convenios internacionales del espacio han sido modificados ni actualizados a las necesidades contemporáneas.

³⁰⁴ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 4; Prasad, Deva, “Relevance of the Sustainable Development Concept for International Space Law: An Analysis”, *Space Policy*, vol. 37, febrero de 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2018.12.001>, p. 168; Rodríguez Medina, Ernesto, *op. cit.*, p. 53.

³⁰⁵ “interest of space faring countries vs interests of non-space faring states, military vs non-military uses of outer space, and interest of developed states vs those of developing states”, S. Hobe, B. Schmidt-tedd, K.U. Schrogl (eds.), *Cologne Commentary on Space Law*, volume I: *Outer Space Treaty*, Carl Heymanns-Verlag, Cologne, 2010, citado en Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 166 [traducción de Clara-Luz Alvarez].

<i>Tratado, convenio o acuerdo internacional</i>	<i>Abreviaturas / Siglas</i>	<i>Fecha de expedición</i>	<i>Estados parte</i>
Reglamento de Radio- comunicaciones	RR-UIT	Lo relativo al espacio fue incluido por vez primera en 1959. Última actualización 2019 ³⁰⁶	144 ³⁰⁷
Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes	Tratado del Espacio	1967 (sin modificación)	112 ³⁰⁸
Acuerdo sobre el Salvamento y la Devolución de Astronautas y la Restitución de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre	Acuerdo de Salvamento	1968 (sin modificación)	98 ³⁰⁹

³⁰⁶ Se actualiza después de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, que se celebran aproximadamente cada cuatro años.

³⁰⁷ 144 miembros firmaron las actas finales de la CMR-19. Unión Internacional de Telecomunicaciones, *World Radiocommunication Conference 2019*, Ginebra, última actualización: 29 de noviembre de 2019, consulta: 15 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/es/membership/Pages/member-states-status.aspx>.

³⁰⁸ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2022*, Viena, última actualización: 18 de marzo de 2022, consulta: 15 de mayo de 2023, disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2022/aac_105c_22022crp/aac_105c_22022crp_10_0_html/AAC105_C2_2022_CRP10E.pdf.

³⁰⁹ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2022*, Viena, última actualización: 18 de marzo de 2022, consulta: 15 de mayo de 2023, disponible en:

<i>Tratado, convenio o acuerdo internacional</i>	<i>Abreviaturas / Siglas</i>	<i>Fecha de expedición</i>	<i>Estados parte</i>
Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales	Convenio de Responsabilidad	1972 (sin modificación)	98 ³¹⁰
Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre	Convenio de Registro	1975 (sin modificación)	72 ³¹¹
Acuerdo que Debe Regir las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes	Acuerdo de la Luna	1979 (sin modificación)	18 ³¹²

La manera en que se relacionan los tratados internacionales de la UIT y de la UNOOSA es de complementariedad.

Se ha destacado que los tratados y convenios internacionales del espacio (excepto el RR-UIT, que sí se actualiza) requieren actualizarse tanto a las nuevas realidades como a las nuevas ne-

https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2022/aac_105c_22022crp/aac_105c_22022crp_10_0_html/AAC105_C2_2022_CRP10E.pdf

³¹⁰ United Nations, *Convention on registration of objects launched into outer space*, Treaty Collection, Turtle Bay, consulta: 17 de mayo de 2023, disponible en: https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXIV-1&chapter=24&Temp=mtdsg3&clang=_en.

³¹¹ Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2022*, Viena, última actualización: 18 de marzo de 2022, consulta: 15 de mayo de 2023, disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2022/aac_105c_22022crp/aac_105c_22022crp_10_0_html/AAC105_C2_2022_CRP10E.pdf.

³¹² Arabia Saudita, que ha sido parte del Acuerdo de la Luna, dejará de serlo a partir de enero de 2024. United Nations, *Agreement governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, Treaty Collection, Turtle Bay, consulta: 17 de mayo de 2023, disponible en: https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXIV-2&chapter=24&clang=_en.

cesidades, actividades y actores espaciales,³¹³ además de necesitar contemplar expresamente lo relativo a la sostenibilidad del espacio.³¹⁴

1. *Constitución de la UIT y Reglamento de Radiocomunicaciones*

La Constitución de la UIT reconoce que las órbitas satelitales y las frecuencias asociadas “son recursos naturales limitados que deben utilizarse de forma racional, eficaz y económica, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones”.³¹⁵

El instrumento que provee el marco jurídico específico para la radiocomunicación (comunicación a través de frecuencias del espectro radioeléctrico) y para los recursos orbitales es el RR-UIT.³¹⁶ Éste es de carácter obligatorio para todos los Estados miembro de la UIT, salvo que éstos hubieran hecho alguna reserva al momento de la firma de dicho Reglamento o cualquier modificación posterior.³¹⁷

Se establece un mandato de optimización para los Estados miembro, que consiste en que procuren limitar al mínimo indispensable las frecuencias y el espectro utilizado, buscando implementar los adelantos técnicos.³¹⁸ La UIT busca evitar que exista interferencia perjudicial de estaciones de radiocomunicación entre países, y coordina esfuerzos para eliminar dichas interferencias cuando se dan.³¹⁹

³¹³ Mallowan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, p. 163; Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, *op. cit.*, p. 588; De Waal Alberts, Anton, *op. cit.*, p. 96.

³¹⁴ Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 172.

³¹⁵ Artículos 12 y 44 de la Constitución de la UIT.

³¹⁶ El antecedente del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT fue el Reglamento de Servicios del Convenio Radiotelegráfico Internacional de 1906 en Berlín.

³¹⁷ Artículos 4 y 54 de la Constitución de la UIT.

³¹⁸ Artículo 44 de la Constitución de la UIT, y artículo 4, sección I, apartado 4.1, del RR-UIT.

³¹⁹ Artículo 1, sección II, incisos A y B, de la Constitución de la UIT.

En el RR-UIT está contenido el cuadro de atribución de bandas de frecuencias,³²⁰ al que denominaré Cuadro Internacional de Frecuencias. En éste se inscriben:

- El(los) servicio(s) que puede(n) prestarse (terrenal o espacial) en distintos rangos de frecuencias.
- Si el uso será a título primario o secundario.
- Observaciones complementarias, condiciones específicas y notas.

El mundo se encuentra dividido en tres regiones en el Cuadro Internacional de Frecuencias; México está en la región 2.

Con la finalidad de considerar periódicamente los avances tecnológicos para un uso más eficiente del espectro radioeléctrico y realizar las modificaciones pertinentes al RR-UIT y a los planes de asignación (por ejemplo, anexo 30, 30A y 30B), cada tres o cuatro años se realizan las conferencias mundiales de radiocomunicaciones (CMR),³²¹ con la asistencia y votación de los Estados miembro.³²² Adicionalmente, pueden participar los denominados miembros de sector, asociados e instituciones académicas (por ejemplo, empresas de telecomunicaciones y de otros sectores como energía y salud, universidades), organismos regionales e internacionales.³²³

El resultado de las CMR son las actas respectivas, por medio de las cuales se agregan, eliminan o modifican disposiciones del

³²⁰ Artículo 5 del RR-UIT.

³²¹ Antes de 1993, se denominaban Conferencias Administrativas Mundiales de Radiocomunicaciones o CAMR.

³²² En las CMR también pueden establecerse —dentro de las comisiones de estudio— distintas cuestiones a investigar, analizar y para realizar propuestas. Las agendas para las CMR se preparan con entre cuatro y seis años de anticipación, y se fija la agenda final dos años antes de su realización. Artículo 13 de la Constitución de la UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones, *World Radiocommunication Conferences (WRC)*, UIT, última consulta, disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>.

³²³ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Our Members*, cit.

RR-UIT, incluyendo del Cuadro Internacional de Frecuencias. Cabe destacar que cada país puede realizar excepciones o adiciones al Cuadro Internacional de Frecuencias. Éste sirve de base para que cada país elabore y actualice sus respectivos cuadros de atribuciones de frecuencias.

En las CMR se adoptan también resoluciones y recomendaciones que forman parte del marco jurídico aplicable tanto a los sistemas satelitales como a las órbitas y a las frecuencias asociadas.

El RR-UIT se complementa con las Reglas de Procedimiento expedidas por la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones, que “aclaran la manera en que las disposiciones del RR [RR-UIT] deben ser aplicadas”.³²⁴

En el capítulo sexto se presentan el Registro Internacional de Frecuencias (MIFR), la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR IFIC), los planes espaciales y los procedimientos que se siguen ante la UIT en relación con el espacio.

2. *Tratado del Espacio (1967)*

El Tratado sobre los Principios que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros Cuerpos Celestes (Tratado del Espacio), retomó y desarrolló los principios establecidos en la Declaración de los Principios Jurídicos que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre (1963).³²⁵

El Tratado del Espacio es vinculante para los Estados parte. Los aspectos principales del tratado son:

³²⁴ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *ITU-R: Managing the radio-frequency spectrum for the world*, UIT, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-r-managing-the-radio-frequency-spectrum-for-the-world.aspx>.

³²⁵ Aprobada por unanimidad mediante la resolución 1962 (XVIII) por la Asamblea General de la ONU el 13 de diciembre de 1963.

- El espacio está abierto para su exploración y utilización por parte de todos los Estados en igualdad y conforme al derecho internacional.³²⁶
- El espacio no puede ser objeto de apropiación aduciendo soberanía, uso u ocupación.³²⁷
- Los objetos en el espacio no deben tener armas nucleares ni de destrucción masiva, de la misma manera que la Luna y otros cuerpos celestes sólo se deben utilizar para fines pacíficos.³²⁸
- Los astronautas son enviados de la humanidad.³²⁹
- La responsabilidad de los Estados es tanto por los objetos lanzados al espacio como por si desde su territorio o instalaciones se lanzó el objeto al espacio.³³⁰
- La jurisdicción de un Estado es sobre el objeto que ha registrado y sobre las personas que estén en él mientras está en el espacio exterior o en un cuerpo celeste.³³¹
- Los principios de cooperación y ayuda mutua en la exploración y utilización del espacio exterior.³³²
- Los Estados parte realizarán investigaciones y explorarán el espacio y los cuerpos celestes sin que produzcan contaminación nociva ni cambios desfavorables al medio ambiente de la Tierra por la introducción de materias extraterrestres.³³³
- Existe un deber de los Estados, de informar sobre sus actividades en el espacio (naturaleza, marcha, localización, resultados) al secretario(a) general de la ONU, a la comunidad científica internacional y al público.³³⁴

³²⁶ Artículo I del Tratado del Espacio.

³²⁷ Artículo II del Tratado del Espacio.

³²⁸ Artículo IV del Tratado del Espacio.

³²⁹ Artículo V del Tratado del Espacio.

³³⁰ Artículo VII del Tratado del Espacio.

³³¹ Artículo VIII del Tratado del Espacio.

³³² Artículo IX del Tratado del Espacio.

³³³ Artículo XI del Tratado del Espacio.

³³⁴ *Idem.*

- El acceso a las estaciones, instalaciones, equipos y vehículos espaciales en cuerpos celestes se realizará bajo el principio de reciprocidad.³³⁵

De destacarse es que el Tratado del Espacio refiere que “incumben a toda la humanidad” la exploración y la utilización del espacio y cuerpos celestes.³³⁶ La implicación de ello no es clara, al no estar definido el contenido y alcance de la *incumbencia a toda la humanidad* en algún otro tratado o declaración internacional.³³⁷

La sostenibilidad del espacio no era un tema en el contexto de las negociaciones del Tratado del Espacio, por lo cual no está expresamente contemplada en éste (véase el cap. séptimo).

3. *Acuerdo de Salvamento (1968)*

El Acuerdo sobre el Salvamento y la Devolución de Astronautas y la Restitución de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre (Acuerdo de Salvamento) establece supuestos en los cuales los Estados deben notificar si saben de algún accidente, de un aterrizaje forzoso o involuntario, o de una situación de peligro para la tripulación de una nave espacial.

Asimismo, se prevé la obligación de las partes, de informar al secretario(a) general de la ONU y a la autoridad de lanzamiento cuando se tenga conocimiento de algún objeto espacial o partes de éste en su territorio, en alta mar o en cualquier otro lugar. La base de este acuerdo de 1968 es la cooperación internacional, y lo que animó la elaboración de este acuerdo fueron sentimientos de humanidad.

³³⁵ Artículo XII del Tratado del Espacio.

³³⁶ Artículo I del Tratado del Espacio.

³³⁷ Nótese que incumbencia a toda la humanidad puede ser un concepto distinto a patrimonio común de la humanidad. Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 173.

4. *Convenio de Responsabilidad por Daños (1972)*

La necesidad de establecer normas y procedimientos internacionales para el pago rápido de una indemnización a las víctimas de daños por objetos espaciales fue la que propició a emitir en 1972 el Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales (Convenio de Responsabilidad).

Este convenio señala que los daños causados por los objetos espaciales o por personas que viajen en los objetos espaciales dará origen a la responsabilidad de los Estados de lanzamiento. Estos son los que lancen o promuevan el lanzamiento de un objeto espacial y aquellos desde cuyo territorio o instalaciones se lance un objeto espacial.³³⁸

Byers y Boley destacan que el Convenio de Responsabilidad, en su definición de Estado de lanzamiento, podría hacer que en un lanzamiento existan hasta cuatro Estados que cumplan con esa definición: “el Estado que lanza el objeto espacial, el Estado que procura el lanzamiento, el Estado desde cuyo territorio es lanzado el objeto espacial y el Estado propietario de las instalaciones de donde se realiza el lanzamiento”.³³⁹ Además, no existe un límite de tiempo durante el cual el Estado de lanzamiento deje de ser responsable, por lo que pareciera que sería a perpetuidad.

A lo largo del Convenio de Responsabilidad se establecen:

- Los supuestos (por ejemplo, daños sufridos en la superficie de la Tierra, en aeronaves en vuelo o fuera de la superficie de la Tierra).³⁴⁰

³³⁸ Artículos I, II, III del Convenio de Responsabilidad.

³³⁹ “The state that launches the Space object, the state that procures the launch, the state from whose territory a Space object is launched, and the state from whose facility a Space object is launched”, Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, p. 87 [traducción al español de Clara-Luz Álvarez].

³⁴⁰ Para un análisis de posibles supuestos para determinar responsabilidad y las interrogantes que surgen en la actualidad para ello, véanse Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, p. 92 *et seq.*

- Los tipos de responsabilidad (por ejemplo, en ciertos casos mancomunada entre Estados de lanzamiento).
- Los supuestos de inaplicabilidad del convenio (por ejemplo, cuando los daños sean a nacionales del Estado de lanzamiento).
- Excluyentes de responsabilidad (por ejemplo, si se demuestra que los daños son por negligencia grave del Estado demandante o de las víctimas).
- Quiénes pueden iniciar un procedimiento, dónde y el procedimiento a seguir para reclamaciones de indemnización (por ejemplo, se utilizará la vía diplomática; si falla ésta, se establece una comisión de reclamaciones).
- El plazo de prescripción de la acción y los supuestos para el cómputo de dicho plazo (por ejemplo, un año a partir del daño).
- Aspectos relativos a la indemnización.³⁴¹

Dado el creciente interés por colocar satélites de diferentes tamaños y con misiones diversas en el espacio, muy probablemente este Convenio de Responsabilidad cobre mayor relevancia.

En este sentido, el señalamiento de Byers y Boley respecto de las consecuencias en cuanto a responsabilidad del límite del espacio aéreo versus el espacio exterior cobran relevancia: la responsabilidad en el espacio exterior recae en el Estado de lanzamiento cuando éste causa daño en la superficie terrestre o a una aeronave, ya sea por culpa de dicho Estado o cuando el daño lo causó un actor no gubernamental de su país; mientras que si el daño es en el espacio aéreo, el responsable es el que ocasionó el daño, y bien puede ser una empresa privada.³⁴²

³⁴¹ Sólo se tiene conocimiento de un caso en el cual se haya buscado indemnización de un Estado a otro bajo el Convenio de Responsabilidad, que se resolvió por las negociaciones entre los Estados involucrados. Se trató de la reclamación de Canadá a la URSS por los desechos radioactivos que quedaron en su territorio cuando el satélite 954 entró en la atmósfera. Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, p. 88.

³⁴² Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, p. 34.

5. *Convenio de Registro de Objetos (1975)*

El Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre (1975) establece:

- Que los Estados tendrán un registro para los objetos espaciales que lancen al espacio, y notificarán al secretario(a) general de la ONU de dicho registro.
- El registro a cargo de la ONU es para que los Estados inscriban “en cuanto sea factible” los objetos espaciales (designación del objeto espacial, fecha y lugar de lanzamiento, parámetros orbitales básicos, función del objeto espacial) y notifiquen cuando ya no estén en órbita.

El registro de objetos espaciales es fundamental para la seguridad y la sostenibilidad del espacio (véase el cap. séptimo). Las prácticas de registro deben ser adecuadas, pues en caso contrario habrían consecuencias negativas a la seguridad en las actividades espaciales. Mejía destaca que existen objetos que no son registrados, y que los parámetros orbitales básicos pueden cambiar por diversas razones (por ejemplo, maniobras, fuerzas de la naturaleza) y esos cambios no se reflejan en el registro.³⁴³

6. *Acuerdo de la Luna (1979)*

El Acuerdo que Debe Regir las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes (1979) (Acuerdo de la Luna) expedido en 1979, únicamente ha sido suscrito y ratificado por dieciocho países.³⁴⁴

³⁴³ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 161.

³⁴⁴ Prasad destaca que la escasa adopción del Acuerdo de la Luna se debe al artículo 11, que designa a la Luna y sus recursos naturales como patrimonio común de la humanidad. Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 170.

Ninguno de los países con mayores actividades espaciales lo ha suscrito. Además, nótese que Arabia Saudita, que se había vuelto parte del Acuerdo de la Luna en 2012, en enero de 2023 informó que se retiraba con efectos a partir de enero de 2024.³⁴⁵

El Acuerdo de la Luna establece que:

- La Luna incluye las órbitas a su alrededor y las trayectorias dirigidas hacia ella o que la rodean.
- La Luna y sus recursos naturales son patrimonio común de la humanidad.³⁴⁶
- No podrán poner en órbita alrededor de la Luna objetos con armas nucleares u otro tipo de armas de destrucción masiva.
- Se ordena que la exploración y utilización de la Luna deba ser en beneficio de toda la humanidad, teniendo presentes los intereses de generaciones actuales y futuras.
- Los principios que regirán son los de cooperación y asistencia mutua.
- Otras disposiciones que se enfocan a lo que está prohibido realizar en la Luna como, por ejemplo, ensayos con armas y maniobras militares.

III. PRINCIPIOS RELEVANTES EN MATERIA SATELITAL Y DEL ESPACIO EXTERIOR

Los principios en materia satelital y del espacio provienen de los instrumentos derivados de la UIT y de la COPUOS/UNOOSA,

³⁴⁵ ONU, *Agreement governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, consulta el 14 de mayo de 2023, disponible en: https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXIV-2&chapter=24&clang=_en.

³⁴⁶ Prasad señala que al establecer que la Luna y sus recursos son patrimonio común de la humanidad se evocaba la idea de que los beneficios de la explotación de sus recursos naturales tendrían que distribuirse de manera equitativa sin importar el nivel de participación de cada país. Prasad, Deva, *op. cit.*, pp. 170 y 171.

que deben considerarse en conjunto para tener un panorama general de los principios que rigen.

1. *Uso racional*

El principio de uso racional establecido en la Constitución de la UIT y en el RR-UIT tiene por finalidad que se puedan aprovechar de la mejor manera posible los recursos de la naturaleza que se consideran escasos, como las órbitas y las frecuencias asociadas.³⁴⁷

Así, el principio de uso racional está previsto como una obligación de los Estados miembro de la UIT y un deber de garantizarlo por parte del sector de radiocomunicaciones de la UIT.³⁴⁸ Este principio no está limitado a la órbita GEO.³⁴⁹

En la utilización de bandas de frecuencias para los servicios de radiocomunicaciones, los Estados Miembros tendrán en cuenta que las frecuencias y las órbitas asociadas, incluida la órbita de los satélites geostacionarios, son recursos naturales limitados que deben utilizarse de forma racional, eficaz y económica, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones, para permitir el acceso equitativo a esas órbitas y a esas frecuencias a los diferentes países o grupos de países, teniendo en cuenta las necesidades especiales de los países en desarrollo y la situación geográfica de determinados países.³⁵⁰

³⁴⁷ Doyle (1988) argumenta que ni la órbita GEO ni las frecuencias utilizadas en las comunicaciones satelitales son recursos naturales limitados, ya que la evolución tecnológica hace posible que las frecuencias del espectro radioeléctrico susceptibles de usarse se incrementen y además se pueden reusar las frecuencias, multiplicándose su uso. Para Doyle, el haber establecido en la UIT que la órbita GEO es un recurso natural limitado se debió a circunstancias políticas, económicas y de prestigio. Doyle, Stephen, *op. cit.*, p. 645.

³⁴⁸ Artículo 12, numeral 1 y 44, numeral 2, de la Constitución de la UIT.

³⁴⁹ Riviere recuerda que las obligaciones del artículo 44 de la Constitución de la UIT con relación al uso racional, efectivo y con equidad fue extendido para incorporar cualquier órbita. Riviere, Alice, *op. cit.*, p. 50.

³⁵⁰ Artículo 44, numeral 2, de la Constitución de la UIT.

Para cumplir con el uso racional, los Estados deben utilizar al mínimo indispensable las frecuencias y aplicar los adelantos de la tecnología.³⁵¹

No obstante el principio de uso racional que debe regir en cuanto a los recursos orbitales y las frecuencias asociadas, Byers y Boley sostienen que el sistema de asignar espectro para las megaconstelaciones de satélites en órbitas distintas a la GEO está ocasionando que a través de los procedimientos de la UIT se busque *acaparar* el mayor espectro posible, aun cuando algunos de estos sistemas se abandonen después. También estos autores argumentan que cuando los reguladores de los países involucrados en actividades espaciales (por ejemplo, la FCC de EUA) autorizan megaconstelaciones de satélites, aun cuando no estén reclamando soberanía del espacio exterior, *de facto* están apropiándose del espacio “por otros medios” como lo prohíbe el Tratado del Espacio.³⁵²

2. *Uso efectivo*

El uso efectivo tiene dos vertientes: una relacionada con la interferencia perjudicial y otra con el uso real de las frecuencias y recursos orbitales.

Interferencias. Se entiende por interferencia perjudicial aquella que degrada gravemente, interrumpe repetidamente, compromete o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación.³⁵³

El uso efectivo busca evitar la existencia de interferencias perjudiciales entre servicios y sistemas, y que si se dan este tipo de interferencias la afectación puede degradar el servicio o incluso, hacerlo indisponible.

Todas las estaciones, cualquiera que sea su objeto, deberán ser instaladas y explotadas de tal manera que no puedan cau-

³⁵¹ Artículo 44, numeral 1, de la Constitución de la UIT.

³⁵² Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, pp. 69, 70, 75 y 76.

³⁵³ Artículo 1, sección VII, apartado 1.169, de la Constitución de la UIT.

sar interferencias perjudiciales a las comunicaciones o servicios radioeléctricos de otros Estados Miembros, de las empresas de explotación reconocidas o de aquellas otras debidamente autorizadas para realizar un servicio de radiocomunicación y que funcionen de conformidad con las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones.³⁵⁴

Los Estados miembro de la UIT tienen la obligación de adoptar medidas para impedir que empresas y sistemas bajo su jurisdicción causen interferencias perjudiciales.³⁵⁵ Por su parte, la UIT coordinará esfuerzos para evitar interferencias perjudiciales (por ejemplo, la coordinación; véase cap. sexto, III).

Uso real. No menos importante es la otra vertiente del uso efectivo, que consiste en evitar el acaparamiento o la inutilización de recursos orbitales que hayan sido registrados a nombre de un país. Esto es, evitar que los países presenten ante la UIT sistemas satelitales que carezcan de un proyecto real detrás, a lo que se les conoce como los registros de papel.

La UIT ha establecido una regulación que combate el acaparamiento de frecuencias tales como el imponer un tiempo máximo para ocupar una POG y fijar plazos para lanzar los satélites de una constelación en órbitas LEO (véase cap. sexto, V).³⁵⁶

No obstante las medidas que está imponiendo la UIT, Byers y Boley lanzan una fuerte crítica en cuanto al uso real y al acaparamiento de órbitas satelitales y frecuencias sin consideraciones de la sostenibilidad del espacio. En este sentido, estos autores afirman que hay compañías que cumplen con la puesta en servicio colocando cualquier satélite a pesar de que no sea parte del sistema del expediente autorizado ante la UIT, y que también han surgido compañías que están ofreciendo satélites para utilizarlos para la ocupación temporal y así justificar la puesta en servicio. Además, Byers y Boley identifican también como problema

³⁵⁴ Artículo 45, párrafo uno, de la Constitución de la UIT.

³⁵⁵ Artículo 45, párrafos uno y dos, de la Constitución de la UIT.

³⁵⁶ Artículo 1, numeral 1 (b), de la Constitución de la UIT.

el que algunos países estén presentando solicitudes para sistemas satelitales de decenas de miles de satélites, y quizá lo que se busca es obtener derechos sobre recursos orbitales para después venderlos en todo o en parte.³⁵⁷

3. *Acceso equitativo*

Es cierto que los países que son potencias económicas y tecnológicas dominan en materia satelital y del espacio exterior. Sin embargo, en materia satelital y espacial cobra enorme relevancia ese poder, porque los recursos orbitales y espaciales son bienes de dominio internacional, de los cuales ningún país ni persona puede apropiarse, y el aprovechamiento de dichos bienes se sujeta a la regulación establecida en la UIT.³⁵⁸

Así, con el creciente interés y la capacidad de diversos países para contar con satélites en particular en POG, en la década de 1970 surgió la preocupación sobre el riesgo de que la mayoría de los países en desarrollo carecían de la tecnología y de los recursos para las inversiones necesarias para colocar satélites en el espacio, por lo que cuando tuvieran la posibilidad de lanzar uno al espacio podría ya no existir espacio en la órbita GEO, por ejemplo.³⁵⁹

Mejía menciona que la Resolución Spa 2-1, derivada de la Conferencia Mundial Administrativa de Radiocomunicaciones en 1971 (CAMR-71), enfatizó que la inscripción de asignaciones de

³⁵⁷ Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, pp. 62-74.

³⁵⁸ No omito referir que existe un cuestionamiento permanente en cuanto a la ocupación de la órbita geoestacionaria por potencias tecnológico-satelitales. Véase Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, *op. cit.*

³⁵⁹ La Declaración de Bogotá de 1976 fue realizada por diversos países, que entre otros aspectos afirmaban que “III) la ubicación de un artefacto en el segmento de la órbita geoestacionaria de un Estado ecuatorial requerirá *autorización previa y expresa* de ese Estado, y tendrán tratamiento de estación fija aquellos artefactos empleados para radiocomunicaciones; IV) los Estados ecuatoriales ejercen *derechos de preservación* en el segmento pertinente de la órbita geoestacionaria ubicado sobre su territorio para los propósitos de conservación y utilización”. *Ibidem*, p. 598 nota al pie 17. Para más información sobre la Declaración de Bogotá, las posturas a favor y en contra de ella, véase *ibidem*, pp. 598-560.

recursos orbitales ante la UIT no confiere una prioridad permanente a las administraciones registrantes ni es obstáculo para la existencia de otros sistemas espaciales.³⁶⁰

El principio de acceso equitativo para todos los países fue discutido ampliamente, con la finalidad de que cualquier país tuviera garantizada una POG que le permitiera prestar servicios en su territorio. Se tuvo que considerar en el seno de la UIT la manera de armonizar tanto el principio de acceso equitativo como el principio de uso racional de las POG y sus frecuencias. Una solución fue la creación de planes espaciales (véase cap. sexto, III.2).

4. *Aplicables al espacio exterior*

La Declaración de los Principios Jurídicos que Deben Regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre de 1963 es el antecedente de los tratados, acuerdos y convenios internacionales de la ONU con relación tanto al espacio exterior como a objetos espaciales y tripulación.

Velázquez resume los principios fundamentales del espacio exterior³⁶¹ de la siguiente manera:

- 1) *libertad de tránsito* de cualquier vehículo espacial (sea cual fuere su nacionalidad) por encima del espacio aéreo de cualquier Estado;
- 2) *libertad de investigación* científica, uso y explotación del espacio exterior y los cuerpos celestes;
- 3) *inapropiabilidad* del espacio exterior y sus órbitas y los cuerpos celestes;
- 4) la *investigación científica*, uso y exploración del espacio exterior y los cuerpos celestes deben realizarse *en beneficio de todos los países*, sea cual sea su grado de desarrollo económico y científico, e incumbe a toda la

³⁶⁰ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, pp. 115-117.

³⁶¹ Para más información sobre el contenido y alcance de estos principios, véase González Aninat, Raimundo, *op. cit.* pp. 63-69.

humanidad; 5) *proscripción* de toda actividad en el espacio exterior y los cuerpos celestes que no tengan fines pacíficos; 6) *cooperación internacional* como condicionante de la licitud de la actividad espacial; 7) *responsabilidad* de los Estados, tanto por operaciones realizadas por organismos gubernamentales como por entidades no gubernamentales.³⁶²

Los principios de la Declaración son desarrollados en los tratados, acuerdos y convenios. Para efectos de la materia de este libro se destacan los siguientes:³⁶³

- La utilización del espacio ultraterrestre debe hacerse en beneficio de toda la humanidad, de conformidad con el derecho internacional.
- El espacio ultraterrestre no podrá ser objeto de apropiación nacional por razón alguna (por ejemplo, reivindicación de soberanía, por uso, por ocupación).
- Los Estados tienen derecho a explorar y utilizar libremente el espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes en condiciones de igualdad y de conformidad con el derecho internacional, siendo responsables internacionalmente de las actividades que realicen en el espacio ultraterrestre y de los daños que llegaren a causar.
- Conservarán los Estados jurisdicción y control de los objetos lanzados al espacio y del personal que vaya en él mientras estén en el espacio.
- Los Estados deben guiarse bajo los principios de cooperación y asistencia mutua;³⁶⁴ todos los astronautas se consideran como enviados de la humanidad.

³⁶² Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, *op. cit.*, p. 591.

³⁶³ Para más información sobre el contenido y alcance de estos principios, véase González Aninat, Raimundo, *op. cit.*, pp. 63-69.

³⁶⁴ Velázquez refiere que lo relativo a la cooperación internacional es relevante para que los avances de la técnica espacial no impongan la ley del más fuerte o del más desarrollado en las actividades espaciales. Velázquez Elizarrarás, Juan Carlos, *op. cit.*, pp. 588 y 591.

5. *Sostenibilidad del espacio*

La sostenibilidad del espacio es de enorme relevancia, pues las actividades espaciales mejoran la vida en la Tierra, y porque es necesario que puedan continuar realizándose de manera segura. Por tanto, el cap. séptimo se dedica a la sostenibilidad del espacio.

CAPÍTULO SEXTO

PROCEDIMIENTOS ANTE LA UIT

Los procedimientos ante la UIT para obtener el registro de los recursos orbitales (ya sea una posición en la órbita GEO o respecto de otras órbitas y las frecuencias asociadas) y su consecuente derecho a ocuparlos, son complejos, especializados y pueden variar de tiempo en tiempo debido a los cambios que se están dando en cuanto a constelaciones satelitales y los que se incorporan en las conferencias mundiales de radiocomunicaciones (CMR).

Las normas son la Constitución y Convenio de la UIT (de manera general), el RR-UIT y sus apéndices, las resoluciones adoptadas en las CMR, y las reglas de procedimiento. Además, intervienen el Registro Internacional de Frecuencias y la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias del Buró de Radiocomunicación de la UIT (BR IFIC) de la parte de servicios espaciales.

Quienes llevan a cabo las gestiones ante la UIT son las administraciones de los Estados miembro de la UIT, aun cuando puedan estar impulsando esos trámites empresas con interés de obtener la prioridad en los recursos orbitales.

Se entiende por administración “Todo departamento o servicio gubernamental responsable del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, del Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de sus Reglamentos Administrativos”.³⁶⁵

³⁶⁵ Artículo 1, sección I, apartado 1.2, del RR-UIT.

En el caso de México, la administración es la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), y el IFT es la administración relacionada.³⁶⁶

La intención de esta investigación ha sido poder presentar de la manera más sencilla posible los temas satelitales y del espacio, por lo que a continuación explico los procedimientos conceptualmente, en el entendido de que para buscar el registro de recursos orbitales ante la UIT se deberán revisar a detalle las normas aplicables por los múltiples y distintos supuestos y particularidades que pueden derivarse de cada caso concreto.

Se inicia con el Registro Internacional de Frecuencias (MIFR), para continuar con la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR IFIC). A continuación, se expone la coordinación, que es un procedimiento de enorme relevancia en materia satelital, así como lo relativo a planes espaciales y el procedimiento conocido como reglamentario. En seguida, se hace referencia a las misiones de corta duración que están siendo cada vez más utilizadas por distintos actores del espacio. Finalmente, se verá lo relativo a la debida diligencia administrativa y la puesta en servicio de los satélites.

I. REGISTRO INTERNACIONAL DE FRECUENCIAS (MIFR)

El Registro Internacional de Frecuencias (MIFR, por sus siglas en inglés de *Master International Frequency Register*) es aquel en el que se inscriben las características de las asignaciones de frecuencias, las asignaciones de las POG y las asignaciones de órbitas satelitales con sus frecuencias asociadas, así como las estaciones terrenas asociadas a una estación espacial que operan en Tierra.³⁶⁷

³⁶⁶ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Member State Entries*, UIT, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/hub/membership/our-members/directory/?myitu-members-states=true&request=organisations&id=1000100411>.

³⁶⁷ Artículo 8.1 y nota al pie 8.1.1 del RR-UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones, *ITU-R: Managing the radio-frequency spectrum for the world*,

Así, el MIFR es un instrumento esencial donde pueden consultarse los sistemas satelitales registrados. Para obtener la inscripción en el MIFR en cuestiones espaciales, se deberá: 1) cumplir con el Cuadro Internacional de Frecuencias y el RR-UIT; 2) seguir los procedimientos que se explican en la sección III de este capítulo; 3) obtener conclusiones favorables y, después; 4) realizar la debida diligencia administrativa (véase sección V de este capítulo).

Derecho de reconocimiento internacional. La inscripción de una asignación en el MIFR otorga el derecho al reconocimiento internacional de dichas frecuencias/estaciones espaciales a favor de la administración de que se trate. El derecho de reconocimiento internacional tiene implícito un derecho de preferencia y prelación respecto de nuevos sistemas satelitales.³⁶⁸

Debe señalarse que en la regulación de la UIT está implícito el principio de “el primero en tiempo, el primero en derecho” en cuanto al orden en que reciben y tramitan las solicitudes,³⁶⁹

UIT, última actualización: octubre de 2021, última consulta: 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-managing-the-radio-frequency-spectrum-for-the-world.aspx>.

³⁶⁸ Koenig y Busch argumentan que la UIT no confiere derechos de uso, sino sólo el reconocimiento internacional de prioridad de uso, pues las posiciones orbitales y sus frecuencias no pueden ser apropiadas por los Estados en términos del Tratado del Espacio. Asimismo, Koenig y Busch afirman que los derechos de uso se dan a través del derecho doméstico de cada país, y los términos a través de los cuales se autoriza dicho uso deben cumplir con las disposiciones de la UIT y deben corresponder precisamente con el expediente satelital tramitado en la UIT. Koenig, Christian y Busch, Martin, “Regulation in Outer Space – The Assignment of Rights to Orbit Positions and Frequency Usage by Telecommunications Satellites”, *Eur. Networks L. & Reg. Q.*, Berlín, 2013, disponible en: <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/enlr1&div=7&id=&page=>, pp. 41 y 46.

³⁶⁹ Las Reglas de Procedimiento señalan que “al aplicar el Artículo 9 ninguna administración obtiene prioridad particular alguna como resultado de iniciar en primer lugar la fase de publicación anticipada (Sección I del Artículo 9) o la petición de procedimiento de coordinación (Sección II del Artículo 9)”. Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Reglas de Procedimiento*, aprobadas por la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones, edición 2021 (+ rev.2), Ginebra, 2021.

por lo cual es importante para los países conservar su lugar en la “fila” para ocupar una posición determinada. Si el país incumple los plazos o no presenta los documentos o la información establecidos y requeridos por la UIT en cualquier etapa del proceso, entonces pierde el derecho de prelación implícito que tenía. Si bien la inscripción del sistema satelital en el MIFR es la que otorga el derecho de reconocimiento internacional, debe cumplirse con los tiempos de la puesta en servicio del sistema y la debida diligencia administrativa, como se expone más adelante.

II. CIRCULAR INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE FRECUENCIAS (BR IFIC)

La Circular Internacional de Información sobre Frecuencias del Buró de Radiocomunicación (BR IFIC, por sus siglas en inglés de *International Frequency Information Circular*) es el medio de difusión de información relativo a las solicitudes de asignación de frecuencias y recursos orbitales presentados por las administraciones de los países dentro de los procedimientos para que éstos puedan ser inscritos en el MIFR.

La finalidad de la BR IFIC es que todos los miembros de la UIT cuenten con información oportuna de las solicitudes de asignación de frecuencias y recursos orbitales para que, en su caso, puedan presentar objeciones a un nuevo sistema satelital que crearía interferencias perjudiciales a un sistema satelital existente y registrado ante el MIFR.

Mejía cita a De Man, quien argumenta que “el primero en tiempo, primero en derecho” debe matizarse, pues al considerar disposiciones diversas de la UIT se desprende que existe prioridad a las comunicaciones relacionadas con la seguridad de la vida, y que las Reglas de Procedimiento de Buró de Radiocomunicación aclaran que ninguna administración tiene una prioridad particular; Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 127 en la nota al pie 82.

Koenig y Busch afirman que en última instancia sí aplica *el primero en tiempo, el primero en derecho*, pues la primera administración que proponga un sistema y complete el procedimiento de registro es la que recibe la prioridad en la ocupación. Koenig, Christian y Busch, Martin, *op. cit.*, p. 40.

La BR IFIC (Servicios Espaciales)³⁷⁰ tiene tres partes principales (I-S, II-S y III-S): un apéndice, anexos y secciones especiales.

- I-S. Esta sección publica información para nuevas asignaciones de frecuencia o para modificaciones o supresiones de asignaciones ya inscritas, sirviendo como acuse de recibo de la información.³⁷¹
- II-S. Después de haber concluido favorablemente el examen técnico, reglamentario y, en su caso, la coordinación, se publican en esta sección las asignaciones de frecuencia que se inscribirán en el MIFR.³⁷²
- III-S. Cuando se concluye desfavorablemente respecto de un proyecto de sistema satelital o si es un proyecto que no cumple con las disposiciones del RR-UIT, entonces se publican en esta sección las solicitudes de asignaciones de frecuencia que se devuelven a la administración notificante.³⁷³

En los anexos se publican periódicamente las asignaciones relacionadas con sistemas satelitales, las propuestas de sistemas satelitales que han solicitado publicación con base en el RR-UIT (por ejemplo, publicación anticipada o API, administraciones que deben realizar la coordinación con relación a planes espaciales), las solicitudes de coordinación, las notificaciones que se realizan “tal y como se reciben”.³⁷⁴

Las secciones especiales de la BR IFIC tienen múltiples propósitos (por ejemplo, la sección especial API/A se refiere a publicaciones anticipadas; la CR/C es relativa a información de coordinación; la AP30-30A/E/ es sobre procedimientos de los

³⁷⁰ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Prefacio a la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias del Buró de Radiocomunicación*, marzo de 2023, p. 9.

³⁷¹ *Ibidem*, numeral 1.4.1

³⁷² *Ibidem*, numeral 1.4.2

³⁷³ *Ibidem*, numeral 1.4.3

³⁷⁴ *Ibidem*, numeral 1.7.

planes espaciales de los apéndices 30 y 30A del RR-UIT para la Región 2).³⁷⁵

III. COORDINACIÓN Y PROCEDIMIENTOS

Como se mencionó antes, únicamente los países, a través de sus administraciones, pueden realizar las gestiones ante la UIT, sin que ello sea obstáculo para que detrás de las administraciones existan empresas, consorcios o universidades que estén impulsando y buscando obtener los recursos orbitales.

Existen básicamente dos procedimientos que dependen de si los recursos orbitales están contemplados o no en un plan espacial. De no existir un plan espacial aplicable al sistema satelital de que se trate, se sigue el procedimiento que se conoce como “procedimiento reglamentario”. Si hay un plan espacial, entonces habrá que estarse a las disposiciones de este y del RR-UIT.

Tanto si el procedimiento es con base en un plan espacial o si debe seguir el procedimiento reglamentario de acuerdo con los supuestos establecidos en el RR-UIT, se podrá o no necesitar realizar la coordinación con otras administraciones, con la finalidad de resolver interferencias perjudiciales.

Cada notificación es primeramente examinada en relación con la Tabla [de Atribución de Frecuencias] y otras disposiciones del RR [RR-UIT] para revisar su conformidad con ellas (revisión regulatoria); esta revisión consiste en verificar que la asignación (frecuencia, clase de estación, ancho de banda notificado) cumple en efecto con una adjudicación en la Tabla o en las notas de esta y, cuando corresponda, que cumple con otras condiciones técnicas u operativas establecidas en otros artículos o apéndices del RR [RR-UIT] (límites de potencia, tipo de emisiones autorizadas, ángulo mínimo de elevación, etcétera).³⁷⁶

³⁷⁵ *Idem.*

³⁷⁶ “Each notice is first examined with respect to its conformity with the Table and the other provisions of the RR (regulatory examination); this ex-

1. *Coordinación*

La coordinación es un procedimiento que busca —a través de la negociación entre administraciones— lograr acuerdos para que los sistemas satelitales, estaciones terrenas y otros servicios de radiocomunicación existentes e inscritos en el MIFR puedan coexistir con nuevos sistemas satelitales y estaciones terrenas, sin que se genere interferencia perjudicial entre ellos.³⁷⁷

La coordinación se establece principalmente en el artículo 9 del RR-UIT; sin embargo, cuando se trata de planes espaciales también debe cumplirse con normas de coordinación que están previstas en los apéndices 30, 30A y 30B.³⁷⁸ Adicionalmente, las disposiciones del artículo 9 pueden aplicarse también a estaciones en vehículos de lanzamiento de satélites.³⁷⁹

Todas las administraciones tienen el deber de realizar la coordinación respecto de nuevos sistemas satelitales basándose en la mutua cooperación y buscando resolver los conflictos de manera colaborativa. Ese derecho obliga a las demás administraciones a evitar interferencias perjudiciales cuando estén realizando sus asignaciones y buscando obtener la inscripción de un sistema satelital, por ejemplo, en el MIFR.³⁸⁰

amination consists in checking that the assignment (frequency, class of station, notified bandwidth) does indeed correspond to an allocation in the Table or the footnotes thereto and, where appropriate, that it complies with other technical or operating conditions laid down in other articles or appendices of the RR (power limits, authorized classes of emission, minimum elevation angle, etc.)”, Henri, Yvon *et al.*, “Regulation of telecommunications by satellites: ITU and space services”, en Jakhu, Ram S. y Dempsey, Paul Stephen, *Routledge Handbook of Space Law*, Nueva York, 2017, pp. 109-143, p. 128 [traducción de Clara-Luz Alvarez].

³⁷⁷ Henri, Yvon *et al.*, *op. cit.*, pp. 123 *et seq.* y Jakhu, Ram S. y Dempsey, Paul Stephen, “Routledge Handbook...”, *cit.*, pp. 123 *et seq.*

³⁷⁸ Notas A.9.1 y A.9.3 del RR-UIT.

³⁷⁹ Nota A.9.2 del RR-UIT.

³⁸⁰ Artículo 8.3 del RR-UIT.

Existe obligación de las administraciones de llevar a cabo la coordinación, tanto si son la administración que pretende obtener el registro en el MIFR como si es una administración que ya tiene un sistema satelital inscrito y operando.

Cuando procede la coordinación, tanto el procedimiento del plan espacial como el procedimiento reglamentario siguen básicamente los mismos pasos.³⁸¹

Al momento en que se pretende registrar un sistema satelital o estación terrena que necesita coordinarse, la administración notificante primeramente debe identificar con qué otras administraciones necesita coordinarse, y debe enviar la información al Buró de Radiocomunicaciones de la UIT. El Buró de Radiocomunicaciones revisa lo presentado, y si estima que existen más administraciones con las que deba coordinarse, las incluye para posteriormente publicarse en la BR IFIC.

Si alguna administración que no fue incluida en las administraciones que deben coordinarse estima que se necesita la coordinación respecto a sus sistemas existentes, entonces deberá informarlo tanto a la administración notificante como al Buró de Radiocomunicaciones dentro de los cuatro meses siguientes a la publicación en la BR IFIC. El Buró de Radiocomunicaciones revisará la solicitud para resolver si procede agregar a la administración que estima debe incluirse como una con quien coordinarse, para posteriormente publicarse en la BR IFIC.

Los Estados miembro que deben coordinarse o aquellos que estimen que un nuevo proyecto satelital pudiera causarle interferencia perjudicial a sus sistemas existentes tendrán que negociar de buena fe, buscando activamente soluciones técnicas, solicitando y compartiendo toda la información, con la finalidad de que puedan coexistir los sistemas existentes con el nuevo proyecto.³⁸²

³⁸¹ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 127.

³⁸² Unión Internacional de Telecomunicaciones, “ITU and space: Ensuring interference-free satellite orbits in LEO and beyond”, Ginebra, última actualización: 09 de febrero de 2022, consulta: 23 de abril de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/hub/2022/02/itu-space-interference-free-satellite-orbits-leo/>.

Las administraciones incluidas para que se realice la coordinación cuentan con cuatro meses a partir de la publicación en la BR IFIC para presentar sus comentarios a la administración notificante y le enviarán una copia al Buró de Radiocomunicaciones. Si en ese plazo no presentan comentarios, se entenderá que no tienen objeciones con el proyecto de sistema satelital.

Si la administración notificante no logró la coordinación con una o varias administraciones, entonces se presentará al Buró de Radiocomunicaciones toda la información necesaria para que éste resuelva.

Debe señalarse que está previsto en el RR-UIT que una administración no acuse de recibido de la solicitud de coordinación —después de intentarlo en los plazos y las veces que señala el propio reglamento—, o bien, que una administración no responda o no emita comentarios después de los cuatro meses de la publicación en la BR IFIC, en cuyo caso se entenderá que la administración se considera no afectada respecto del nuevo sistema satelital.

Los procedimientos de coordinación aplicables para los planes espaciales están previstos en los artículos de los apéndices 30, 30A y 30 B del RR-UIT.

2. *Planes espaciales*

Los planes espaciales surgen como respuesta a la preocupación de que los países en desarrollo podrían carecer de una POG cuando pudieran colocar satélites en el espacio y del derecho que tienen todos los países a un acceso equitativo a los recursos orbitales.³⁸³

En términos generales, los planes espaciales tienen señaladas POG y bandas de frecuencias específicas, así como áreas de co-

Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Regulation of satellite systems”, UIT, Ginebra, última actualización: febrero de 2022, consulta: 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/Regulation-of-Satellite-Systems.aspx>

³⁸³ Koenig, Christian y Busch, Martin, *op. cit.*, p. 21.

bertura y países a quienes les corresponderían.³⁸⁴ Se trata, pues, de una reserva a cada país de una POG que pueda prestar servicios satelitales en su territorio, previo procedimiento a seguir conforme al RR-UIT.³⁸⁵

Actualmente hay tres planes espaciales que derivan del RR-UIT:

- El relativo al servicio de radiodifusión por satélite (SRS) en el Apéndice 30.³⁸⁶
- El de enlaces de conexión de SRS en el Apéndice 30A.³⁸⁷
- El de servicio fijo por satélite (SFS) establecido en el Apéndice 30B.³⁸⁸

Estos planes espaciales únicamente se refieren a POG. No existe a la fecha algún plan que refiera otras órbitas satelitales distintas de la GEO.

Los planes espaciales tienen los procedimientos a seguir para la asignación, coordinación, registro y modificación del plan, teniendo anexos con aspectos técnicos (por ejemplo, datos técnicos, métodos de cálculo). En los propios apéndices se hace referencia frecuente a artículos diversos del RR-UIT, como los artículos 9 y 11, por ejemplo.

Para la puesta en servicio, los planes espaciales señalan una temporalidad para iniciar los procedimientos de no menos de dos años y no más de ocho años entre que se presenta la información

³⁸⁴ Existe diferencia entre los apéndices 30 y 30A y el Apéndice 30B, por cuanto hace a la asignación de recursos orbitales.

³⁸⁵ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Introduction to BSS & FSS Plans*, Ginebra, 2022, disponible en: <https://www.itu.int/wrs-22/>.

³⁸⁶ El Plan de SRS tiene su antecedente en las actas de CAMR-1977, estableciendo en las Actas de WARC-1979 (p. 605 en la nota al pie de página) que las disposiciones del Apéndice 30 entraron en vigor el 1 de enero de 1979 con base en las actas de CAMR-1977.

³⁸⁷ Este Apéndice 30A fue originalmente expedido por ORB-85, después se estableció en la ORB-88 y fue modificado en CAMR-92.

³⁸⁸ El Apéndice 30B fue adicionado en la ORB-88.

al Buró de Radiocomunicaciones y la fecha en que será puesto en servicio el sistema satelital.

Apéndices 30 y 30A. El origen de los planes espaciales previstos en los apéndices 30 y 30A derivan de la preocupación de muchos países de carecer de SRS para uso doméstico, por lo que impulsaron el sistema de planificación para distribuir posiciones y frecuencias.³⁸⁹

Esto se logró en las conferencias mundiales administrativas de radiocomunicaciones de 1985 y 1988 con la regulación a través de los apéndices 30 y 30A. Debe señalarse que el caso de la Región 2 (a la que pertenece México), los acuerdos sobre la planificación de asignaciones de frecuencias para estaciones espaciales para el SRS de los apéndices 30 y 30A fue alcanzada con posterioridad a los acuerdos de las regiones 1 y 3.

Mejía aclara que el plan espacial para SRS

...no asegura que cada país del mundo reciba una posición en la órbita geostacionaria para cualquier satélite, como muchas veces erróneamente se entiende por algunos autores. Las posiciones geostacionarias y las frecuencias para Servicios de Radiodifusión por Satélite fueron planeados para estar disponibles para todos los Estados pero, hasta que un Estado solicite que una posición y frecuencia se inscriba de acuerdo con el Plan, puede ser usada por otros Estados también para el Servicio de Radiodifusión por Satélite no planificado en el antiguo procedimiento de registro.³⁹⁰

Apéndice 30B. El Apéndice 30B, por su parte, señala que “El objetivo de los procedimientos de este Apéndice es garantizar

³⁸⁹ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 122.

³⁹⁰ “This Plan does not assure each country of the planet to receive an orbital slot in the Geostationary Ring for any type of satellite, as sometimes wrongly understood by some authors. Geostationary positions and frequencies for Broadcasting-Satellite Services were planned to be available for all States but, until a State requests that a position and frequency is registered according to the Plan, it can be used by other States also for Broadcasting-Satellite Services not planned in the old registration process”. *Idem* [traducción de Clara-Luz Álvarez].

en la práctica, en las bandas de frecuencias del servicio fijo por satélite tratadas en el presente Apéndice, el acceso equitativo de todos los países a la órbita de los satélites geoestacionarios”.³⁹¹ Este Apéndice 30B señala “una posición orbital nominal con una zona de servicio para cobertura nacional”.³⁹²

3. *Procedimiento reglamentario*

El procedimiento reglamentario procede cuando el proyecto de sistema satelital no está previsto en alguno de los planes espaciales, o bien, porque se trata de un sistema satelital en órbitas distintas a la GEO.³⁹³

La administración inicia el procedimiento con la solicitud al Buró de Radiocomunicaciones de que realice la publicación anticipada en la BR IFIC, proporcionando una descripción general de la red o sistema, y que incluye información técnica.³⁹⁴

A partir de la publicación anticipada por parte del Buró de Radiocomunicaciones de la UIT comienza el conteo del “reloj regulatorio”, es decir, del plazo en el cual deben quedar concluidas satisfactoriamente todas las etapas del proceso, incluyendo la puesta en servicio del sistema satelital. De ahí que el propio RR-UIT establezca que las solicitudes deberán presentarse entre dos y siete años antes de la puesta en servicio del proyecto satelital.

Dentro del procedimiento regulatorio pueden darse dos supuestos: el que el proyecto no requiera de la coordinación con base en el artículo 9 del RR-UIT y el Cuadro Internacional de Frecuencias previsto en el artículo 5 del RR-UIT;³⁹⁵ o que sí se necesite realizar la coordinación.

³⁹¹ Apéndice 30B, numeral 1.1 del RR-UIT.

³⁹² Comisión Federal de Telecomunicaciones, *Regulación satelital en México*, *op. cit.*, p. 37.

³⁹³ Véanse artículos 9 y 11 del RR-UIT.

³⁹⁴ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 128.

³⁹⁵ Las redes satelitales de satélites no GEO cuyas frecuencias y servicios no estén sujetos a coordinación y los enlaces intersatelitales que comunican una

No coordinación. En el primer supuesto, la administración solicita al Buró de Radiocomunicaciones la publicación anticipada del sistema satelital, y el Buró de Radiocomunicaciones lo publica en la BR IFIC.

Si alguna administración realiza comentarios, éstos deberán atenderse. Si no hay comentarios, procede que la administración notifique para pedir que el Buró de Radiocomunicaciones haga la inscripción en el MIFR de la asignación.³⁹⁶

Requiere coordinación. En el segundo supuesto, cuando se precisa realizar la coordinación, se efectúa la publicación en la BR IFIC y la coordinación. Si la coordinación fue exitosa, la administración solicitante pide que el Buró de Radiocomunicaciones haga la inscripción de la asignación del sistema satelital en el MIFR.³⁹⁷

IV. MISIONES DE CORTA DURACIÓN

Las misiones de corta duración han sido materia de discusión en el seno de las CMR. En la CMR de 2019 (CMR-19) se expidió la Resolución 32 para buscar flexibilizar el procedimiento de asignación de recursos orbitales, dadas las características sui generis de los satélites con misiones de corta duración, a saber:

- Satélites que se fabrican en poco tiempo, cuyo costo es menor a aquel de otros satélites, y cuyos componentes pueden estar en el mercado.

red de satélites GEO con una estación espacial no GEO que no requieren coordinación. *Cfr.* Unión Internacional de Telecomunicaciones, “API – Advance Publication Information”, última actualización: 2023, consulta: 23 de abril de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/Pages/API.aspx>.

³⁹⁶ Artículo 9.1 del RR-UIT. Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Non-geostationary-satellite networks (Non-GSO)”, Ginebra, última actualización: 2023, consulta: 23 de abril de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/support/nonGSO/Pages/default.aspx>.

³⁹⁷ *Idem.*

- Con una vida operativa máxima de tres años.
- Que usen órbitas terrestres bajas.³⁹⁸

El procedimiento reglamentario fue modificado únicamente para satélites de misión de corta duración y que cumplan con los siguientes requisitos:³⁹⁹

- No encuadren en los supuestos de coordinación de la sección II del artículo 9 del RR-UIT.
- La misión debe ser de máximo tres años a partir de la puesta en servicio y sin posibilidad de prórroga.
- No pueden ser más de diez satélites los que conforman la misión.
- Debe observar las condiciones de uso de las frecuencias y, en el supuesto de que sean frecuencias para radioaficionados por satélite, deberán funcionar conforme a este servicio.
- Deberán poder cesar inmediatamente transmisiones para eliminar las interferencias perjudiciales.

De cumplirse con esos supuestos, la administración debe presentar ante el Buró de Radiocomunicaciones la solicitud de publicación del sistema satelital de misión de corta duración. En seguida, el Buró de Radiocomunicaciones debe publicar la solicitud de inmediato en línea “tal y como la haya recibido”.

Si después de la publicación alguna administración considera que el proyecto de sistema satelital de corta duración le puede causar interferencias perjudiciales, deberá enviar sus comenta-

³⁹⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Resolución 32 (CMR-19): Procedimiento reglamentario para las asignaciones de frecuencias a sistemas o redes de satélites no geostacionarios identificados como misiones de corta duración no sujetos a la aplicación de la Sección II del Artículo 9”, adoptada en la Conferencia Mundial de Radiocomunicación de 2019, Sharm el-Sheikh.

³⁹⁹ *Idem.*

rios dentro de los cuatro meses de la publicación en la BR IFIC, y el Buró de Radiocomunicaciones publicará rápidamente los comentarios “tal y como los haya recibido”.⁴⁰⁰

La notificación que finalmente realice la administración debe ser después del lanzamiento del satélite de misión de corta duración o, si se tratara de una constelación, después del lanzamiento del primero de los satélites, sin que pueda excederse la notificación a más de dos meses de que se puso en servicio el satélite.⁴⁰¹

V. DEBIDA DILIGENCIA ADMINISTRATIVA Y PUESTA EN SERVICIO

El uso efectivo de los recursos orbitales es uno de los objetivos de la UIT, y se ha buscado remediar la obtención de registros ante la UIT de recursos orbitales que se mantienen en reserva sin utilizarse o que son de papel sin que estén respaldados por un proyecto satelital real, lo que crea una ineficaz utilización de los recursos espaciales, y que impide que otros países obtengan dichos recursos.⁴⁰² Por tanto, se estableció tanto la debida diligencia administrativa que aplica en ciertos casos, como la obligación de notificación de la puesta en servicio por etapas tratándose de sistemas satelitales en órbitas distintas a la GEO.

La debida diligencia administrativa obliga a las administraciones a informar sobre la puesta en servicio del sistema satelital,⁴⁰³ con plazos máximos para realizarlo, bajo la pena de que

⁴⁰⁰ Artículo 9 del RR-UIT e *idem*.

⁴⁰¹ *Idem*.

⁴⁰² Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Resolución 49 (REV. CMR-19): Debida diligencia administrativa aplicable a ciertos servicios de radiocomunicaciones por satélite”, revisada en la Conferencia Mundial de Radiocomunicación de 2019, Sharm el-Sheikh.

⁴⁰³ La propia Resolución 49 (REV.CMR-19) señala los supuestos de sistemas satelitales en los que procede proveer la información con base en la debida diligencia administrativa.

se cancele el registro y, como consecuencia de ello, se pierda el derecho a utilizar las órbitas satelitales y las frecuencias asociadas.⁴⁰⁴

Como regla general debe ponerse en servicio un sistema satelital no más de siete años después de la fecha en que el Buró de Radiocomunicaciones reciba la información completa para el procedimiento de publicación anticipada,⁴⁰⁵ y no más de ocho años por cuanto hace a los planes espaciales.⁴⁰⁶ De no ponerse en servicio el sistema, se suprimirá la inscripción de la asignación respectiva del MIFR.

Puesta en servicio. La puesta en servicio se estima que se cumple cuando durante noventa días continuos se ha mantenido el satélite en su posición cuando es en la órbita GEO o en su plano orbital respecto de órbitas distintas a la GEO con capacidad para transmitir o recibir señales.⁴⁰⁷

Con relación a las constelaciones de satélites en órbitas distintas a la GEO, en la CMR-19 se fijaron porcentajes mínimos de satélites que deben ponerse en servicio en distintas etapas.⁴⁰⁸ Esto, en reconocimiento de que el plazo reglamentario de siete años para poner en servicio sistemas satelitales puede no ser acorde con la operación de este tipo de constelaciones.⁴⁰⁹

Lo que busca esta puesta en servicio por etapas es lograr un equilibrio entre el objetivo de prevenir el acaparamiento de frecuencias, el funcionamiento adecuado de la coordinación y los

⁴⁰⁴ Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 123.

⁴⁰⁵ Artículo 11.44 del RR-UIT.

⁴⁰⁶ Apéndice 30, 30A y 30B del RR-UIT.

⁴⁰⁷ Artículo 11.44 *et seq.* del RR-UIT. Mejía-Kaiser, Martha, *op. cit.*, p. 140.

⁴⁰⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *op. cit.*; Unión Internacional de Telecomunicaciones, “ITU and space:...”, *cit.*

⁴⁰⁹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Resolución 35 (CMR-19): Métodos por etapas para la implementación de asignaciones de frecuencias a estaciones espaciales de sistemas de satélites no geoestacionarios en bandas de frecuencias y servicios específicos”, aprobada en la Conferencia Mundial de Radiocomunicación de 2019, Sharm el-Sheikh.

requisitos operativos del despliegue de los sistemas en órbitas distintas a la GEO.⁴¹⁰

La información que se debe proporcionar es en relación con las identidades de la red satelital (por ejemplo, nombre de la administración, símbolo del país, bandas de frecuencias, nombre del operador, nombre del satélite, características orbitales), del fabricante del vehículo espacial (por ejemplo, nombre, fecha del contrato, programa de entrega, número de satélites adquiridos) y del proveedor de servicios de lanzamiento (nombre, fecha del contrato, fecha de lanzamiento o entrega en órbita, nombre del vehículo de lanzamiento, nombre y ubicación de la plataforma de lanzamiento).⁴¹¹

⁴¹⁰ *Idem.*

⁴¹¹ Unión Internacional de Telecomunicaciones, “Resolución 49...”, *cit.*

CAPÍTULO SÉPTIMO

SOSTENIBILIDAD DEL ESPACIO

La sostenibilidad⁴¹² del espacio busca preservar el medio espacial para las generaciones presentes y futuras, con la finalidad de que las múltiples actividades espaciales puedan continuar, y lo puedan hacer sin poner en riesgo la vida en la Tierra.

Si bien la sostenibilidad del espacio no fue un tema a considerar cuando se discutieron los tratados y convenios que forman parte del *corpus iuris spatialis*, hoy día es de enorme relevancia, porque si la sostenibilidad del espacio no se atiende con la prioridad que se debe y de manera adecuada, existen múltiples riesgos y consecuencias de alto impacto para la humanidad.

⁴¹² ¿Sostenibilidad o sustentabilidad? Tanto el *Diccionario del español de México* de El Colegio de México como el de la Real Academia de la Lengua Española incluyen como sinónimos de sustentable el vocablo “sostenible”. Aun cuando pueden estimarse como sinónimos y, por ende, poder utilizarse *sostenibilidad* o sustentabilidad, dado que en la ONU se ha utilizado más el término “sostenible”, se empleará éste.

Diccionario del español de México, “sustentable... Que se sustenta o se puede sustentar; que se puede mantener en sus características o ventajas a lo largo del tiempo, especialmente racionalizando su uso o su explotación; sostenible”.

“Sostenible... Que se sostiene o se puede sostener; sustentable”, *Diccionario del español mexicano*, “Sustentable”, México, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://dem.colmex.mx/Ver/sustentable>.

Diccionario de la lengua española de la Real Academia Española “Sustentable... Que se puede sustentar o defender con razones... sostenible (que se puede mantener sin agotar los recursos). Sostenible... Que se puede sostener... Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”. Real Academia Española, “Sustentable”, *Diccionario de la lengua española*, Madrid, última actualización: 2022, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://dle.rae.es/sustentable>.

Podría alguien cuestionar por qué debiera haber preocupación de la sostenibilidad del espacio cuando existen muchos desafíos a la sostenibilidad del medio ambiente en la Tierra. La respuesta simple y contundente es: ambas deben atenderse con la más alta prioridad, a pesar de que cada una requiere acciones distintas, de actores diferentes.

Las acciones para la protección del medio ambiente en la Tierra van desde la que cada persona puede realizar en su hogar y en su vida diaria hasta los esfuerzos de todos los países y empresas. Las medidas para la sostenibilidad del espacio son más sofisticadas; no dependen de la acción/omisión de las personas de a pie; no todos los países realizan actividades espaciales, mientras que la participación de empresas del sector privado de ciertos países va en franco crecimiento; y la investigación y el desarrollo en materia espacial —aunque ha avanzado mucho— es incipiente, y no en todos los países se realiza.

Este capítulo se inicia con responder a la pregunta de qué es la sostenibilidad y por qué es importante, para continuar con una sección destinada a los desechos o basura espacial que se consideran uno de los más grandes desafíos para la sostenibilidad a largo plazo del espacio. Dentro de esta sección se explica el síndrome de Kessler, el cementerio de naves espacial y la órbita cementerio, así como los servicios en órbita y de remoción de basura, que prometen contribuir a atacar la problemática de los desechos espaciales. Posteriormente, se presenta lo que se conoce como conciencia situacional del espacio y el tránsito seguro. Finalmente, se realizará un análisis de cuál sería el marco normativo de la sostenibilidad del espacio.

I. ¿QUÉ ES LA SOSTENIBILIDAD DEL ESPACIO Y POR QUÉ ES IMPORTANTE?

La sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre se define como la capacidad de mantener la realización de actividades espaciales indefinidamente en el futuro

de modo tal que se logren los objetivos del acceso equitativo a los beneficios de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, a fin de atender las necesidades de las generaciones presentes y, al mismo tiempo, preservar el medio espacial para las generaciones futuras.⁴¹³

También se ha argumentado que la sostenibilidad a largo plazo depende de la existencia de instituciones y empresas que inviertan en investigación, desarrollo e innovación, por lo que imponer una regulación ambiental estricta pudiera afectar la competitividad del sector espacial.⁴¹⁴

Las actividades espaciales mejoran la vida en la Tierra con las comunicaciones satelitales, la observación de la Tierra (por ejemplo, para cuestiones ambientales y de prevención de desastres, monitoreo del cambio climático), la radiodeterminación y radionavegación satelital, la investigación espacial, así como con los datos que se obtienen de las actividades espaciales.⁴¹⁵ Además, las actividades espaciales han sido identificadas como esenciales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, por lo cual son de vital importancia, especialmente para los países en desarrollo.⁴¹⁶

De no atenderse la sostenibilidad del espacio, se interrumpirían e inhabilitarían servicios y actividades espaciales; las ven-

⁴¹³ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA), *Directrices Relativas a la Sostenibilidad a Largo Plazo de las Actividades en el Espacio Ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (Directrices de Sostenibilidad del Espacio)*, Viena, UNOOSA, 2021, disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/stspace/stspace79_0_html/st_space79S.pdf, p. 5.

⁴¹⁴ Undseth, M. et al., *Space Sustainability: The Economics of Space Debris in Perspective*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, OECD Publishing, París, 2020, disponible en: <https://doi.org/10.1787/a339de43-en>, p. 45.

⁴¹⁵ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 3. Secure World Foundation, *Space Sustainability: A Practical Guide*, Secure World Foundation, 2014, disponible en: https://swfound.org/media/206289/swf_space_sustainability-a_practical_guide_2018_1.pdf.

⁴¹⁶ Directrices de Sostenibilidad del Espacio, párrafo 1.

tan para lanzamientos se volverían más escasas.⁴¹⁷ Más aún, e independientemente de los efectos directamente asociados con la sostenibilidad en el espacio, Yap y Truffer, citando diversas investigaciones, mencionan otros efectos adversos, tales como la acumulación de hollín como producto de los lanzamientos que pueden incrementar el cambio climático o contribuir a la desaparición de la capa de ozono; la contaminación marina; la obstrucción de la observación astronómica, y la contaminación por luz que ocasionaría confusión a las aves migratorias.⁴¹⁸

La sostenibilidad del espacio a largo plazo involucra:

- *Basura espacial.* Ésta tiene impacto en las actividades del espacio: riesgos de colisión entre los propios objetos que son desechos espaciales (por ejemplo, satélites fuera de funcionamiento, etapas de los vehículos de lanzamiento que se van liberando a lo largo de la misión) y entre estos y satélites en operación, estaciones espaciales o vehículos de lanzamiento; riesgos de explosión de los desechos que impacte a otros objetos en el espacio; para la astronomía pueden representar obstáculos a la investigación,⁴¹⁹ entre otros.
- *Navegación segura de la Tierra-espacio, y viceversa.* Las naves espaciales requieren que al viajar al espacio y en su retor-

⁴¹⁷ Mallowan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, p. 159.

⁴¹⁸ Yap, Xiao-Shan y Truffer, Bernhard, “Contouring «earth-space sustainability»”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Países Bajos, vol. 44, septiembre de 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.06.004>, pp. 185-193, pp. 187-188.

⁴¹⁹ Las afectaciones para la astronomía y la radioastronomía son: i) derivadas del brillo de los satélites, que impide tener una imagen adecuada del cosmos, lo que dificulta detectar objetos espaciales, como los asteroides y cometas o que crea ruido, lo cual puede causar una identificación errónea de fenómenos; y ii) cuando los satélites están en la parte de sombra pueden bloquear la vista de estrellas y objetos astronómicos. Para más información sobre astronomía y afectaciones derivadas de satélites, así como las acciones que se están emprendiendo y el derecho internacional, véanse Byers, Michael y Boley, Aaron, *op. cit.*, pp. 91-99.

no tengan un trayecto sin afectaciones de otros objetos espaciales en servicio, ni de la basura espacial.

- *Explotación de recursos espaciales.* Ésta incluye desde la utilización de órbitas y frecuencias del espectro radioeléctrico hasta la minería espacial, que tiene sus propios retos técnicos, jurídicos y de gobernanza.⁴²⁰

Ahora bien, ¿por qué hoy día está en boga la sostenibilidad del espacio con mayor fuerza? Por múltiples razones, entre las cuales se encuentran: el incremento de los actores espaciales del sector privado; el aumento en el número de satélites que se están lanzando y se planean colocar en el espacio (por ejemplo, constelaciones en la órbita LEO de miles de satélites); el ingreso de muchas instituciones académicas y de investigación con satélites pequeños y de misiones de corta duración; la reducción de costos de lanzamiento que hace más accesible llegar al espacio; la cantidad de basura espacial existente y la que se sigue generando; el turismo espacial, etcétera.⁴²¹ Además, existe necesidad de que las prácticas actuales contrarias a la sostenibilidad del espacio no se conviertan en las normas del espacio.⁴²²

Múltiples son las instituciones que están abordando la sostenibilidad del espacio, como la COPUOS y el Inter-Agency Space

⁴²⁰ Yap y Truffer argumentan, con relación a la sostenibilidad del espacio, que ésta debe ir más allá de la gobernanza de órbitas terrestres y debe incluir otros espacios como la minería espacial y la manufactura en el espacio. Yap, Xiao-Shan y Truffer, Bernhard, *op. cit.*, nota 7, p. 188.

Por su parte, Prasad afirma que es indispensable que el derecho internacional espacial evolucione para evitar la sobreexplotación sin un beneficio equitativo y una compartición de recursos. Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 172.

⁴²¹ Denis, Gil *et al.*, “From new space to big space: How commercial space dream mis becoming a reality”, *Acta Astronautica*, vol. 166, enero de 2020, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.08.031>, p. 435; Directrices de Sostenibilidad del Espacio, numeral 1; Yap, Xiao-Shan y Truffer, Bernhard, *op. cit.*, pp. 185-193.

⁴²² Secure World Foundation, *op. cit.*, p. 6.

Debris Coordination Committee (IADC),⁴²³ además de agencias espaciales nacionales, empresas del sector espacial, universidades y centros de investigación.⁴²⁴

II. BASURA ESPACIAL

Los desechos espaciales o basura espacial se definen⁴²⁵ como “todos los objetos artificiales, incluidos sus fragmentos y los elementos de esos fragmentos, que están en órbita terrestre o que reingresan a la atmósfera y que no son funcionales”.⁴²⁶

La basura espacial,⁴²⁷ por una parte, está formada por naves espaciales (las etapas de los cohetes que —durante el lanzamiento— al finalizar cada una de las etapas, se van desprendiendo),

⁴²³ Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, “What’s IADC”, última actualización: 2019, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: https://www.iadc-home.org/what_iadc.

⁴²⁴ Para más información sobre propuestas económicas para la sostenibilidad del espacio, véase Undseth, M., *et al.*, *op. cit.*, y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, *Earth’s Orbits at Risk: The Economics of Space Sustainability*, OCDE Publishing, París, 2022, consulta: 07 de mayo de 2023, disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/16543990-en/1/3/2/index.html?itemId=/content/publication/16543990-en&_csp_=854a4bce42a0accab7782305a6fe7d7&itemIGO=oecd&itemContentType=book.

⁴²⁵ No hay una definición jurídica precisa de basura espacial, por lo que sirve esta definición técnica en las Directrices contra la Basura Espacial. Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 19.

⁴²⁶ Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS), *Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales* (Directrices contra la Basura Espacial), 2007, <https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf>.

⁴²⁷ También existe “basura” natural espacial, como fragmentos de meteorito, que se ha demostrado que no representan —en su mayoría— riesgo a los satélites, estimándose que la “basura” natural espacial podría ocasionar la pérdida de un satélite cada veinte años. *Cf.* National Security Technology Accelerator, “Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)”, California, última actualización: 7 de marzo de 2023, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://nstxl.org/space-situational-awareness-and-space-traffic-management/>

satélites en desuso y objetos liberados durante las misiones espaciales, y, por otra parte, la basura espacial también es generada por fragmentación intencional y no intencional o accidental.⁴²⁸

La fragmentación se da por múltiples razones, entre las que se encuentran: 1) la colisión accidental entre satélites, entre satélites y desechos, entre objetos en el espacio; 2) la deliberada, que desprende de manera intencional elementos de los satélites y naves por detonación (por ejemplo, satélites que fueron diseñados para explotar en caso de que no pudieran regresar a la atmósfera, satélites destruidos por pruebas militares); 3) las explosiones causadas por el combustible o energía en los satélites/cohetes en desuso; 4) los desprendimientos no intencionales de elementos de los satélites/cohetes.⁴²⁹

Se han realizado esfuerzos por tener un catálogo de los desechos espaciales y rastrearlos. Sin embargo, se estima que los 20,000 objetos de basura espacial catalogados no representan ni el 0.02% de la basura total.⁴³⁰

La mayoría de los desechos espaciales catalogados son de fragmentación de las naves espaciales y de las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento (véase cap. cuarto, III.3), y se estima

⁴²⁸ Clormann, Michael y Klimburg-Witjes, Nina, “Troubled Orbits and Earthly Concerns: Space Debris as a Boundary Infrastructure”, *Science, Technology, & Human Values*, Londres, núm. 5, vol. 47, junio de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1177/01622439211023554>, pp. 960-985, pp. 961 y 966; Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA), *Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*, UNOOSA, Viena, 2010, disponible en: https://www.unoosa.org/pdf/publications/st_space_49E.pdf, numeral 1; Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 6: the history of space debris creation”, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, última actualización: 10 de febrero de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>

⁴²⁹ Artículo 1 de las Directrices contra la Basura Espacial; Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 6:..., cit.

⁴³⁰ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 34.

que en un futuro la basura espacial se formará en gran medida por los fragmentos generados por colisiones.⁴³¹

La basura espacial pone en riesgo la vida humana en casos de naves espaciales tripuladas y estaciones espaciales (estación espacial internacional o ISS, por sus siglas en inglés de *International Space Station*), al tiempo que representan una amenaza para los satélites en operación por el riesgo de colisión.⁴³²

De hecho, se estima que la principal amenaza a la sostenibilidad de largo plazo de las operaciones espaciales es precisamente la acumulación de basura espacial.⁴³³

Por más pequeños que sean los desechos espaciales, pueden generar desde indisponibilidad de los servicios hasta la total destrucción de un satélite o nave espacial. Lo anterior, debido a que los desechos espaciales viajan a muy altas velocidades,⁴³⁴ por lo cual una partícula de un cm viajaría a 10 km/segundo, pudiendo el impacto de esa partícula ser equivalente a un choque de un auto pequeño a cuarenta km/hr.⁴³⁵ Más aún, la basura espacial también puede impactar a una nave espacial que está yendo a colocarse en su órbita.⁴³⁶

⁴³¹ Directrices contra la Basura Espacial, numeral 1, y directriz 5.

⁴³² En un estudio que incluyó entrevistas a distintas personas especialistas en temas del espacio, se expresaron preocupaciones respecto a que la basura espacial podría generar indisponibilidad de infraestructura para comunicaciones y observación de la Tierra. Adicionalmente, una persona entrevistada destacó que el problema de la basura espacial es uno global, sin importar si es un par de países o empresas privadas las que generan ingentes cantidades de basura. Clormann, Michael y Klimburg-Witjes, Nina, *op. cit.*, pp. 969 y 971.

⁴³³ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 14.

⁴³⁴ Clormann, Michael y Klimburg-Witjes, Nina, *op. cit.*, pp. 961 y 962.

⁴³⁵ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 7: the impact of space debris creation”, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, última actualización: 10 de febrero de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>

⁴³⁶ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 25.

- El primer accidente verificado entre un satélite funcionando (Cerise) y un objeto espacial catalogado (desechos del cohete Ariane lanzado en 1986) ocurrió en 1996, y dejó severamente afectado al satélite Cerise.⁴³⁷
- El satélite chino de clima Feng-Yun-1C lanzado al espacio en 1999 fue destruido en una prueba antisatélite por el gobierno de China en 2007, lo que generó miles de fragmentos de basura espacial, y que se considera el evento que más fragmentos ha generado.⁴³⁸
- El accidente de los satélites de comunicaciones Cosmos 2251 (en desuso) e Iridium 33 (en servicio) en 2009 a una velocidad relativa de 11.7 km/segundo⁴³⁹ creó más de 140,000 fragmentos de basura espacial, con lo cual se incrementó de manera importante la basura espacial.⁴⁴⁰
- Rusia llevó a cabo una prueba antisatélite (*antisatellite test*) de armas sobre un satélite ruso en desuso (Cosmos 1408) lanzado en 1982, que fue destruido (noviembre de 2021). Los tripulantes de la ISS tuvieron que resguardarse.⁴⁴¹
- La Estación Espacial Internacional que está en una órbita LEO a una altitud de 400 km, sólo en 2022 tuvo que maniobrar tres veces para evitar ser impactada por basura espacial.⁴⁴²

⁴³⁷ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 7:...”, *cit.*

⁴³⁸ Byers, Michael y Boley, Aaron, *op. cit.*, pp. 326 y 327.

⁴³⁹ *Idem.*

⁴⁴⁰ Clormann, Michael y Klimburg-Witjes, Nina, *op. cit.*, pp. 961 y 962.

⁴⁴¹ Gohd, Chelsea, “Russian anti-satellite missile test draws condemnation from space companies and countries”, *space.com*, última actualización 10 de agosto de 2022, última consulta: 5 de junio de 2023, disponible en: <https://www.space.com/russian-anti-satellite-missile-test-world-condemnation>.

⁴⁴² Desde 1999, la EEI ha tenido que maniobrar 33 veces para evadir basura espacial. Sin embargo, con el crecimiento de la basura espacial es probable que dichos eventos sean más recurrentes. NASA Orbital Debris Program Office, “Two More On-orbit Fragmentations in 2022”, *Orbital Debris: Quarterly News*, Texas, núm. 1, vol. 27, marzo de 2023, disponible en: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv27i1.pdf>, p. 2. Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 27.

La basura espacial identificada proviene principalmente de China, Estados Unidos y Rusia.⁴⁴³

Con los sistemas de conciencia situacional espacial o *Space Situational Awareness* (véase la sección III de este capítulo) se puede realizar una aproximación a la cantidad de objetos de basura espacial.

La basura espacial continuará incrementándose debido tanto al número de satélites de las constelaciones en órbitas LEO como a los satélites pequeños y satélites con misiones de corta duración del sector académico,⁴⁴⁴ así como por el mayor número de actores espaciales del sector privado, la participación constante de los países con una larga historia de actividades espaciales y de aquellos que recién ingresan a estas, la multiplicidad de actividades en el espacio que van, desde las tradicionales de observación de la Tierra y comunicaciones, hasta el turismo espacial.⁴⁴⁵

Para reducir la basura espacial, las Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales de la COPUOS (Directrices contra la Basura Espacial) identifican medidas en distintas etapas, como: 1) en la planeación de la misión, 2) durante el diseño y fabricación de satélites y vehículos de lanzamiento, y 3) en la etapa operacional (lanzamiento-misión-disposición final) (Directrices contra la Basura Espacial).⁴⁴⁶

Colisiones. Una de las preocupaciones principales de la basura espacial es el riesgo de colisión en el espacio con otros satélites en operación, que incluso pueden llegar a ser destruidos, así como los daños que los desechos espaciales pueden causar si no se desintegran al entrar a la Tierra.⁴⁴⁷

⁴⁴³ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 21.

⁴⁴⁴ En el sector académico se están utilizando los Cubesats en la órbita LEO, y muchos, al no traer propulsión no pueden desorbitarse. *Ibidem*, p. 17.)

⁴⁴⁵ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 2.

⁴⁴⁶ Dentro de las medidas de largo plazo se encuentran la disposición de los objetos espaciales al final de su vida útil. Directrices contra la Basura Espacial, numeral 1.

⁴⁴⁷ Directrices contra la Basura Espacial, numeral 1; Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 171.

Debe señalarse que algunas partes de los satélites pueden protegerse con escudos, por ejemplo, pero otras partes no, como es el caso de los paneles solares, a los cuales es más difícil de protegerlos de una posible colisión con basura espacial.

La Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) recomendó incluir tecnología para desorbitar y para evitar colisiones, sin que exista una buena implementación de estas sugerencias del IADC debido a los costos.⁴⁴⁸

Para evitar colisiones, se requiere de comunicación constante y cooperación de los actores espaciales, además de mejorar la Conciencia Situacional del Espacio. Byers y Boley argumentan que se requiere una acción decidida y fuerte de la mayor parte de los Estados nación para asegurar la adopción de las mejores prácticas para evitar colisiones y evitar que éstas se tengan que hacer obligatorias después de que ocurra un accidente mayor, como fue el caso del desastre de derrame de petróleo de Exxon Valdez. Dichos autores recuerdan que las colisiones con las megaconstelaciones satelitales son totalmente probables.⁴⁴⁹

Pasivación. En cuanto a evitar la explosión de un objeto espacial en desuso, se ha acostumbrado realizar la pasivación, en la cual el objeto espacial descarga el combustible y las fuentes de energía que tiene para evitar que explote y genere fragmentos espaciales.⁴⁵⁰

Síndrome de Kessler. Los desechos espaciales o basura espacial pueden generar más desechos, que a su vez pueden ocasionar un

⁴⁴⁸ En cuanto a la implementación de tecnología para desorbitar y evitar colisiones que añade costos a la fabricación de los satélites, Byers y Boley recuerdan que la IADC señaló una baja implementación en 2017 y, aun cuando en 2022 la FCC reportó una mejora en las métricas de la disposición al final de la vida útil de los satélites, eso quizá se deba a las prácticas internas de SpaceX y al número de sus satélites que pueda estar diluyendo la métrica y ocultando la tasa de no cumplimiento. Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, pp. 79 y 80.

⁴⁴⁹ Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, pp. 55, 59, 90 y 91.

⁴⁵⁰ Federal Aviation Administration (EUA), *Launch activity and orbital debris mitigation: second quarter 2002 – Quarterly Launch Report*, Washington D. C., 2002, disponible en: https://rosap.nsl.bts.gov/view/doi/15757/doi_15757_DS1.pdf.

efecto en cascada de colisiones que generen más y más basura espacial, hasta imposibilitar las actividades en el espacio, a lo cual se le conoce como el “síndrome de Kessler”.⁴⁵¹

De acuerdo con Undseth *et al.*, de darse el síndrome de Kessler, las órbitas que podrían ser más afectadas son las LEO entre 650-1,000km y hacia los 1,400 km, donde están los cinturones más densos de basura espacial, aun cuando también existe concentración de basura espacial en la órbita MEO entre los 19,000 y 23,000 km y en la órbita cementerio.⁴⁵²

Costos de la basura espacial. La protección contra la basura espacial y el reducirla tiene costos, que se están incrementando. En especial el costo de lidiar con la basura espacial tanto al planear una misión como en la operación del día a día.

Undseth *et al.* refieren que algunos operadores de la órbita GEO estiman que las medidas de protección y mitigación pueden representar entre 5-10% de los costos de la misión, en tanto que los costos en la parte alta de las órbitas LEO pueden ser más altos.⁴⁵³

En cualquier órbita, los costos de reemplazo de una nave espacial y los relacionados con los retrasos y pérdida de información son las consecuencias más directas de una colisión fatal con basura espacial. Sin embargo, hay también una multitud de otros costos que pueden afectar negativamente la masa y consumo de combustible de la nave espacial y por tanto los costos de lanzamiento y la duración de la vida operacional de la misión. Esto incluye las medidas para evitar impactos o medidas para reducirlos (por

⁴⁵¹ Síndrome de Kessler toma el nombre del científico de la NASA Donald Kessler, cuyo artículo en coautoría con Burton Cour-Palais titulado “Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt” de 1978, contribuyó al establecimiento en 1979 de la Oficina del Programa de Desechos Espaciales (*Orbital Debris Program Office*) de la NASA. Wall, Mike, “Kessler Syndrome and the space debris problem”, *Space.com*, Nueva York, última actualización: 14 de julio de 2022, consulta: 07 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.space.com/kessler-syndrome-space-debris>.

⁴⁵² Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, pp. 19 y 26.

⁴⁵³ *Ibidem*, pp. 7 y 22.

ejemplo, escudos, maniobras para evadir basura), así como medidas de mitigación de basura (por ejemplo, autorización para [usar] una órbita [orbit clearance], descargar el combustible restante) y otras consideraciones que alteran el diseño de la nave espacial (National Research Council, 2011). También están todos los demás costos asociados con vigilancia, rastreo y de dar información sobre basura.⁴⁵⁴

En los costos de las maniobras para evadir una basura espacial están también el tiempo en que los instrumentos científicos se apagan y no pueden recopilar información.⁴⁵⁵

Asimismo, los costos sociales de la no disponibilidad de servicios espaciales y satelitales serían mayores para zonas rurales que dependen más de las comunicaciones vía satélite, además de impactar servicios gubernamentales.⁴⁵⁶

A reserva de analizar el marco jurídico aplicable a la basura espacial, debe tenerse presente que existen fragmentos que son

⁴⁵⁴ “On any orbit, spacecraft replacement costs and related delays and data loss is the most direct consequence of a fatal collision with space debris. However, there are also multiple other costs that can negatively affect spacecraft’s mass and fuel consumption and hence launch costs and the length of the operational mission life. This includes impact avoidance or reduction measures (e. g. shielding, debris avoidance manoeuvres), as well as debris mitigation measures (e. g. orbit clearance, venting of residual fuel) and other considerations that alter the spacecraft’s design (National Research Council, 2011). There are also all the costs associated with debris surveillance, tracking and reporting”. *Ibidem*, p. 22 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

National Science and Technology Council (EUA), *National Low Earth Orbit Research and Development Strategy*, Washington D. C., marzo de 2023, disponible en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/NATIONAL-LEO-RD-STRATEGY-033123.pdf>.

⁴⁵⁵ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 3: the cost of avoiding collisions”, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, última actualización: 10 de febrero de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>

⁴⁵⁶ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 25.

basura espacial, que pueden ser de un milímetro y tener el potencial de generar daños a los satélites y estaciones espaciales.⁴⁵⁷ Por lo que identificar quién es el propietario de la basura espacial puede llegar a ser una labor imposible, al no poder saber a ciencia cierta de qué objeto se desprendió o de qué colisión surgió esa basura.⁴⁵⁸

1. *Cementerios y desintegración de objetos espaciales*

Cuando los objetos espaciales entran a la atmósfera de la Tierra, la fricción y el calentamiento pueden hacer que aquéllos se desintegren. Además, la altitud de la órbita en la que se encuentre el objeto espacial y el arrastre atmosférico condicionarán el tiempo en el cual el objeto regresará a la Tierra.

LEO, desintegración y cementerio. Un satélite a 500 km de altitud tardaría en regresar a la Tierra menos de veinticinco años; uno a 800 km tomaría entre cien y ciento cincuenta años; mientras que uno a 1,200 km de altitud podría tardar unos dos mil años.⁴⁵⁹

Para satélites en órbitas LEO, cuando el objeto espacial entra a la Tierra se puede desintegrar; sin embargo, puede haber partes que no se desintegren, por lo que deben rastrearse y enviarse para que caigan en zonas deshabitadas.

⁴⁵⁷ La NASA estima que hay aproximadamente cien millones de objetos de basura espacial de un milímetro o más, así como quinientos mil objetos de basura espacial de más de un centímetro. NASA, “Space Debris and Human Spacecraft”, Space Station, Texas, última actualización: 26 de mayo de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html

⁴⁵⁸ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 20.

⁴⁵⁹ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 2: falling to Earth takes a long time”, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, última actualización: 10 de febrero de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>

Al polo de inaccesibilidad del océano Pacífico sur (cerca del Punto Nemo), que está a 2,688 km de cualquier Tierra habitada, se le conoce como el “cementerio de naves espaciales”.⁴⁶⁰

El cementerio de naves espaciales debe estar generando impacto al medio ambiente marítimo, por lo que no puede asumirse que la afectación sea nula o mínima, sino que se trasladó contaminación espacial al fondo de nuestros océanos con las consecuencias que ello acarrea.

GEO y órbita cementerio. Un satélite en la órbita GEO, al no ser arrastrado a la Tierra debido a la gravedad, podría quedarse indefinidamente en dicha órbita, así que se opta por desorbitarlo (quitarlo de la órbita GEO) y colocarlo en una órbita de retiro permanente u órbita cementerio.⁴⁶¹ Lo anterior es porque dada la altitud a la que está la órbita GEO (35,786 km), sería impráctico y costoso buscar reingresar un satélite de la órbita GEO a la Tierra.

Así que al final de la vida útil de un satélite, si se trata de uno en la órbita GEO, se envía a una órbita más arriba que la GEO, donde no estorba para la ocupación de la propia órbita GEO.⁴⁶²

⁴⁶⁰ Abbany, Zulfikar, “Cementerio espacial marino: cohetes, satélites y estaciones terminan en el fondo del mar”, DW, Berlín, última actualización: 17 de mayo de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.dw.com/es/cementerio-espacial-marino-cohetes-sat%C3%A9lites-y-estaciones-terminan-en-el-fondo-del-mar/a-57562297>

Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 5: the role of reentries”, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, última actualización: 10 de febrero de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>

⁴⁶¹ Oficina para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA) y European Space Agency, “Infographic 2:..., *cit.*; Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 19.

⁴⁶² RIA Novosti, “Así muere un satélite – infografía”, Satelital-Móvil, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.satelital-movil.com/2013/08/asi-muere-un-satelite-infografia.html>

NASA, “¿A dónde van los satélites viejos cuando mueren?”, última actualización: 31 de octubre de 2022, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://spaceplace.nasa.gov/spacecraft-graveyard/sp/>

Ello no debe interpretarse como que el satélite pierda su carácter de basura espacial.

2. *Servicios en órbita y remoción de basura*

Una vez puestos en órbita, no había sido posible reparar los satélites ni servirles combustible, por ejemplo. Hoy gracias a la investigación y el desarrollo tecnológico, existe un incipiente mercado para prestar servicios en órbita que podría extender la vida útil de satélites y estaciones espaciales. Dicha extensión de vida útil también contribuye a la sostenibilidad del espacio.

Los servicios en órbita comprenden “el prestar servicios a plataformas espaciales (por ejemplo, satélites, estaciones espaciales) para abastecerlas de consumibles y degradables (por ejemplo, propelentes, baterías, paneles solares); reemplazar funcionalidades que hayan fallado; y/o mejorar la misión a través de actualizaciones de *software* y *hardware*”.⁴⁶³

En un futuro el diseño de los satélites puede convertirse en más modular, y de esta manera aprovechar las posibilidades de servicios en órbita.⁴⁶⁴

Rendezvous y operaciones de proximidad. Si bien no existe una definición internacional del rendezvous o encuentro espacial y de las operaciones de proximidad, ambos se refieren a maniobras orbitales de dos estaciones espaciales en las cuales se acercan a una distancia corta.⁴⁶⁵

⁴⁶³ “In-orbit servicing involves a number of complex operations in space: the servicing of space platforms (*e. g.* satellite, space station) to replenish consumables and degradables (*e. g.* propellants, batteries, solar array); replacing failed functionality; and/or enhancing the mission through software and hardware upgrades”. Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 48 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁴⁶⁴ *Idem.*

⁴⁶⁵ Johnson, Kaitlyn, *Rendezvous and Proximity Operations*, Center for Strategic and International Studies (CSIS), Washington, D. C., 2020, disponible en: <https://www.jstor.org/stable/resrep26047.7>, p. 18. Malloyan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, p. 160.

El rendezvous y las operaciones de proximidad permiten “actividades tales como la inspección remota, el abastecimiento de combustible, la reparación, la reposición de piezas, así como [servicios de] mantenimiento en órbita o transferencia de órbita y la desorbitación de una nave espacial”.⁴⁶⁶

Remoción activa de basura. La remoción activa de basura espacial podría llegar a ser otra medida para contribuir a la sostenibilidad a largo plazo del ambiente espacial. Esta tarea presenta muchos retos. “Involucra operaciones de proximidad de lejos y de cerca, navegación relativa, así como rendezvous (encuentro espacial) y acoplamiento con plataformas espaciales (que no cooperan) que se mueven a velocidades de varios kilómetros por segundo, capturar la carga útil y removerla de la órbita”.⁴⁶⁷

Enseguida se presenta la tabla sobre los impactos y costos presentes y potenciales a futuro de los desechos espaciales.⁴⁶⁸

⁴⁶⁶ “Activities, such as remote inspection, refueling, repair, parts replenishment, as well as orbit maintenance or orbit transfer and the de-orbiting of spacecraft”, Corbin, Benjamin *et al.*, *Global Trends in on Orbit Servicing, Assembly and Manufacturing (OSAM)*, Institute for Defense Analyses – Science & Technology Policy Institute, Virginia, 2020, disponible en: <https://www.ida.org/-/media/feature/publications/g/gl/global-trends-in-on-orbit-servicing-assembly-and-manufacturing-osam/d-13161.ashx>, citado por Mallowan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, p. 160 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁴⁶⁷ “It involves far- and close- proximity operations, relative navigation, as well as rendezvous and docking with (non-co-operating) space platforms moving at speeds of several kilometres per second, capturing the payload and removing it from orbit”. Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 32.

⁴⁶⁸ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 22-23, Tabla 3.1 [traducción al español por Clara-Luz Álvarez].

<i>Periodo de tiempo</i>	<i>Tipo del costo / impacto</i>	<i>Descripción</i>
Impactos actuales	Daño relacionado con desechos	Pérdida de funcionalidad o pérdida total de satélites. Muchos incidentes no son reportados.
	Diseño de satélite y constelación	Los costos asociados con la protección de escudos a los satélites, con las capacidades para evadir colisiones, modos seguro (<i>safehold</i>) y redundancias (por ejemplo, lanzamiento de satélites extra de repuesto). Constelaciones satelitales crecientemente incluyen repuestos para la resiliencia del sistema, pero esta solución frecuentemente se convierte en parte del problema.
	Costos de operación	Costos de actividades de conciencia situacional del espacio (SSA)
	Costos de despejar la órbita	En la órbita geoestacionaria: relativamente bajas, equivalente a casi tres meses de mantenimiento en órbita (<i>station-keeping</i>). En la órbita baja arriba de 650 km de altitud: muy altos y requiriendo subsistemas específicos para satélite (computadoras a bordo).
	Costos de seguros	En general, uso limitado de seguros en órbita por parte de los operadores para desechos espaciales. Las colisiones por desechos espaciales se han considerado históricamente como de baja probabilidad y que no afectan las pólizas de seguros.
Potenciales impactos a futuro	Pérdida de aplicaciones y funcionalidades únicas	Las observaciones desde el espacio desde algunas órbitas de las más vulnerables a desechos espaciales son frecuentemente la mejor o la única fuente de información y señales en su ámbito. Esto aplica en particular para los satélites de clima en órbita polar y de observación de la Tierra. La pérdida de la observación desde satélites de clima en órbita polar afectaría fuertemente al hemisferio sur, donde hay menos observaciones terrestres.

<i>Periodo de tiempo</i>	<i>Tipo del costo / impacto</i>	<i>Descripción</i>
Potenciales impactos a futuro	Pérdida de vidas	La Estación Espacial Internacional está ubicada a 400 km de altitud. Aun cuando los desechos a esta altitud se desintegran naturalmente, de cualquier manera representan una amenaza real de colisión.
	Interrupción de series de tiempo para investigaciones de ciencias de la Tierra y del clima	Tener series de tiempo ininterrumpidas es crucial para la exactitud y confiabilidad de la predicción del estado del tiempo [climático] y para la elaboración de modelos de clima.
	Pausa al crecimiento económico y desaceleración en las inversiones en el sector	La banda ancha vía satélite es ampliamente considerada como un factor fundamental para las actividades espaciales y para [generar] ganancias en las próximas décadas. Más de diez constelaciones satelitales de banda ancha están en diversas etapas de desarrollo. Prácticamente todos los servicios de comunicaciones desde LEO se afectarán, en órbita y/o durante la colocación en órbita, ya que la mayoría de las constelaciones están ubicadas cerca o arriba de los cinturones más gruesos de desechos. Acceso limitado a capital de riesgo, con inversionistas que prefieren alternativas terrestres más asequible y menos riesgosas.
Potenciales impactos a futuro	Efectos distributivos	La pérdida o afectación de ciertas órbitas bajas puede impactar más fuertemente a zonas residenciales con baja densidad y a países de bajos ingresos.

FUENTE: Tabla 3.1 de Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, OECD Publishing, pp. 22 y 23 [traducción al español por Clara-Luz Álvarez].

III. CONCIENCIA SITUACIONAL ESPACIAL Y TRÁNSITO SEGURO

La Conciencia Situacional Espacial (SSA por sus siglas en inglés de *Space Situational Awareness*), es “el conocimiento del ambiente espacial, incluyendo la ubicación y función de los objetos en el espacio y los fenómenos del clima espacial”.⁴⁶⁹

La SSA utiliza sistemas tanto para la vigilancia y monitoreo de los objetos espaciales como para el monitoreo y pronóstico del clima espacial y el monitoreo de objetos de la naturaleza cercanos a la Tierra.⁴⁷⁰

- *Objetos artificiales espaciales.* Éstos pueden ser objetos que estén funcionando o tratarse de basura espacial.
- *Clima espacial.* Éste se refiere al ambiente entre el Sol, la Tierra y el sistema solar, que puede tener repercusiones en la Tierra, siendo los fenómenos del Sol (por ejemplo, eyecciones de masa coronal, vientos solares) las que pueden acarrear mayores afectaciones.⁴⁷¹
- *Objetos de la naturaleza cercanos a la Tierra (Near-Earth objects).* Estos son asteroides y cometas.⁴⁷²

El uso militar de sistemas de SSA es parte importante de la seguridad nacional para países que cuentan con dichos sistemas,

⁴⁶⁹ “Space Situational Awareness (SSA) refers to the knowledge of the space environment, including location and function of space objects and space weather phenomena”, European Union Satellite Centre, “Space Situational Awareness (SSA)”, SSA, Madrid, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.satcen.europa.eu/page/ssa> [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁴⁷⁰ *Idem.*

⁴⁷¹ National Oceanic and Atmospheric Administration, “What is space weather?”, Education and Outreach, Broadway, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.swpc.noaa.gov/content/education-and-outreach> Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, *op. cit.*

⁴⁷² European Space Agency, “Near-Earth Objects – NEO Segment”, Space Safety, París, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: https://www.esa.int/Space_Safety/Near-Earth_Objects_-_NEO_Segment.

al permitirles tanto monitorear las actividades de sus adversarios en el espacio como para recopilar información relevante de los activos de otras naciones, así como para identificar lanzamientos no anunciados, para labores de inteligencia y detectar contra-inteligencia de otros países.⁴⁷³

Debido a que gobiernos, empresas espaciales y de comunicación vía satélite, así como organizaciones y la academia pueden tener diferente información que por sí misma resultaría incompleta para una debida administración del tráfico espacial, es indispensable el esfuerzo conjunto.⁴⁷⁴ Con el crecimiento exponencial de constelaciones satelitales en la órbita LEO (por ejemplo, Starlink), la mejora en la detección y alertas a los sistemas satelitales a través de los SSA se convierte en uno de los principales retos.⁴⁷⁵

Ahora bien, la sostenibilidad del espacio necesita de gestión del tráfico espacial (STM, por sus siglas en inglés de *Space Traffic Management*). Tómese como ejemplo el caso de la estación espacial china Tiangong, que tuvo que realizar maniobras para evitar colisión con satélites de Starlink en 2021.⁴⁷⁶ Aun cuando hay diferentes posiciones en torno a lo que debe ser e incluir un sistema de gestión del tráfico espacial,⁴⁷⁷ se pueden tomar las siguientes definiciones:⁴⁷⁸

⁴⁷³ National Security Technology Accelerator, *op. cit.*

⁴⁷⁴ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 33.

⁴⁷⁵ *Ibidem*, p. 25.

⁴⁷⁶ En este caso, China señaló responsabilidad de Estados Unidos con base en el Tratado del Espacio. Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, p. 57.

⁴⁷⁷ Para más información con relación a los conceptos y definiciones de gestión del tráfico espacial, véase Verspieren, Quentin, “Space Traffic Management: A brief history”, *Space Policy*, Londres, London School of Economics and Political Science, vol. 58, noviembre de 2021, disponible en: <https://www.lse.ac.uk/ideas/projects/space-policy/publications/A-Brief-History-of-Space-Traffic-Management>.

⁴⁷⁸ Mallowan *et al.* comentan con relación a la gestión del tráfico espacial y la posible necesidad de establecer zonas de seguridad en ciertos casos, abordando también las cuestiones jurídicas que se presentan. Mallowan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, pp. 155-166.

La Gestión de Tráfico Espacial (STM) comprende los medios y las reglas para el acceso, para conducir actividades y para regresar del espacio de manera segura y sostenible.⁴⁷⁹

La gestión de tráfico espacial significa una serie de disposiciones técnicas y regulatorias para promover el acceso seguro al espacio, las operaciones en el espacio y el regreso del espacio a la Tierra libre de interferencia física o de radiofrecuencia.⁴⁸⁰

En la Unión Europea está el programa SSA, que incluye el Sistema de Vigilancia y Rastreo (*Space Surveillance and Tracking*) con servicios para evitar una colisión entre estaciones espaciales y entre éstas y la basura espacial, para evaluar el riesgo de objetos que entran a la Tierra sin control, y para identificar fragmentaciones en órbita.⁴⁸¹

En Estados Unidos está la red para la vigilancia espacial (*Space Surveillance Network*), con la encomienda de identificar objetos espaciales y proveer información a múltiples usuarios. Esta red cuenta con radares y telescopios terrestres y otros en satélites, los cuales recopilan información, para posteriormente ser procesada y producir información de interés.⁴⁸²

⁴⁷⁹ “Space Traffic Management (STM) encompasses the means and the rules to access, conduct activities in, and return from outer space safely, sustainably and securely”, Verspieren, Quentin, *op. cit.* [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁴⁸⁰ “Space traffic management means the set of technical and regulatory provisions for promoting safe access into outer space, operations in outer space and return from outer space to Earth free from physical or radio-frequency interference [12]”; *idem* [traducción de Clara-Luz Álvarez].

Contant-Jorgenson, Corinne *et al.*, *Cosmic Study on Space Traffic Management*, International Academy of Astronautics, París, 2006, disponible en: https://www.black-holes.eu/resources/LAA_spacetrafficmanagement.pdf.

⁴⁸¹ European Union Satellite Centre, *op. cit.*

⁴⁸² Para la evolución de la *Space Surveillance Network* desde 1957 con información obtenida de documentos confidenciales que ya fueron desclasificados por el gobierno de Estados Unidos, véase National Security Archive, “What’s Up There, Where Is It, and What’s It Doing? The U.S. Space Surveillance Network”, Washington, D. C., última actualización: 13 de marzo de 2023, disponible en: https://nsarchive.gwu.edu/briefing-book/intelligence/2023-03-13/whats-there-where-it-and-whats-it-doing-us-space-surveillance#_edn1

Rusia cuenta también con una red militar de vigilancia espacial equivalente a la estadounidense.⁴⁸³

IV. ¿CUÁL ES EL MARCO NORMATIVO?

La sostenibilidad del espacio no está expresamente prevista en los tratados y convenios sobre el espacio, ya que cuando se aprobaron éstos, la sostenibilidad no era un concepto desarrollado, no se habían codificado las leyes ambientales ni se percibía como una prioridad o tema en aquella época.⁴⁸⁴

El marco normativo sobre sostenibilidad del espacio debe considerarse de una manera sistemática, que involucra los tratados y convenios del espacio y en materia ambiental, el derecho internacional, directrices (por ejemplo, Directrices contra la Basura Espacial, Directrices para la Sostenibilidad del Espacio), estándares técnicos (por ejemplo, estándares de ISO), resoluciones de la Asamblea General de la ONU,⁴⁸⁵ leyes de países con relación al espacio y otras normas.⁴⁸⁶

Los cambios que se están dando en el ecosistema espacial con el ingreso de múltiples actores del sector privado y grandes constelaciones de satélites parece exigir una adecuación de los tratados y convenios del espacio. No obstante ello, existe un cambio tecnológico constante, una dinámica en el ecosistema, ausencia de ciertas precisiones o definiciones (por ejemplo, límite de atmósfera-espacio), y eso ha hecho que no haya disposición de los países y actores del espacio para que los principios, directrices

⁴⁸³ Space Foundation Editorial Team, "Space Situational Awareness", Space Foundation, Colorado, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: https://www.spacefoundation.org/space_brief/space-situational-awareness/

⁴⁸⁴ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 4; Clormann, Michael y Klimburg-Witjes, Nina, *op. cit.*, p. 967; Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 166.

⁴⁸⁵ Bohlman y Petrovici afirman que las resoluciones de la Asamblea General de la ONU aunque no sean vinculantes, pueden llegar a ser derecho consuetudinario lo cual se decidirá caso por caso. Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 4.

⁴⁸⁶ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, pp. 29 y 30.

y normas de cumplimiento voluntario se conviertan en tratados y convenios obligatorios.⁴⁸⁷

En esta sección se presentan las cuestiones a debate en cuanto a sostenibilidad en el espacio, abriéndose en cada una de ellas nuevas líneas de investigación.

Tratados y sostenibilidad. Algunos artículos de los tratados y convenios del espacio se han identificado como que incorporarían implícitamente la sostenibilidad en el espacio, como:

- Exploración y utilización del espacio y cuerpos celestes en provecho e interés de todos los países, lo cual incumbe a toda la humanidad.⁴⁸⁸
 - Puede interpretarse que debe procurarse la sostenibilidad del espacio; de lo contrario, ni los países ni la humanidad podrán beneficiarse de las actividades espaciales.
- Las actividades espaciales deben realizarse de conformidad con el derecho internacional.
 - Dentro del derecho internacional está la protección al medio ambiente y la sustentabilidad, por lo cual sería aplicable también a las actividades espaciales.⁴⁸⁹
- La responsabilidad de los Estados por las actividades en el espacio propias y de sus nacionales.⁴⁹⁰
 - Esta responsabilidad puede entrañar también la relativa a la sostenibilidad en el espacio (por ejemplo, deber de mitigar la generación de basura espacial o removerla).⁴⁹¹

⁴⁸⁷ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 5.

⁴⁸⁸ Artículo I del Tratado del Espacio y artículo 4 del Acuerdo de la Luna.

⁴⁸⁹ Prasad, Deva, *op. cit.*, pp. 167 y 168.

⁴⁹⁰ Artículos VI y VIII del Tratado del Espacio y II y III de la Convención de Responsabilidad.

⁴⁹¹ Prasad argumenta que el Acuerdo de Salvamento implícitamente podría incorporar la sostenibilidad en el espacio, en tanto que el Convenio de Responsabilidad contemplaría de manera subyacente el principio del que la persona que contamina es la que debe pagar, y que dentro del término de daño estarían contemplados los daños al medio ambiente. Asimismo, este autor señala que

- Tener en cuenta los intereses de otros países.⁴⁹²
 - Es en el interés de todos los países la sostenibilidad del espacio, por lo cual si para las actividades espaciales se tienen en cuenta los intereses de otros países, entonces deberá procurarse la sostenibilidad por todos los medios posibles.
 - Byers y Boley consideran que la sostenibilidad requiere nuevas prácticas, como limitar el número de satélites que una sola compañía pueda lanzar, con la finalidad de incentivar que se busque incrementar la vida útil de los satélites.⁴⁹³
- La investigación espacial no debe producir contaminación nociva ni cambios desfavorables al medio ambiente de la Tierra⁴⁹⁴ ni perturbar el equilibrio de la Luna.⁴⁹⁵
 - Aun cuando la contaminación y los cambios desfavorables están relacionados con el medio ambiente de la Tierra, puede argumentarse que sin protección del ambiente del espacio cercano tampoco se puede proteger el medio ambiente de la Tierra.
 - En cuanto a la Luna y las afectaciones a su medio, eso cobra relevancia con las nuevas misiones a la Luna y la minería espacial; sin embargo, debe recordarse que el Acuerdo de la Luna sólo ha sido ratificado por dieciocho países, dentro de los cuales no están los países con más actividades espaciales, como China, Estados Unidos y Rusia, por ejemplo.

como el Convenio de Registro mandata que los Estados registren los objetos espaciales y se le dé publicidad, esta cooperación internacional y transparencia son equivalentes a la gobernanza y participación pública, que son parte de la sostenibilidad. Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 169.

⁴⁹² Artículo IX del Tratado del Espacio.

⁴⁹³ Byers, Michael y Boley, Aarón, *op. cit.*, p. 9.

⁴⁹⁴ Artículos XI del Tratado del Espacio y 7.1 del Acuerdo de la Luna.

⁴⁹⁵ Artículo 7.1 del Acuerdo de la Luna.

- Generaciones futuras. El Acuerdo de la Luna incorpora la consideración a las generaciones futuras, también a la exploración y utilización de la Luna, siendo el primer tratado espacial en el que aparece esa consideración.⁴⁹⁶

Prasad argumenta y sustenta en tratados internacionales y en el derecho internacional que la sostenibilidad del espacio es compatible y no entra en conflicto con el derecho internacional del espacio. Más aún, el autor destaca que la sostenibilidad, la equidad intrageneracional (generación actual) e intergeneracional (generaciones futuras), así como el principio de buena gobernanza y de participación pública están en línea con los tratados y principios del espacio. Además, Prasad propone que se incorpore la sostenibilidad de manera activa en los tratados (por ejemplo, Tratado del Espacio, Acuerdo de la Luna, Convenio de Responsabilidad). Además, dice que el concepto jurídico de sostenibilidad puede dar parámetros y fortaleza normativa para la sostenibilidad en el espacio, amén de que es un concepto que evoluciona y puede servir para el balance entre el desarrollo económico y la protección al medioambiente.⁴⁹⁷

Finalmente, se ha buscado equiparar la situación jurídica de los mares y océanos en el derecho internacional con el espacio exterior. Sin embargo, existen profundas diferencias entre el espacio exterior y los mares y océanos. Sólo a manera de ejemplo, mientras que los mares y los océanos pueden estar disponibles y al alcance de personas y países con distintos niveles de desarrollo y de sofisticación tecnológica, el espacio exterior aún es un ámbito reservado a unos cuantos países y empresas.

Espacio aéreo versus espacio exterior. Al no existir una definición exacta o de aceptación unánime en cuanto a lo que es el espacio aéreo y lo que es el espacio exterior en los tratados y

⁴⁹⁶ Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 5; Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 170.

⁴⁹⁷ Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 172.

convenios,⁴⁹⁸ las consecuencias jurídicas de actos y hechos en el espacio en cuanto a sostenibilidad del espacio pueden tenerse que resolver caso por caso.

Mallowan *et al.* presentan algunas preguntas, que bien pueden darse por esa falta de definición:

¿Cuándo es una nave espacial extranjera una intrusa en lugar de una observadora legal?... ¿Qué tan lejos deben los estados permitir que se extiendan sus fronteras a lo alto para proteger su espacio aéreo soberano? Y, ¿dónde deben esos mismos límites [de las fronteras] detenerse para proteger el bien común que es el espacio exterior?⁴⁹⁹

Basura espacial. Tampoco existe una definición única de basura espacial a nivel internacional. Esto hace que no sea clara y precisa la titularidad, propiedad y responsabilidad sobre cierta basura espacial.⁵⁰⁰

En este sentido, si con base en el Tratado del Espacio y el Convenio de Responsabilidad se requiere consentimiento del Estado que tiene registrado un objeto espacial,⁵⁰¹ ¿podría un tercer Estado, una empresa o un organismo internacional remover

⁴⁹⁸ La corriente espacialista propone trazar una línea arbitraria arriba del nivel del mar de la Tierra para separar lo que es el espacio aéreo del espacio exterior. La corriente funcionalista se basa en las características, funcionalidades y propósitos del vehículo para determinar si debe considerarse un vehículo aéreo y sujeto a la soberanía del espacio aéreo donde navega, o si es un vehículo espacial, mismo que estaría sujeto a los tratados y convenios del espacio. Bohlmann y Petrovici también reconocen la falta de una definición entre espacio aéreo y espacio exterior. Bohlmann, Ulrike y Petrovici, Gina, *op. cit.*, p. 3; Mallowan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, p.159.

⁴⁹⁹ "...when is a foreign spacecraft an intruder rather than a lawful observer?... how far ought states to be allowed to extend their upward boundaries to protect their sovereign airspace, and where should these same boundaries stop in order to protect the common good, which is outer space?", Mallowan, Lucas *et al.*, *op. cit.*, p. 159 [traducción de Clara-Luz Álvarez].

⁵⁰⁰ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, pp. 8 y 20.

⁵⁰¹ *Ibidem*, p. 33.

dicho objeto espacial que ya es basura sin infringir los tratados internacionales?

Responsabilidad. Un satélite puede fallar por diferentes causas; algunas pudieran ser imputables a una persona (por ejemplo, agresión intencional, colisión con un objeto espacial registrado a nombre de un país) y otras no (por ejemplo, fenómeno del clima del espacio). En algunos casos las causas de falla pueden ser plenamente identificables, mientras que en otras no, por lo que pueden darse tensiones y conflictos en Tierra por situaciones del espacio.⁵⁰²

Personas entrevistadas del sector espacial hicieron énfasis en la responsabilidad principal que deben tener actores espaciales tales como la NASA y Roscosmos para remover la basura espacial, al mismo tiempo de reforzar las obligaciones de quienes actualmente producen basura tanto de Estados nación como de empresas privadas. Una persona entrevistada propuso introducir como principio el de que “el que contamina paga”.⁵⁰³

Directrices. Las Directrices contra la Basura Espacial y la de Sostenibilidad del Espacio son compendios de medidas que se basan en las prácticas y normas de los distintos actores espaciales, las cuales se proponen para que los Estados y las organizaciones internacionales las adopten. Las Directrices son guías que carecen de obligatoriedad.

La efectividad de las Directrices es debatible,⁵⁰⁴ y su cumplimiento, insuficiente.⁵⁰⁵ Undseth *et al.* destacan en cuanto a las Directrices sobre Basura Espacial, que el cumplimiento de satélites en la órbita GEO para enviarlos a la órbita cementerio se cumple en un 80%, mientras que en los satélites en las órbitas LEO el cumplimiento es de casi 20% en las órbitas arriba de 650 km y de menos de 60% en órbitas más bajas, siendo el cumplimiento

⁵⁰² Secure World Foundation, *op. cit.*, p. 22.

⁵⁰³ Clormann, Michael y Klimburg-Witjes, Nina, *op. cit.*, p. 972.

⁵⁰⁴ Prasad, Deva, *op. cit.*, p. 171.

⁵⁰⁵ Undseth, M. *et al.*, *op. cit.*, p. 8.

menor en las LEO por ser más costosas las maniobras para la desorbitación.⁵⁰⁶

Las Directrices contra la Basura Espacial versan sobre limitar la basura espacial durante el funcionamiento normal de los objetos espaciales; minimizar los desprendimientos en las fases operacionales; reducir las probabilidades de colisión en el lanzamiento y mientras están en órbita los objetos espaciales; evitar la destrucción intencional de objetos espaciales y actividades perjudiciales; minimizar desintegraciones por energía almacenada, para lo cual se sugiere agotar o desactivar las fuentes de energía almacenadas al final de la misión (pasivación); al término de la misión de objetos espaciales (satélites, etapas de vehículos de lanzamiento), limitar su presencia en la órbita LEO y en aquellos que estuvieran en la órbita GEO, limitar la interferencia llevándolos a una órbita por encima de la órbita GEO.⁵⁰⁷

Las Directrices de Sostenibilidad del Espacio reiteran que éstas pueden ser aplicables a gobiernos y entidades no gubernamentales, nacionales e internacionales, así como para cualquier actividad espacial y en cualquiera de sus etapas.⁵⁰⁸ Además, también hacen énfasis en la cooperación internacional como la base para evaluar los efectos y la eficacia de las Directrices y para poder garantizar que cumplan con la sostenibilidad del espacio conforme evolucionen las actividades espaciales y los conocimientos de los factores que influyen en éstas.⁵⁰⁹

Las Directrices de Sostenibilidad del Espacio

- Sugieren cambios al marco regulatorio con normas que no sean tan “prescriptivas como para impedir iniciativas que contribuyan a la sostenibilidad a largo plazo”,⁵¹⁰ además de que se prevean periodos de transición con base en el nivel de desarrollo tecnológico.

⁵⁰⁶ *Ibidem*, pp. 8 y 31.

⁵⁰⁷ Directrices contra la Basura Espacial.

⁵⁰⁸ Directrices de Sostenibilidad del Espacio.

⁵⁰⁹ Directrices de Sostenibilidad del Espacio, numeral I, punto 20.

⁵¹⁰ Directriz A.1 de las Directrices de Sostenibilidad del Espacio.

- Se reitera que los objetos espaciales en la órbita LEO sean retirados, mientras los que están en la órbita GEO se pongan en una órbita más alta para evitar interferencias.
- Se solicita mejorar el registro de objetos espaciales, actualizar los datos y aumentar la exactitud de los datos orbitales.
- Se pide compartir información sobre vigilancia de desechos espaciales.
- De las conjunciones, efectuar las evaluaciones durante las fases orbitales de los vuelos controlados y elaborar enfoques prácticos para esas evaluaciones.
- Del clima espacial, se busca compartir datos y pronósticos, así como elaborar modelos y recopilar prácticas sobre la mitigación de los efectos del clima espacial.
- Sobre los objetos espaciales, se propone promover el diseño y funcionamiento para una mejor rastreabilidad y para reducir los desechos espaciales, así como adoptar medidas para enfrentar los riesgos cuando dichos objetos regresen a la Tierra de manera no controlada.
- En cuanto a cooperación internacional, se fomenta que busque la sostenibilidad del espacio exterior con participación de los sectores público, privado y académico; que compartan experiencias; desarrollen capacidades en los países desarrollados, así como que procuren que la información obtenida desde el espacio esté disponible para países afectados por desastres naturales u otras catástrofes.
- Se sugiere promover la investigación para la exploración y utilización sostenible del espacio, así como para desarrollar nuevas medidas para atender la problemática de la basura espacial.

CAPÍTULO OCTAVO

SATÉLITES EN MÉXICO: SU MARCO JURÍDICO

El derecho a ocupar una POG y otras órbitas satelitales tiene una dimensión internacional, que fue analizada en capítulos anteriores, por lo que ahora toca presentar el derecho aplicable en México.

Los sistemas de comunicación vía satélite son vías generales de comunicación sujetas a jurisdicción federal; las frecuencias que se ocupan en los enlaces ascendentes y descendentes son bienes de dominio de la nación; la comunicación vía satélite es un área prioritaria, y los servicios satelitales son servicios públicos de interés general. Todo lo cual tiene sustento en el marco jurídico mexicano.

Primeramente, se expone lo relativo a la naturaleza jurídica de los recursos orbitales, entendiéndose por estos tanto los enlaces ascendentes/descendentes como las POG u otras órbitas a las cuales México haya sido reconocido con el derecho de ocuparlas. En seguida, se presentarán los distintos títulos habilitantes (concesiones y autorizaciones), los procedimientos para obtenerlos, mencionando también lo relativo a los satélites de misiones de corta duración y las estaciones terrenas. Para finalizar este capítulo, se hace referencia a las autoridades involucradas en lo satelital y espacial, y a las facultades relevantes en la materia: el IFT, la SICT y la AEM.

I. RECURSOS ORBITALES

Los recursos orbitales son definidos por la LFTR como las POG u órbitas satelitales con sus respectivas bandas de frecuencias

asociadas,⁵¹¹ siendo de la mayor relevancia identificar cuál es su naturaleza jurídica con base en el marco jurídico mexicano.

1. *Espectro radioeléctrico*

El espectro radioeléctrico forma parte del espacio aéreo que está sobre el territorio nacional de los Estados Unidos Mexicanos,⁵¹² por lo cual es un bien de dominio de la nación,⁵¹³ que goza de las características de ser inalienable e imprescriptible.⁵¹⁴ El espectro radioeléctrico es considerado una vía general de comunicación, al igual que los sistemas satelitales.⁵¹⁵

México, en ejercicio de su rectoría, determina para qué servicios se utilizarán las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, si será a título primario o secundario. Esas decisiones de México se ven primeramente plasmadas en las actas de las CMR y, posteriormente, en el RR-UIT, donde México puede hacer reservas⁵¹⁶ de cuestiones que difieren a las acordadas por el resto de los países.

⁵¹¹ Artículo 3, fracción LV, de la LFTR.

⁵¹² Para más información sobre espectro radioeléctrico, consultar Álvarez, Clara Luz, *Telecomunicaciones y Radiodifusión...*, *cit.*, pp. 89-116.

⁵¹³ Artículos 27, párrafos cuarto y sexto, y 42, fracción VI, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; artículos 3, fracción I, 4 párrafos primero y segundo, y 6, fracción I, de la Ley General de Bienes Nacionales; y artículo 2, párrafo cuarto, de la LFTR.

⁵¹⁴ Enseguida doy una explicación simple de las características de inalienable e imprescriptible para una mejor comprensión de quienes no son abogadas ni estudiantes de derecho. El ser inalienable implica que no puede comprarse-venderse. La cualidad de imprescriptible quiere decir que no importa si una persona ocupa de manera permanente el bien de dominio de la nación, jamás podrá convertirse en propietaria del espectro.

⁵¹⁵ Artículo 4 de la LFTR.

⁵¹⁶ Las reservas serían el equivalente a manifestaciones hechas en relación con los servicios u otras características de determinadas frecuencias, en las cuales México difiere de lo acordado en la Región 2, a la que pertenece.

El espectro radioeléctrico se clasifica en:⁵¹⁷

- Determinado, que a su vez se puede utilizar para uso público, social, comercial o privado, previo otorgamiento de la concesión respectiva por parte del IFT.
- Libre, que permite a cualquier persona usarlo, debiendo observarse las condiciones técnico-operativas que en su caso establezca el IFT.
- Protegido, que es el que se utiliza para la radionavegación, los relacionados con la seguridad de la vida humana, o bien, que en tratados internacionales se le designe como espectro protegido.
- Reservado, el cual está formado por el espectro radioeléctrico que no ha sido designado ni determinado, ni libre, ni protegido.

El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) plasma los acuerdos internacionales y las consideraciones de prioridades nacionales mexicanas, señalando los tipos de servicios que pueden prestarse en cada banda, si lo son a título primario o secundario, si presentan observaciones y notas técnicas relevantes, así como los tratados internacionales bilaterales o multilaterales de los que México sea parte que refieran al espectro radioeléctrico.

En el CNAF se incluyen también referencias a las

...notas internacionales del RR [RR-UIT] correspondientes a la Región 2, [las cuales] aplicarán en los casos en los que no se contravenga la normativa vigente en el país, lo indicado en las atribuciones de la sección nacional, lo indicado en las notas nacionales o las acciones de planeación del espectro radioeléctrico que se sigan en el Instituto.⁵¹⁸

⁵¹⁷ Artículo 55 de la LFTR.

⁵¹⁸ Instituto Federal de Telecomunicaciones, "Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones actualiza el Cuadro Nacio-

El CNAF es la

Disposición administrativa que indica el servicio o servicios de radiocomunicaciones a los que se encuentra atribuida una determinada banda de frecuencias del espectro radioeléctrico, así como información adicional sobre el uso y planificación de determinadas bandas de frecuencias.⁵¹⁹

El IFT es la autoridad del Estado mexicano encargada de actualizar el CNAF periódicamente.

En el CNAF se incluye la tabla de atribuciones; en seguida se presenta un fragmento de ésta para efectos de ilustrarla:

nal de Atribución de Frecuencias”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2021.

⁵¹⁹ Artículo 3, fracción XVI, de la LFTR.

DERECHO SATELITAL Y DEL ESPACIO EXTERIOR

161

				<i>Internacional GHz</i>			<i>México GHz</i>
				<i>Región 1</i>	<i>Región 2</i>	<i>Región 3</i>	
SHF	3.4 - 3.6	3.4 - 3.5	3.4 - 3.5			3.4 - 3.5	
	Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.430A Radiolocalización	Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.431A 5.431B Aficionados Radiolocalización 5.433	Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil 5.432 5.432B Radiolocalización 5.433			Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Móvil Aficionados	
		5.282	5.282 5.432A			MX213 MX213A MX214	
		3.5 - 3.6	3.5 - 3.6			3.5 - 3.6	
		Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.431B Radiolocalización 5.433	Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.433A Radiolocalización 5.433			Fijo Fijo POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Móvil salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	
	5.431				MX213 MX213A MX214		

5.35 - 5.46	5.35 - 5.46
EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.448B RADIOLOCALIZACIÓN 5.448D RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.449 INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.448C	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA
	MX8 MX225 MX226

...

MX213. Los segmentos de frecuencias 3.45-3.600 GHz se encuentran actualmente concesionados para la prestación del servicio de acceso inalámbrico fijo.

MX213A. La banda de frecuencias 3.4-3.6 GHz está identificada para sistemas IMT, de conformidad con la Resolución 223 (Rev. CMR-19) y el número 5.431B del RR. Esta identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias por cualquier aplicación de otros servicios a los que está atribuida ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

MX214. Las bandas de frecuencias 3.400-3.700 GHz (espacio-Tierra) y 6.425-6.725 GHz (Tierra-espacio) son empleadas por el sistema satelital del gobierno federal en la posición orbital geoestacionaria 114.9° Oeste, para la provisión del servicio fijo por satélite.

...

MX225. La banda de frecuencias 5.35-5.46 GHz se encuentra atribuida a título primario a los servicios de radionavegación aeronáutica y exploración de la Tierra por satélite. En virtud de que dichos servicios se consideran relacionados con la seguridad de la vida humana, esta banda de frecuencias se clasifica como espectro protegido. Asimismo, el servicio de radionavegación aeronáutica en la banda de frecuencias 5.35-5.47 GHz se encuentra destinada para su uso por radares aeroportados y radiobalizas de a bordo asociadas, de conformidad con el número 5.449 del RR. La utilización de esta banda de frecuencias por los servicios de investigación espacial y radiolocalización no deberá causar interferencias perjudiciales a la operación de los servicios de radionavegación aeronáutica y exploración de la Tierra por satélite, ni deberá reclamar protección contra interferencias perjudiciales provenientes de dichos servicios...”.

FUENTE: CNAF.

2. *Órbitas satelitales*

El derecho para que México ocupe una POG o para que despliegue satélites en otras órbitas satelitales proviene de la realización exitosa del procedimiento ante la UIT, que concluye con el registro en el MIFR bajo la bandera mexicana del sistema satelital, lo cual le otorga reconocimiento internacional (véase el cap. sexto, I).

A diferencia del espectro radioeléctrico sobre el territorio mexicano, que es un bien de dominio de la nación, el derecho a ocupar una POG o hacer uso de otras órbitas satelitales no es propiamente un bien de la nación, ni tampoco puede estimarse como un derecho irrestricto, ni sometido a la soberanía del Estado mexicano.

Podría equipararse a un derecho de uso de un recurso de la naturaleza que se estima como de la humanidad y sujeto al derecho internacional. Esto es, la UIT al concluir favorablemente el procedimiento de registro del sistema satelital de que se trate, le reconoce al Estado mexicano el derecho a instalarlo con base en las características y condiciones técnico-operativas que están incluidas en el expediente satelital de la UIT.

Ese derecho trae aparejadas obligaciones, como:

- El deber de colocar un satélite en un tiempo máximo.
- La obligación de realizar las gestiones de coordinación bajo principios de colaboración y de buscar soluciones para la coexistencia de otros sistemas satelitales, por ejemplo (véase cap. sexto, III).

Ese derecho de uso puede perderse por incumplir con los plazos previstos para colocar y poner en servicio los satélites respectivos conforme al RR-UIT y sus resoluciones.

II. CONCESIONES Y AUTORIZACIONES

Los títulos habilitantes relacionados con sistemas satelitales en México son:

- Las concesiones para los sistemas satelitales nacionales
- Las autorizaciones para los sistemas satelitales extranjeros. Éstas permiten el aterrizaje de señales (*landing rights*), lo cual implica el derecho de emisión y recepción de señales de satélites extranjeros y hacia ellos, con la utilización respectiva en la República mexicana de las bandas de frecuencia asociadas (enlaces ascendentes y descendentes).

Adicionalmente a las concesiones de recursos orbitales, para la prestación de servicios públicos (por ejemplo, provisión de capacidad satelital, telefonía móvil satelital, televisión por satélite) se requiere obtener la llamada concesión única, que se explica más adelante.

1. *Sistemas satelitales nacionales*

Las concesiones de recursos orbitales incluyen tanto: 1) el derecho de ocupar una POG o utilizar otras órbitas satelitales, como 2) el derecho de usar las bandas de frecuencias asociadas (enlaces ascendente y descendente).⁵²⁰ Recuérdese que ante la UIT, Méxi-

⁵²⁰ Es importante señalar que cuando se otorga una concesión de recursos orbitales no existe exclusividad por cuanto hace a la ocupación de las posiciones en la órbita GEO, pues una misma posición puede estar asociada a diferentes bandas de frecuencias, o incluso, a diferentes rangos de frecuencias de una misma banda, pudiéndose otorgar el derecho a ocupar una POG a diferentes personas con distintas bandas de frecuencias asociadas a la POG.

Por ejemplo, en el caso de satélites mexicanos, la POG 114.9° Oeste puede utilizarse simultáneamente por Eutelsat y por Mexsat, pero Eutelsat lo puede hacer en las bandas C y Ku, mientras que Mexsat en las bandas C

co a través de la SICT, con la colaboración del IFT, realizan las gestiones para que el expediente satelital sea autorizado dando la prioridad a México para ocupar la POG u otra órbita satelital y las frecuencias asociadas.

Existen tres mecanismos para obtener una concesión, los cuales dependerán de si México tiene o no prioridad en ocupar la POG u órbita satelital con sus frecuencias asociadas, así como del tipo de uso al que se destinará la concesión (público, comercial, social, privado). En seguida se presentan los mecanismos, que son:

- Licitación pública (uso comercial y uso privado para comunicación privada).
- Asignación directa (uso público, uso social y uso privado).
- Asignación directa de recursos orbitales obtenidos a solitud de parte interesada (cualquier uso).

Si México ya cuenta con la prioridad para la ocupación de los recursos orbitales, el IFT consulta a la SICT si el gobierno federal tiene interés en los recursos orbitales. Si lo tuviera, a través de asignación directa, el gobierno federal recibiría la concesión respectiva. Si no tuviera interés, entonces el IFT tendrá que decidir si destinará esos recursos orbitales para uso comercial (licitación), social o privado (asignación directa).

El peor escenario para México cuando ha adquirido el derecho de ocupación ante la UIT de una POG u órbita satelital con sus frecuencias asociadas es no lograr otorgar la concesión oportunamente para que se puedan colocar el o los satélites en tiempo y se pierda la prioridad que se tenía para la ocupación.

Las concesiones de recursos orbitales se otorgan a personas de nacionalidad mexicana, y, en caso de ser personas morales, se permite el 100% de inversión extranjera.⁵²¹

extendida y Ku extendida; la POG 113° Oeste puede utilizarse simultáneamente por Eutelsat y por Mexsat, pero Eutelsat lo puede hacer en las bandas C y Ku, mientras que Mexsat en las bandas Ku AP30B y L (y en la banda Ka cuando coloque un satélite).

⁵²¹ Artículo quinto transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de

A. *Licitación (uso comercial y comunicación privada)*

La licitación pública es uno de los mecanismos para obtener concesiones de recursos orbitales de uso comercial y de uso privado para comunicación privada.⁵²²

El primer paso para una licitación es la publicación por parte del IFT del Programa para Ocupar y Explotar Recursos Orbitales. No existe una periodicidad determinada para que el IFT expida este tipo de programa en atención a que esto depende de la disponibilidad de recursos orbitales asignados a México.

Este Programa es el instrumento para dar a conocer a todas las personas interesadas de la determinación del IFT de realizar el procedimiento de licitación respectivo.⁵²³

El segundo paso es definir las bases de la licitación, que es donde el IFT ejerce una amplia discrecionalidad para fijar los términos y las condiciones que logren de mejor manera el interés público. La LFTR otorga esa discrecionalidad al IFT para definir múltiples aspectos de la licitación, tales como el procedimiento a seguir (por ejemplo, presentación de sobre cerrado con las posturas, subasta ascendente, lotería).⁵²⁴ Dicha discrecionalidad debe ejercerse justificando debida y plenamente la decisión adoptada.

la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones, publicado en el *DOF* el 11 de junio de 2013; artículo 77 de la LFTR.

⁵²² Artículo 78 de la LFTR.

⁵²³ Existe una gran diferencia entre el análisis y la evaluación que el IFT realiza para publicar el Programa sobre Recursos Orbitales y el Programa Anual de Uso y Aprovechamiento de Bandas de Frecuencias. Lo anterior, ya que la ocupación de las órbitas satelitales está sujeta a: 1) que México cuente con el derecho para ocuparlas con base en los procedimientos de la UIT, y 2) el plazo máximo para colocar un satélite y su puesta en operación con base en la normatividad internacional de la UIT. En cambio, el Programa de Frecuencias se expide anualmente, se modifica, existen solicitudes de particulares y de entes públicos para que se incluyan ciertas frecuencias para servicios específicos, etcétera. Esto hace que el IFT realice una evaluación de la oportunidad de otorgar concesiones de frecuencias muy diferente que cuando se trata de recursos orbitales.

⁵²⁴ Artículos 92 y siguientes de la LFTR.

El IFT puede realizar una consulta pública del proyecto de bases de licitación,⁵²⁵ lo cual es una buena práctica, en atención a que puede recibir comentarios pertinentes que merezcan adecuar las bases.

Las bases de licitación establecerán —entre otros—: los recursos orbitales objeto de la licitación, los requisitos que deben cumplirse (por ejemplo, programas y compromisos de cobertura), los plazos que deben observarse (por ejemplo, para la junta de aclaración), especificaciones técnicas, la vigencia de la concesión misma que puede ser de hasta veinte años, la capacidad satelital que deberá reservarse para el Estado (véase el cap. noveno, III), el valor mínimo de referencia, las garantías (por ejemplo, garantía de seriedad), el plazo máximo en que deberá colocarse el satélite o los plazos máximos si se tratara de una constelación LEO, los criterios para seleccionar a la persona ganadora. En cuanto a estos, la ley manda que se privilegie la cobertura y la capacidad ofrecida en la República mexicana.

El valor mínimo de referencia se basa en la contraprestación mínima que el IFT determina, previa opinión no vinculante de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.⁵²⁶ Dependiendo del procedimiento que se siga en la licitación respectiva (por ejemplo, subasta ascendente, sobre cerrado), la postura ofrecida por la licitante ganadora será la contraprestación que se deba pagar previamente a recibir la concesión. Debe señalarse que la ley prohíbe que el factor determinante para seleccionar a la ganadora sea meramente económico, lo cual tiene su antecedente en lo resuelto por la SCJN en la acción de inconstitucionalidad 26/2006, para evitar que el dinero sea el que determine a la ganadora.⁵²⁷

Seguido el procedimiento de licitación, a través del acta de fallo se anuncia la participante ganadora, quien, previo pago de la contraprestación, recibirá su título de concesión.

⁵²⁵ Disposición 13 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵²⁶ Artículos 99 y siguientes de la LFTR y disposición 14 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵²⁷ Álvarez, Clara Luz, *Derecho de las telecomunicaciones...*, cit., pp. 186 y 187.

B. *Asignación directa (uso público, uso social y uso privado)*

En la sección V de las Concesiones para la Ocupación y Explotación de Recursos Orbitales, la LFTR refiere expresamente sólo a la administración pública federal para recibir concesiones de recursos orbitales de uso público para servicios de seguridad nacional, seguridad pública, conectividad de sitios públicos, cobertura social y demás necesidades, funciones, fines y objetivos a cargo del Ejecutivo Federal. Sin embargo, en las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite (Disposiciones Regulatorias Satelitales)⁵²⁸ se hace mención expresa a otras entidades públicas que pueden solicitar y obtener este tipo de concesiones de recursos orbitales de uso público, así como a concesiones de recursos orbitales de uso social y de uso privado (distinto de radiocomunicación privada).

Debe destacarse que para los servicios señalados en el párrafo anterior, el Ejecutivo Federal tiene preferencia sobre terceros para recibir la concesión de recursos orbitales.⁵²⁹

Es así que la asignación directa puede ser para concesiones de:

- *Uso público.* Para los poderes de la Unión, los estados, la Ciudad de México y las demarcaciones territoriales, los órganos constitucionales autónomos, las instituciones públicas de educación superior, los concesionarios/per-

⁵²⁸ Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite”, México, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 23 de enero de 2023. Las Disposiciones Regulatorias Satelitales sustituyeron al Reglamento de Comunicación vía Satélite de 1997, por virtud de su artículo segundo transitorio. En marzo de 2023, la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal interpuso una controversia constitucional contra las Disposiciones Regulatorias Satelitales, por estimar que invaden facultades del Ejecutivo Federal, porque éstas modifican las normas satelitales. Dicha controversia constitucional está radicada bajo el número 257/2023, y a la fecha de concluir esta obra está pendiente de resolución.

⁵²⁹ Artículo 98 de la LFTR.

misionarios de servicios públicos distintos de telecomunicaciones o radiodifusión cuando los recursos orbitales sean necesarios para la operación y la seguridad del servicio público de que se trate.⁵³⁰

En cuanto al pago de contraprestación, no se requerirá cuando se trate de concesiones a cargo del Ejecutivo Federal para servicios de seguridad nacional y pública, para conectividad de sitios públicos, cobertura social y otros de sus fines.⁵³¹ Para otras entidades públicas, el IFT podrá resolver si se impone o no una contraprestación.⁵³²

Las concesiones podrán ser de hasta veinte años,⁵³³ siendo un plazo irrevocable si se trata de concesiones para el Ejecutivo Federal.⁵³⁴

- *Uso social.* Para pueblos y comunidades indígenas, personas físicas y organizaciones de la sociedad civil cuando sean sin fines de lucro, e instituciones de educación superior de carácter privado.⁵³⁵

El IFT podrá otorgar la concesión de recursos orbitales para uso social sin que medie contraprestación. Este tipo de concesiones prohíbe que se presten servicios con fines de lucro y que se compartan con terceros los recursos orbitales.⁵³⁶

⁵³⁰ Disposición 17 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵³¹ Artículo 98 de la LFTR.

⁵³² Disposición 18 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵³³ Artículo 75 de la LFTR.

⁵³⁴ Artículo 98 de la LFTR.

⁵³⁵ Artículo 2, fracciones XIV, XV y XVI del Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite los Lineamientos Generales para el Otorgamiento de las Concesiones a que se refiere el título cuarto de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, publicado en el *DOF* el 24 de julio de 2015, modificado mediante publicaciones en el *DOF* el 26 de mayo de 2017, 13 de febrero de 2019 y 23 de abril de 2021; Disposiciones 18 y 19 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵³⁶ Disposiciones 18 y 19 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

- *Uso privado.* Para fines de experimentación, comprobación de viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo, pruebas temporales de equipo y para radioaficionados.⁵³⁷

C. *Asignación directa por parte interesada*

Por vez primera, con la LFTR en 2014 se estableció un procedimiento para que cualquier persona interesada en recursos orbitales pueda solicitar al gobierno de México que realice las gestiones necesarias ante la UIT para obtener el derecho de ocupar las órbitas satelitales con sus frecuencias asociadas, y, tras dicho procedimiento, esa persona reciba la concesión respectiva.

La LFTR señala —de manera amplia— que cualquier persona interesada puede presentar ese tipo de solicitud, por lo que debe entenderse que puede ser cualquier persona de nacionalidad mexicana sin importar si la concesión vaya a ser para uso comercial, público, social o privado.

Este procedimiento⁵³⁸ permite que la persona interesada presente ante el IFT su solicitud con todas las características y especificaciones técnicas (POG u órbita satelital con ángulo de inclinación respecto al plano ecuatorial; periodo del satélite; altitud del apogeo y perigeo; número de planos orbitales y número de satélites por plano; frecuencias; cobertura geográfica) y con el archivo del *software* de la UIT. El IFT revisará los documentos e información de la persona interesada para integrar el expediente que se enviará a la SICT.

La SICT evaluará la solicitud para determinar su procedencia o improcedencia. De ser procedente, la persona interesada

⁵³⁷ Artículo 2, fracción XIII de los Lineamientos Generales para el Otorgamiento de las Concesiones a que se refiere el título cuarto de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. Disposición 16 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵³⁸ Este procedimiento está previsto en las disposiciones de la 21 a la 30 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

deberá dar una garantía de seriedad a favor del gobierno federal y del IFT, para que la SICT inicie las gestiones ante la UIT.

Una vez obtenido ante la UIT el derecho al reconocimiento internacional y de prioridad, el IFT otorgará el título de concesión mediante asignación directa, previo pago de la contraprestación respectiva, cuando ésta proceda. Los gastos en que se incurra para las gestiones ante la UIT y demás corren por cuenta de la parte interesada en el recurso orbital, y esos gastos serán deducidos de la contraprestación que en su caso tuviera que pagar.⁵³⁹

Existe la posibilidad de que la persona que inició el procedimiento para la obtención de recursos orbitales pueda transferir los derechos de trámite a otra persona, previa autorización del IFT.⁵⁴⁰ Esto es conveniente, dado que interesa que México pueda tener más recursos orbitales y servicios satelitales. Además, considerando los tiempos que tardan las gestiones ante la UIT, es mejor que exista esta alternativa.

De cualquier manera, si la persona solicitante por cualquier razón decide terminar anticipadamente el trámite, la SICT y el IFT pueden decidir continuar con éste para después asignarlo para uso público, social o privado, o bien para licitarlo.⁵⁴¹

D. *Concesión única*

Para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y radiodifusión en la República mexicana a través de satélites se requiere, además de la concesión de recursos orbitales, una concesión única que otorga el IFT en el mismo acto en que se otorga la concesión de recursos orbitales.⁵⁴²

⁵³⁹ Artículos 96 y 97 de la LFTR. Disposiciones 21 *et seq.* de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁴⁰ Disposición 29 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁴¹ Disposición 30 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁴² Disposición 8 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

2. *Sistemas satelitales extranjeros (autorizaciones)*

Los sistemas satelitales que ocupan una POG u otras órbitas satelitales y que han sido registrados por otros países en la UIT pueden estar situados de tal manera que su huella cubra toda o parte de la República mexicana.

Lo anterior hace posible que se presten servicios de telecomunicaciones por medio de esos sistemas satelitales extranjeros en el territorio nacional.⁵⁴³ Entonces México debe otorgar al operador del satélite extranjero el derecho de explotar los derechos de emisión y recepción de señales de su satélite en la República mexicana, también conocidos como derechos de aterrizaje o *landing rights*.

Recuérdese que los sistemas satelitales extranjeros que busquen prestar servicios en la República mexicana necesariamente ocuparán —para sus enlaces ascendentes y descendentes— frecuencias del espectro radioeléctrico que se consideran parte del espacio aéreo mexicano y un bien de dominio de la nación. Si bien la Constitución establece que se requiere de una concesión para utilizar bienes de dominio de la nación, la LFTR buscó facilitar el trámite para que sistemas satelitales extranjeros puedan prestar servicios en la República mexicana a través de una autorización.⁵⁴⁴

La autorización se otorga por parte del IFT a personas de nacionalidad mexicana; en el caso de personas morales la inversión

⁵⁴³ Por ejemplo, si Canadá obtiene el derecho a ocupar la posición 85° Oeste, el satélite que se instale en dicha posición puede prestar servicios también en el territorio de la República mexicana.

⁵⁴⁴ Antes de la LFTR, y con base en la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 (hoy abrogada), se otorgaban concesiones para derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubrieran y pudieran prestar servicios en el territorio nacional. Dentro de los requisitos para estas concesiones estaba que se tuvieran tratados con el país de origen del satélite extranjero en el cual se previera reciprocidad para los satélites mexicanos. Artículos 11, fracción IV, y 30 de la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 (abrogada).

extranjera podrá ser de hasta el 100%, y tendrá una vigencia de hasta diez años. Adicionalmente, se le podrá exigir al autorizado a reservar parte de su capacidad satelital para el Estado mexicano (véase el cap. noveno, III).

No se requiere obtener autorización para un sistema satelital extranjero cuando: 1) sea para servicios de exploración de la Tierra, meteorología, radiodeterminación en el sentido espacio-Tierra o investigación espacial, y 2) no tenga fines de explotación por las frecuencias asociadas. Si se pretende transmitir señales Tierra-espacio desde México deberá obtenerse autorización para estación terrena transmisora.⁵⁴⁵

3. *Misiones de corta duración*

La LFTR nada refiere en específico a satélites pequeños ni a aquellos satélites con misiones de corta duración. No obstante ello, el IFT en las Disposiciones Regulatorias Satelitales sentó bases para regular este tipo de satélites.

La misión de corta duración es definida en las Disposiciones Regulatorias Satelitales como

Sistema Satelital ubicado en una Órbita Satelital, cuyas características implican la emisión y recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de radiocomunicación mediante uno o varios Satélites de masa y dimensiones reducidas, con una duración no mayor a tres años.⁵⁴⁶

Dentro de las consideraciones del IFT para establecer regulación para misiones de corta duración estuvieron los cambios regulatorios en la UIT para este tipo de satélites con misiones de corta duración, el incremento de solicitudes para obtención de recursos

⁵⁴⁵ Disposición 99 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁴⁶ Disposición 3, fracción XXXII, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

orbitales ante la UIT (principalmente de la academia) para este tipo de satélites, la menor vida de los satélites, el tiempo de degradación, la necesidad de flexibilidad para incentivar el desarrollo espacial en México, entre otros.

Las misiones de corta duración tienen una vigencia de hasta tres años ante la UIT y sin posibilidad de prorrogar ese tiempo de vigencia.⁵⁴⁷ Si bien el IFT puede otorgar concesiones para recursos orbitales por hasta veinte años, debe justificar la vigencia que otorgue a este tipo de satélites de misiones de corta duración con base en el registro de la UIT al proyecto específico. El procedimiento de asignación directa de recursos orbitales obtenidos a solicitud de parte interesada será el que se utilice para obtener la concesión para misiones de corta duración.⁵⁴⁸

En caso de requerirse coordinación del satélite de misión de corta duración, se debe observar la normativa internacional, y si se trata de frecuencias atribuidas al servicio de aficionados por satélite, se requiere además de la coordinación previa ante la Unión Internacional de Radioaficionados (*International Amateur Radio Union*).⁵⁴⁹

No será obligatorio para el IFT que las misiones de corta duración cuenten con un plan de reemplazo ni de contingencia.⁵⁵⁰ Además, cuando los satélites puedan desintegrarse al ingresar a la atmósfera o minimicen el impacto al medio ambiente, se establece una excepción a la autorización de desorbitación.⁵⁵¹

4. Estaciones terrenas

La LFTR aporta una definición de estación terrena en los siguientes términos: “La antena y el equipo asociado a ésta que

⁵⁴⁷ Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Resolución 32 (CMR-19)*..., cit.

⁵⁴⁸ Disposición 119 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁴⁹ Disposiciones 121 y 122 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁵⁰ Disposición 123 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁵¹ Disposición 125 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

se utiliza para transmitir o recibir señales de comunicación vía satélite”.⁵⁵²

Las Disposiciones Regulatorias Satelitales, por una parte, detallan más la definición de estación terrena provista en la ley y, por otra parte, refieren a tipos específicos de estaciones terrenas transmisoras (ETT). La definición de dichas disposiciones es: “Estación Terrena: La antena y el equipo asociado a ésta, situada en la superficie de la Tierra o en la parte principal de la atmósfera terrestre, que se utiliza para transmitir o recibir señales de Comunicación Vía Satélite”.⁵⁵³

Los tipos específicos de ETT en las Disposiciones Regulatorias Satelitales son:

- Que se usan por los usuarios finales para acceder al servicio satelital (ETT tipo Terminal de Acceso).
- Que están a bordo de una plataforma móvil como embarcaciones, aeronaves y vehículos terrestres (ETT tipo ESIM, por las siglas en inglés de *Earth Station in Motion*).
- Que utiliza una antena de apertura muy pequeña y que no es una ETT de terminal de acceso ni ESIM (ETT tipo VSAT, por las siglas en inglés de *Very Small Aperture Terminal*).
- Que se usa para comunicaciones maquina a máquina, Internet de las Cosas, y cuyo despliegue es masivo y ubicuo (ETT tipo Dispositivo de Despliegue Masivo).⁵⁵⁴

Las estaciones terrenas pueden ser transmisoras, receptoras y transreceptoras; estas últimas son las que cuentan con capacidad para transmitir y recibir señales. Las estaciones terrenas receptoras no requieren de obtener autorización alguna del IFT, mientras que las transmisoras y transreceptoras sí.

⁵⁵² Artículo 3, fracción XXII, de la LFTR.

⁵⁵³ Disposición 3, fracción XX, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁵⁴ Disposición 3, fracciones XXII, XXIII, XXIV y XXV, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

Existen excepciones a la obligación de obtener una autorización a aquellas ETT que estén a bordo de aeronaves o embarcaciones con matrícula extranjera durante el vuelo o mientras transitan por mar territorial mexicano, respectivamente.⁵⁵⁵ Asimismo, se exceptúan de obtener autorización a las ETT para comunicaciones con sistemas satelitales para servicios de radioaficionados por satélite cuando éstos no causen interferencia, y se deberán registrar ante el IFT como radioaficionado por satélite.⁵⁵⁶

Las autorizaciones para estaciones terrenas transmisoras y transreceptoras se otorgarán por el IFT por un plazo de hasta diez años prorrogable.⁵⁵⁷ En el trámite para obtener esta autorización para estación terrena transmisora opera la afirmativa ficta, es decir, que si el IFT no responde en el plazo de treinta días hábiles a partir de que se haya presentado la solicitud, se entiende que el IFT otorgó la autorización correspondiente.⁵⁵⁸

Adicionalmente, a través de las Disposiciones Regulatorias Satelitales, el IFT estableció la posibilidad de obtener una autorización genérica para ETT que cumplan con las mismas características de operación, también conocidas como licencias de clase o *blanket license*.⁵⁵⁹

Las Disposiciones Regulatorias Satelitales establecen diferentes supuestos que atender en caso de interferencias perjudiciales relacionadas con ETT, ya sea que se ocupen con sistemas satelitales mexicanos o extranjeros.

III. AUTORIDADES MEXICANAS RELEVANTES A LO SATELITAL Y ESPACIAL

Actualmente, las autoridades directamente involucradas en lo satelital y espacial son el IFT, la SICT y la AEM. Las tres institucio-

⁵⁵⁵ Disposiciones 113 a 115 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁵⁶ Disposición 126 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁵⁷ Artículo 170, fracción II, de la LFTR.

⁵⁵⁸ Artículo 175 de la LFTR.

⁵⁵⁹ Disposición 107 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

nes difieren en cuanto a su figura jurídica y su año de creación: el IFT es un órgano constitucional autónomo creado en 2013; la SICT es una dependencia de la administración pública federal centralizada que data de 1891, y la AEM es un organismo descentralizado creado en 2010. Cada institución tiene su ámbito de competencia con diversas facultades, que en seguida se comentan en lo que es relevante para esta obra.

1. *IFT (2013-a la fecha)*

Desde 2013 el IFT es el regulador de telecomunicaciones y radiodifusión con facultades también en competencia económica. El IFT es un órgano constitucional autónomo, lo que implica que goza de la mayor autonomía que otorga el Estado mexicano. Además, el IFT está al mismo nivel y tiene paridad respecto a los poderes de la Unión (Ejecutivo, Legislativo y Judicial federal), por lo que no está supeditado a éstos.⁵⁶⁰

Con relación a la materia satelital, el IFT tiene las siguientes facultades:⁵⁶¹

- Expedir disposiciones administrativas de carácter general, como lo son las Disposiciones Regulatorias Satelitales.⁵⁶²
- Elaborar y mantener actualizado el CNAF.
- Publicar los Programas para Ocupar y Explotar Recursos Orbitales y los Programas Anuales de Uso y Aprovechamiento de Bandas de Frecuencias.

⁵⁶⁰ El primer regulador de telecomunicaciones fue la Comisión Federal de Telecomunicaciones, creada en 1996 y extinta con la creación del IFT. Para más información sobre el regulador de telecomunicaciones, Álvarez, Clara Luz, *Telecomunicaciones y radiodifusión...*, cit., pp. 323-343.

⁵⁶¹ Artículos 15, 150 y 170, fracción IV, de la LFTR; disposición 5 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁶² Para un análisis y explicación de la jerarquía que tienen estas disposiciones administrativas de carácter general del IFT respecto de las leyes expedidas por el Congreso de la Unión, véase Álvarez, Clara Luz, *Telecomunicaciones y radiodifusión...*, cit., pp. 340-343.

- Realizar los procesos de licitación y asignación de recursos orbitales.
- Otorgar, modificar, prorrogar o revocar las concesiones, así como autorizar las cesiones o cambios de control de las sociedades relacionadas con concesiones.⁵⁶³
- Fijar el monto de las contraprestaciones por el otorgamiento de concesiones de recursos orbitales.
- Resolver sobre el cambio y rescate de frecuencias y recursos orbitales, así como dar apoyo al Ejecutivo Federal en caso de requisa de vías generales de comunicación, como lo son los sistemas de comunicación vía satélite.
- Expedir las autorizaciones para explotar derechos de emisión/recepción de señales y bandas de frecuencias asociados a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar servicios en la República mexicana.⁵⁶⁴
- Asegurar que los concesionarios y autorizados proporcionen la reserva de capacidad satelital suficiente y adecuada para las redes de seguridad nacional, servicios de carácter social y demás necesidades del gobierno.⁵⁶⁵
- Determinar los adeudos derivados de las contraprestaciones y derechos asociados a las concesiones.⁵⁶⁶
- Ejercer las facultades de competencia económica (por ejemplo, determinación de agentes con poder sustancial en el mercado, resolver sobre condiciones de competencia y en relación con insumos esenciales) en los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión conforme a la Ley Federal de Competencia Económica y la LFTR.
- Supervisar y verificar en cuanto a servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, concesiones y demás títulos habilitantes, así como monitoreo del espectro radioeléctrico.

⁵⁶³ Artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; artículo 15, fracción IV, de la LFTR.

⁵⁶⁴ Artículo 170, fracción IV, de la LFTR.

⁵⁶⁵ Artículo 150, párrafo segundo, de la LFTR.

⁵⁶⁶ Artículo 15, fracción XXV, de la LFTR.

- Imponer sanciones por infracciones a la LFTR y demás normatividad aplicable.
- Colaborar con la SICT en las gestiones ante la UIT para obtener recursos orbitales a favor del Estado mexicano, así como para la coordinación de recursos orbitales tanto con otros países como con operadores satelitales y la UIT.
- Brindar asistencia técnica, regulatoria y administrativa a interesados en obtener recursos orbitales, y también a concesionarios cuando tengan algún asunto en la UIT en relación con algún sistema satelital nacional o un expediente satelital.⁵⁶⁷
- Colaborar con el Ejecutivo Federal en la negociación de tratados internacionales en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.
- Realizar investigación, capacitación y formación de recursos humanos en telecomunicaciones por sí mismo o con terceros.
- Llevar el Registro Público de Telecomunicaciones.
- Interpretar la LFTR y las disposiciones administrativas en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.

2. SICT

La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT, hasta 2021 se denominaba Secretaría de Comunicaciones y Transportes o SCT) es una dependencia de la administración pública federal perteneciente al Poder Ejecutivo Federal.

Las facultades que tiene la SICT vinculadas con la materia satelital previstas en la LFTR son:⁵⁶⁸

⁵⁶⁷ Disposición 5 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁶⁸ Artículo 9 de la LFTR.

- Emitir opinión técnica no vinculante para el otorgamiento, la prórroga, la revocación de concesiones, así como para la autorización de cesiones o cambios de control u operación de sociedades relacionadas con concesiones.
- Implementar acciones y medidas para la continuidad de los servicios de telecomunicaciones cuando se dé la terminación de concesiones por revocación, rescate, disolución o quiebra de concesionarios.
- Conducir las políticas de cobertura universal y social (servicio universal), programas de acceso a banda ancha en sitios públicos.
- Elaborar las políticas de telecomunicaciones y radiodifusión del gobierno federal.
- Realizar las gestiones ante la UIT para obtener recursos orbitales a favor del Estado mexicano.
- Realizar la coordinación de recursos orbitales tanto ante la UIT como con otros países y con operadores satelitales nacionales y extranjeros.
- Establecer las políticas que promuevan la disponibilidad de capacidad y servicios satelitales suficientes para las redes de seguridad nacional, servicios de carácter social y demás necesidades, objetivos y fines del gobierno federal.
- Definir la capacidad satelital que en su caso se requiera de concesionarios de recursos orbitales (por ejemplo, concesionarios con derecho a ocupar una órbita POG u otras órbitas satelitales asignadas a México).
- Decidir si la CSRE se cumple en numerario o en especie. Y si se cumple en numerario, la SICT es la responsable de usar esos recursos para adquirir capacidad satelital.⁵⁶⁹
- Administrar y vigilar el uso de la capacidad satelital propia (concesionada o adquirida) y la CSRE.⁵⁷⁰

⁵⁶⁹ Artículo 150 de la LFTR.

⁵⁷⁰ Artículo 9, fracción XI, de la LFTR.

- Procurar la continuidad de los servicios satelitales que proporciona el Estado bajo políticas de largo plazo.⁵⁷¹
- Declarar la requisita de vías generales de comunicación (por ejemplo, sistemas de comunicación vía satélite).
- Proponer a la Secretaría de Relaciones Exteriores la postura de México en la negociación de tratados y convenios en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.
- Participar en representación de México ante organismos y foros internacionales en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.
- Adquirir y operar sistemas satelitales.
- Promover la generación de inversión en infraestructura y servicios satelitales.

3. *Agencia Espacial Mexicana*

La Agencia Espacial Mexicana (AEM) fue creada en 2010, y es un organismo público descentralizado que forma parte del sector coordinado por la SICT.⁵⁷²

La AEM tiene por misión y visión las siguientes:

[Misión:] Utilizar la ciencia y la tecnología espacial para atender las necesidades de la población mexicana y generar empleos de alto valor agregado, impulsando la innovación y el desarrollo del sector espacial; contribuyendo a la competitividad y al posicionamiento de México en la comunidad internacional, en el uso pacífico, eficaz y responsable del espacio.

...

[Visión:] Contar con una infraestructura espacial soberana y sustentable de observación de la Tierra, navegación y comunicaciones satelitales de banda ancha, que contribuya a mejorar la

⁵⁷¹ Artículo 9, fracción XII, de la LFTR.

⁵⁷² Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana, publicada en el *DOF* el 30 de julio de 2010.

calidad de vida de la población y al crecimiento económico de México.⁵⁷³

Con base en la ley que creó la AEM, su actuar se puede agrupar —de manera general— en cuatro rubros:

- *Política en materia espacial.* Dentro de este rubro, la AEM es la encargada de formular la política espacial de México y el Programa Nacional de Actividades Espaciales. Además, será la encargada de fijar la postura de México ante instancias internacionales, así como promover la cooperación internacional en actividades espaciales e integrar activamente a México a la comunidad espacial internacional.
- *Desarrollo de capacidades.* La AEM tiene por objeto también el desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas, industriales y educativas en materia espacial. En lo relativo a las industriales, la AEM busca que el sector productivo pueda adquirir competitividad en el creciente mercado de bienes y servicios espaciales. En lo educativo, la AEM buscar contribuir a la formación de personas especialistas en materia espacial.
- *Investigación.* La investigación se presenta como un mandato para que la AEM la fomente a través de involucrar a diferentes sectores, instituciones académicas y de investigación, nacionales e internacionales.
- *Difusión.* Ésta cumple múltiples funciones, pues la AEM, a través de la difusión, informa sobre la relevancia de las actividades espaciales, su influencia en la vida cotidiana y en el desarrollo económico.

⁵⁷³ Agencia Espacial Mexicana, “¿Qué hacemos?”, Gobierno de México, consulta: 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.gob.mx/aem/es/que-hacemos>

La AEM está formada por una Junta de Gobierno, en la que participan diversas secretarías de Estado a nivel federal e instituciones académicas, y tiene una persona como directora general designada por un plazo de cuatro años, prorrogable por igual término.

CAPÍTULO NOVENO

REGULACIÓN MEXICANA EN RELACIÓN CON SATÉLITES

La comunicación vía satélite tiene regulación específica y especial, que difiere de otros tipos de servicios e infraestructura de telecomunicaciones. Al mismo tiempo, los títulos habilitantes con relación a lo satelital están sujetos a las mismas reglas que otros servicios de telecomunicaciones, por lo que una persona interesada en los temas satelitales precisa conocer de ambos; es decir, lo específico y especial a lo satelital, y lo genérico como servicio de telecomunicaciones.

Por ello, en este capítulo se expone lo relativo a las contraprestaciones que deberán pagar los concesionarios, ya sea por mandato de ley o por decisión del IFT, así como los pagos de derechos a que están sujetos ciertos concesionarios y autorizados en términos de la Ley Federal de Derechos.

También se presentan los orígenes de la capacidad satelital reservada al Estado (CSRE); asimismo, se propone la naturaleza jurídica de ésta con base en un análisis integral del marco jurídico mexicano.

Enseguida, se hace referencia a la regulación satelital, tal como la relativa a los centros de control, la vida útil, los planes que deben tener los operadores satelitales y los casos de excepción, los procedimientos para remediar la interferencia perjudicial y el servicio complementario terrestre.

En cuanto al marco jurídico de aplicación general a los servicios de telecomunicaciones, es relevante y, por tanto, en este lugar se exponen tanto los temas de prórrogas de los diferentes títulos habilitantes como las causales de terminación, la reversión y el derecho de preferencia del gobierno federal para adquirir

instalaciones así como los supuestos para revocación de títulos; el rescate y cambio de recursos orbitales y la requisita de la vía general de comunicación.

I. CONTRAPRESTACIÓN

La obtención de una concesión de recursos orbitales puede requerir el pago de una contraprestación.

- Pagan contraprestación las concesiones de recursos orbitales que se otorguen
 - Vía licitación pública para uso comercial y para uso privado de radiocomunicación privada.⁵⁷⁴
 - Mediante asignación directa de recursos orbitales obtenidos a solicitud de parte interesada, debiéndose deducir del monto de la contraprestación los gastos incurridos por el particular y que hayan sido contemplados desde el inicio.⁵⁷⁵
- Puede el IFT otorgar concesiones de recursos orbitales sin exigir el pago de una contraprestación cuando se trate de concesiones de uso social (por ejemplo, comunitarias, instituciones de educación superior privadas) y de uso público (distinto del Ejecutivo Federal).⁵⁷⁶
- No pagan contraprestación las concesiones de recursos orbitales que se otorguen al Ejecutivo Federal.⁵⁷⁷

Para determinar una contraprestación, deben tomarse en cuenta los requisitos previstos en la LFTR, tales como la banda de frecuencia de que se trate, la cantidad de espectro, la cobertura, la vigencia de la concesión, las referencias de valor de mer-

⁵⁷⁴ Artículo 92 de la LFTR.

⁵⁷⁵ Artículo 97, párrafos penúltimo y último, de la LFTR.

⁵⁷⁶ Disposición 18 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁷⁷ Artículo 98, párrafo segundo, de la LFTR.

cado nacional e internacionales, entre otros. El IFT debe enviar un proyecto de contraprestación a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, que tendrá treinta días para dar su opinión, y ésta no es vinculante para el IFT. Si transcurrido el plazo la SHCP no responde, el IFT puede continuar con los trámites respectivos. Los pagos de las contraprestaciones deben realizarse a la Tesorería de la Federación, y serán a favor del gobierno federal.⁵⁷⁸

II. PAGO DE DERECHOS

Con fundamento en la Ley Federal de Derechos, los concesionarios de recursos orbitales y los autorizados con derechos de aterrizaje de satélites extranjeros deben pagar derechos por el uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico (enlaces ascendentes y descendentes).

Los pagos de derechos por el uso de bienes de dominio de la nación establecidos en la Ley Federal de Derechos equiparan a los satélites mexicanos privados y a los satélites extranjeros, y tienen la misma base para determinarlos al concluir esta obra en 2023. Además, se establece un mecanismo de deducibilidad por los montos que hayan pagado por la obtención de sus títulos habilitantes a ambos: pagos en México para el caso de satélites mexicanos privados, o pagos en el país de origen del sistema satelital, para el caso de satélites extranjeros.

Hasta 2023, únicamente las bandas C y Ku están siendo sujetas al pago de derechos, mientras que otras bandas, como la Ka, carecen de obligación de pago por su uso en el territorio mexicano.⁵⁷⁹

Debe precisarse que el pago de derechos es por el uso del espectro radioeléctrico, y no por la ocupación de una POG, pues no existe obligación de pago de derechos en la Ley Federal de

⁵⁷⁸ Artículos 99, 100 y 101 de la LFTR.

⁵⁷⁹ Artículos 241 y 242 de la Ley Federal de Derechos.

Derechos por ocupar una POG ni por ocupar otra órbita satelital asignada a México.

En cuanto al Sistema Satelital Mexicano o MexSat, de la información públicamente disponible y aquella proporcionada por las autoridades competentes vía la Plataforma Nacional de Transparencia, se tiene que por los satélites Bicentenario y Morelos 3 no se pagan derechos.

III. CAPACIDAD SATELITAL RESERVADA AL ESTADO (CSRE)

México es único en cuanto a la imposición de una obligación a los operadores satelitales que prestan servicios en la República mexicana de reservar cierta capacidad satelital para su uso gratuito por el Estado, a lo que se le conoce como la reserva de Estado o la capacidad satelital reservada al Estado (CSRE).

La CSRE puede ser una de las razones por las cuales el sector satelital mexicano no ha tenido el éxito que han tenido otros países como Brasil, por ejemplo, de ahí que amerite destinarle una sección para exponer y analizar la CSRE.

1. *Orígenes y evolución de la CSRE*

Antes de la privatización de la empresa Satélites Mexicanos, S. A. de C. V. (Satmex), en 1997, cuando el gobierno mexicano era el propietario y el operador de los satélites que México tenía inscritos en el MIFR de la UIT, no había necesidad de la reserva de la capacidad satelital porque el gobierno del país era el titular de toda la capacidad satelital de los satélites mexicanos para atender las necesidades que se estimaran necesarias o convenientes.

En 1995, al expedirse la Ley Federal de Telecomunicaciones (hoy abrogada), se estableció la obligación de la SCT de asegurar —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”.⁵⁸⁰

Conforme al texto de dicha ley: 1) esa disponibilidad de capacidad satelital no tenía algún aspecto de gratuidad, y 2) estaba limitada para redes de seguridad nacional y para servicios de carácter social.

La CSRE con la característica de gratuidad aparece por vez primera con la expedición del Reglamento de Comunicación vía Satélite (hoy sustituido)⁵⁸¹ el 1 de agosto de 1997. En éste, la CSRE previó las siguientes particularidades:⁵⁸² 1) fue aplicable a concesionarios de satélites mexicanos y a aquellos satélites extranjeros a los que se les reconociera el derecho de aterrizaje de señales en la República mexicana;⁵⁸³ 2) el monto de la CSRE se establecería en el título de concesión; 3) la reserva sería utilizada por el Estado en forma gratuita; 4) la CSRE no podía utilizarla el operador satelital, salvo autorización en contrario, y 5) debía proporcionar la misma calidad de transmisión que la ofrecida en sus demás servicios.

Posteriormente, en la antesala de privatización de la empresa Satélites Mexicanos (Satmex), en octubre de 1997, en cada uno de los títulos de concesión se incorporaron los montos de la CSRE en un número preciso de MHz respecto de cada uno de

⁵⁸⁰ Artículo 55 de la LFTR.

⁵⁸¹ Reglamento de Comunicación vía Satélite, México, publicado en el *DOF* el 1 de agosto de 1997, actualmente sustituido por las Disposiciones Regulatorias Satelitales con base en el artículo segundo transitorio del Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite publicado en el *DOF* el 23 de enero de 2023.

⁵⁸² Artículos 2, fracción VIII, y 29, del Reglamento de Comunicación vía Satélite.

⁵⁸³ En ese momento se otorgaba una concesión para derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubrieran y pudieran prestar servicios en el territorio nacional. Artículos 11, fracción IV, y 30, de la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 (hoy abrogada).

los satélites. Esos montos eran casi equivalentes a lo que en ese momento utilizaba el gobierno mexicano de capacidad satelital. Si hubiera alguna afectación a la CSRE, el concesionario debía reubicar de inmediato las transmisiones y darles prioridad, si se requiriera.⁵⁸⁴

Con el otorgamiento de las primeras concesiones para derechos de aterrizaje de satélites extranjeros con base en la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995, se establecieron en sus respectivos títulos de concesión la CSRE. Esta fue inicialmente determinada en 8 MHz como resultado de la estimación del valor de mercado del 5% de los ingresos tarifarios brutos de un operador satelital específico.

En 2014 se expidió la LFTR, la cual refiere en cuanto a CSRE: 1) que la SICT es la autoridad responsable de definir la CSRE que, en su caso, se requiera de los sistemas satelitales mexicanos y de los autorizados de aterrizaje de señal; 2) que se podrá destinar para seguridad nacional, servicios de carácter social y demás necesidades de gobierno, y 3) que la SICT puede autorizar que la CSRE se cumpla en numerario o en especie.

La LFTR no establece un porcentaje o parámetro para definir cuál es la CSRE que se fijará.

En caso de que surja alguna contingencia o eventualidad que interrumpa los servicios prestados, los concesionarios de recursos orbitales y los autorizados de satélites extranjeros deberán dar prioridad para trasladar la CSRE a la capacidad satelital de otros satélites, con la finalidad de garantizar la continuidad de los servicios que se estén prestando con base en la CSRE.⁵⁸⁵

Asimismo, si fuera a darse una reubicación entre posiciones en la órbita GEO asignadas al Estado mexicano, deberán tomar-

⁵⁸⁴ El texto de la condición 1.7 del título de concesión relativo a la POG 113° Oeste de 1997 es el mismo que aquel de la prórroga de la concesión de 2011, que inició su vigencia en 2017. El texto de las condiciones en los demás satélites mexicanos es en términos generales el mismo, excepto en el número de MHz, que se reservan en cada POG en cada banda de frecuencia.

⁵⁸⁵ Disposición 48, inciso III, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

se las medidas necesarias para que no se afecte el ejercicio de la CSRE.⁵⁸⁶ En caso de que se pretenda operar en órbita inclinada un satélite de un concesionario de recursos orbitales, éste deberá acordar con la SICT lo relativo a la CSRE.⁵⁸⁷

La SICT debe establecer las políticas que promuevan la disponibilidad de capacidad y servicios satelitales suficientes tanto para las redes de seguridad nacional como para los servicios de carácter social y demás necesidades, objetivos y fines del gobierno federal.⁵⁸⁸ Debe destacarse que en esta facultad no existe una distinción a si dicha capacidad y servicios satelitales deben entenderse limitados a la CSRE o si comprenden también aquella capacidad y servicios satelitales prestados por el propio gobierno mexicano por medio del sistema satelital mexicano, por lo que si la LFTR no distingue ni limita la capacidad y servicios satelitales a los que se refiere, entonces debe estimarse que se refiere tanto a la CSRE como a la capacidad/servicios satelitales prestados por el gobierno mexicano.

Existe una diferencia significativa entre la CSRE para concesionarios de satélites mexicanos respecto de autorizados para el aterrizaje de señales de satélites extranjeros. Si se toma la CSRE de los satélites mexicanos comerciales (tres de Satmex/Eutelsat y uno de Quetzsat), se tiene que la CSRE es en promedio de 112.59 MHz por satélite, mientras que la constelación de Intelsat (veintiocho satélites) tendría en promedio 0.28 MHz por satélite.

La CSRE podría estar creando inequidades⁵⁸⁹ en el mercado de provisión de capacidad satelital entre la que prestan concesionarios de satélites mexicanos respecto de aquella provista por satélites extranjeros por la diferencia en la CSRE.⁵⁹⁰

⁵⁸⁶ Disposición 75 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁸⁷ Disposición 79 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁸⁸ Artículo 9, fracción X, de la LFTR.

⁵⁸⁹ Véase el caso del arbitraje *Eutelsat v. Mexico*, ICSID Case No. ARB(AF)/17/2).

⁵⁹⁰ El 19 de septiembre de 2012 el pleno de la Cofetel, por unanimidad, emitió la opinión favorable para modificar la CSRE para que la Secretaría

2. *Naturaleza jurídica de la CSRE*

La naturaleza jurídica de la CSRE es —en mi opinión— la de un gravamen o carga regulatoria, ya que no encuadra en un gravamen fiscal, como se analiza a continuación.

Además de que en la determinación y administración de la CSRE no participan la autoridad fiscal ni hacendaria, la CSRE no tiene los elementos para considerarse una contribución.

El Código Fiscal de la Federación establece que son contribuciones los impuestos, las aportaciones de seguridad social, las contribuciones de mejoras y los derechos.⁵⁹¹ En cuanto a los impuestos, no existe una base gravable, de tarifa o tasa, lo cual es un requisito de los impuestos. El monto de la CSRE se fija en el título habilitante, ya sea concesión o autorización, por lo que in-

de Comunicaciones y Transportes modificara las concesiones de Satmex (y las prórrogas respectivas) para disminuir gradualmente la CSRE de 362.88 MHz a 8 MHz, conforme se fueran cubriendo las necesidades de capacidad satelital por parte del sistema satelital mexicano.

Los argumentos principales del pleno de la Cofetel fueron que:

— Se justificaba el cambio de la CSRE dado el cambio de las condiciones en que fuera impuesta la CSRE, porque ahora operan diversos concesionarios (uno nacional y varios de sistemas satelitales extranjeros).

— Para fomentar una sana competencia en términos de la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 no debe darse trato diferenciado entre “operadores similares que prestan servicios en un mercado en competencia”.

— El desarrollo del sistema satelital mexicano tenía previsto asegurar al Estado la capacidad necesaria.

— La Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 y el Reglamento de Comunicación vía Satélite de 1997 eran omisos respecto al monto de la CSRE.

Comisión Federal de Telecomunicaciones, “Acuerdo por el que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones emite opinión favorable a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes respecto de la solicitud presentada por Satélites Mexicanos, S. A. de C. V., relativa a la modificación de la condición 1.7. de las concesiones que actualmente ostenta y que le fueron otorgadas con fecha 23 de octubre de 1997, con el fin de disminuir la reserva de capacidad satelital que debe establecer a favor del Estado”, México, aprobado en la XX-VII sesión ordinaria del 2021 celebrada el 19 de septiembre de 2012, acuerdo P/190912/505, pp. 10 y 11.

⁵⁹¹ Artículo 2 del Código Fiscal de la Federación.

cumpliría con el principio de reserva de ley, que exige que la base y sus elementos esenciales estén previstos en ley; esto es, ningún elemento esencial de los impuestos puede establecerse en una norma de inferior jerarquía a una ley.

Tampoco es un derecho la CSRE, pues además de que carece de base, tarifa o tasa, de acuerdo con la Ley Federal de Derechos los operadores satelitales (satélites mexicanos y extranjeros) ya pagan derechos conforme a la base y tasa que en la ley se indican.

Un aprovechamiento tampoco es la CSRE, porque los aprovechamientos sólo son por funciones de derecho público distintas de las contribuciones, ingresos de financiamiento y los que obtengan organismos descentralizados y empresas estatales.

Finalmente, no se trata la CSRE de nada relacionado con seguridad social ni de aportaciones a ésta.

Debe señalarse que la CSRE está vinculada al uso de frecuencias del espectro radioeléctrico (enlaces ascendentes y descendentes) y no a las POG ni a la ocupación de órbitas satelitales.

Si la CSRE estuviera asociada a dichas POG u órbitas asignadas a México, entonces sólo a los satélites mexicanos se les podría imponer una CSRE. Por el contrario, la LFTR señala que se puede imponer CSRE a concesionarios y a autorizados de satélites extranjeros, con lo cual se elimina cualquier interpretación que vincule la CSRE a las órbitas satelitales asignadas a México.

El hecho de que la CSRE se pueda cumplir en especie (capacidad satelital) o en numerario en nada afecta la naturaleza de la obligación. La LFTR señala que cuando se cumple en numerario, la CSRE debe destinarse para adquirir capacidad satelital.⁵⁹² La autoridad competente en lo relativo a la CSRE es la SICT, sin participación alguna de la SHCP.

⁵⁹² Artículo 150 de la LFTR.

	<i>Contraprestación</i>	<i>Derechos</i>	<i>CSRE</i>
Satélites mexicanos	Sí, en los artículos 92 y 97, penúltimo párrafo, LFTR. Se establece en concesión	Sí, en el artículo 242 de la Ley Federal de Derechos	Sí, en el artículo 150 de la LFTR. Se establece en la concesión
Satélites extranjeros	No tienen	Sí, en el artículo 241 de la Ley Federal de Derechos	Sí, en el artículo 150 de la LFTR. Se establece en la autorización
¿Qué autoridad la impone?	IFT, con opinión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Congreso de la Unión	SICT, plasmándose en la concesión o autorización que otorga el IFT

IV. REGULACIÓN SATELITAL DIVERSA

Enseguida se exponen diversas regulaciones con relación a la materia satelital.

1. *Centros de control*

El centro de control y operación es la “Infraestructura en tierra que comprende el equipo de telemetría, rastreo y comando utilizados para controlar la operación de uno o más Satélites y/o Vehículos Espaciales, y las Estaciones Terrenas necesarias para dichos fines”.⁵⁹³

Para el caso de concesionarios de recursos orbitales (sistemas satelitales nacionales) al menos un centro de control y operación debe estar ubicado en la República mexicana.⁵⁹⁴ Éste realiza:

⁵⁹³ Disposición 3, fracción IX, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁹⁴ Artículo 152 de la LFTR.

- *Telemetría*: obtiene y procesa datos de los subsistemas de un satélite para el monitoreo del estado del satélite.
- *Rastreo (tracking)*: determina la ubicación del satélite.⁵⁹⁵
- *Control*: transmite comandos para distintas funciones (por ejemplo, reubicar al satélite en su posición, corrección de fallas en los subsistemas abordo del satélite).⁵⁹⁶

La ley prevé la operación temporal de un centro de control y operación de satélites de sistemas satelitales mexicanos fuera de la República mexicana previa autorización del IFT cuando suceda un caso fortuito o de fuerza mayor.⁵⁹⁷ Las Disposiciones Regulatorias Satelitales detallan los requisitos, plazos y demás para ello.⁵⁹⁸

2. *Vida útil, fallas y planes*

La vida útil de un satélite es el tiempo en el cual éste está operando, siendo la vida útil nominal el tiempo que el fabricante estima puede mantenerse en operación el satélite.⁵⁹⁹

La vida útil nominal puede reducirse por causas de fuerza mayor o afectaciones a sus sistemas, por ejemplo, pero también puede extenderse más allá de la estimación del fabricante, o bien prolongarse a través de una órbita inclinada.

Fallas. En caso de fallas o algún evento que afecte o pueda afectar la prestación del servicio a través de los sistemas satelitales de los concesionarios de recursos orbitales, éstos deben informar al IFT.⁶⁰⁰

⁵⁹⁵ Disposición 3, fracción LVI, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁹⁶ Pelton, Joseph, *op. cit.*, p. 49.

⁵⁹⁷ Artículo 152, párrafo segundo, de la LFTR.

⁵⁹⁸ Disposiciones de la 82 a la 86 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁵⁹⁹ Disposición 3, fracciones LX y LXI, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰⁰ Artículo 154, párrafo segundo, de la LFTR; disposiciones 43 y siguientes de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

Plan de contingencia. Adicionalmente, los concesionarios de recursos orbitales y los autorizados de satélites extranjeros deben contar con un plan de contingencia para prevenir y atender eventos que causen interrupción de sus servicios para garantizar la continuidad de estos si hubiera falla parcial o total del sistema satelital o se requiriera algún reemplazo del satélite. El plan de contingencia debe someterse a la aprobación del IFT.⁶⁰¹

Plan de reemplazo. Con la finalidad de garantizar tanto la continuidad de los servicios que se prestan con el sistema satelital como la prioridad de México en la ocupación del recurso orbital (POG u órbita satelital y frecuencias asociadas), los concesionarios deben presentar a la aprobación del IFT un plan de reemplazo,⁶⁰² que puede prever la colocación oportuna de un satélite nuevo o la reubicación de otro satélite.⁶⁰³

Órbita inclinada. La LFTR prevé que algún concesionario de recursos orbitales precise colocar uno de sus satélites en una órbita inclinada, para lo cual necesita autorización del IFT.⁶⁰⁴ Los detalles para obtener esa aprobación están desarrollados en las Disposiciones Regulatorias Satelitales.⁶⁰⁵

Desorbitación. Para desorbitar un satélite se requiere autorización previa del IFT; para ello, se debe presentar la solicitud con cierta información (por ejemplo, fecha de inicio de desorbitación, descripción de la desorbitación, documentación que acredite que cumplirá con normatividad sobre desechos espaciales).⁶⁰⁶

⁶⁰¹ Disposiciones 47 y siguientes de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰² Existe la posibilidad de que se exente a un concesionario de recursos orbitales de la presentación del plan de reemplazo siempre que lo justifique ante el IFT, por garantizar la continuidad de los servicios a través de otros satélites de su sistema satelital o la reconfiguración de su red. Disposición 56 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰³ Disposiciones 56 y siguientes de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰⁴ Artículo 154, párrafo primero, de la LFTR.

⁶⁰⁵ Disposiciones 76 y siguientes de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰⁶ Disposición 69 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

Para aquellos satélites que al ingresar a la atmósfera se desintegren o el impacto al medio ambiente se minimice, se les exentará de la autorización del IFT para la desorbitación.⁶⁰⁷

Recuérdese que durante la desorbitación existe el riesgo de colisión o de causar otros daños, por lo que el concesionario de recursos orbitales debe tomar todas las medidas para evitar percances y afectaciones.⁶⁰⁸ Posterior a la desorbitación, deberá informar al IFT y a la SICT del resultado de la desorbitación.⁶⁰⁹

3. *Interferencias perjudiciales*

Las interferencias perjudiciales pueden llegar a afectar de tal manera a los sistemas satelitales y de radiocomunicación terrestre, que se imposibilite una comunicación. Las actividades y comunicaciones satelitales pueden ser afectadas por interferencias perjudiciales ocasionadas por otros sistemas satelitales (nacionales o extranjeros, autorizados o no para operar en la República mexicana), por estaciones terrenas y otros sistemas de radiocomunicación terrestres. Asimismo, sistemas satelitales y estaciones terrenas pueden ser generadores de la interferencia perjudicial.

La LFTR define a la interferencia perjudicial como

Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de telecomunicaciones o radiodifusión, que puede manifestarse como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de información, que compromete, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de cualquier servicio de radiocomunicación.⁶¹⁰

El IFT es la autoridad competente para supervisar las emisiones radioeléctricas y para resolver las interferencias perjudi-

⁶⁰⁷ Disposición 71 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰⁸ Disposición 70 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶⁰⁹ Disposición 72 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶¹⁰ Artículo 3, fracción XXXI, de la LFTR.

ciales en la República mexicana. Cuando la interferencia perjudicial provenga de sistemas satelitales o de radiocomunicación extranjeros, se establecen procedimientos a seguir cuando un concesionario de recursos orbitales esté padeciendo inteferencia perjudicial, con la finalidad de que el IFT pueda analizar y resolver ésta, o bien, si es necesario, realice gestiones ante la UIT o con otros países a través de la SICT para lograr la convivencia de los sistemas satelitales libres de interferencia perjudicial, con base en los expedientes registrados en la UIT y en la normatividad internacional.⁶¹¹

El IFT tiene facultad para cambiar y rescatar recursos orbitales y frecuencias en la República mexicana, y observar la normatividad internacional aplicable.

En cuanto a las publicaciones periódicas que la UIT hace en el BR IFIC (véase cap. sexto, II), cuando los concesionarios de recursos orbitales identifiquen posibles interferencias perjudiciales a su operación por parte de los sistemas que se están publicando, deberán informar al IFT y a la SICT dentro de los plazos previstos en el RR-UIT. Esto puede ser porque la UIT o la administración notificante identificaron que puede haber afectaciones o que, aun cuando no fue identificado, el concesionario de recursos orbitales estime que podrá ser afectado.

4. *Vehículos espaciales*

Las Disposiciones Regulatorias Satelitales definen “vehículo espacial” como el “Medio de transporte destinado a salir de la parte principal de la atmósfera de la Tierra, provisto de una Estación Espacial que le permite establecer radiocomunicaciones con Estaciones Terrenas”.⁶¹² Dichas disposiciones no regulan el

⁶¹¹ Las Disposiciones Regulatorias también establecen diferentes supuestos para resolver interferencias perjudiciales en relación con centros de control y operación y estaciones terrenas. Artículos 63, 64 y 295 de la LFTR; disposiciones 34 a 42 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶¹² Disposición 3, fracción LIX, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

lanzamiento ni la operación de los vehículos espaciales, sino que pretenden establecer los títulos habilitantes y procedimientos que en su caso se requieran.⁶¹³

5. *Servicio complementario terrestre*

El servicio complementario terrestre es el

Servicio móvil terrestre vinculado al servicio móvil por satélite, que utiliza infraestructura desplegada en tierra y que opera en el mismo segmento del espectro radioeléctrico asignado a un Sistema Satelital, para la transmisión y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza.⁶¹⁴

El servicio complementario terrestre permite que el servicio móvil por satélite pueda prestarse de manera continua en áreas donde encuentra obstáculos, y en áreas urbanas densamente pobladas. De ahí que usando las mismas frecuencias que el servicio móvil por satélite (SMS) con la infraestructura en tierra del servicio complementario terrestre, los usuarios se beneficien de un servicio integrado que usará el segmento satelital o su complemento terrenal, según se requiera, actuando como una sola red.⁶¹⁵

El servicio complementario terrestre debe operar con el servicio móvil por satélite, salvo en casos temporales previstos en las

⁶¹³ Considerando séptimo, sección VIII, y disposiciones 116 a 118 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶¹⁴ Disposición 3, fracción XLIX, de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶¹⁵ Instituto Federal de Telecomunicaciones, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emita la convocatoria y las bases de licitación pública para concesionar el uso, aprovechamiento y explotación comercial de 40 MHz de espectro radioeléctrico disponibles en la banda de frecuencias 2000-2020/2180-2200 MHz para la prestación del servicio complementario terrestre del servicio móvil por satélite (Licitación No. IFT-9)”, México, aprobado el 10 de abril de 2019, acuerdo P/IFT/100419/173, considerando tercero, inciso b).

disposiciones regulatorias en casos de fallas y con autorización del IFT.⁶¹⁶ El IFT realizó en 2019 una licitación en relación con este servicio complementario terrestre (Licitación IFT-9).

V. PRÓRROGAS

1. *De concesiones de recursos orbitales*

La prórroga de las concesiones de recursos orbitales⁶¹⁷ es un momento de enorme relevancia, en especial para las concesiones de recursos orbitales, y es donde el IFT —con opinión de la SICT— debe resolver si merece renovarse la vigencia de la concesión o si existe interés en que los recursos orbitales se utilicen para otros fines (por ejemplo, seguridad nacional), si se prorrogará bajo las mismas condiciones o si se le impondrán nuevas condiciones, cuál será el monto de la contraprestación que se determine para conceder la prórroga, etcétera.

Además, pueden existir gestiones que realizar ante la UIT para extender la vigencia del expediente satelital respectivo, por lo que un concesionario de recursos orbitales deberá informar con al menos cuatro años de anticipación al vencimiento de la vigencia del expediente satelital para que la SICT y el IFT puedan realizar las gestiones necesarias.⁶¹⁸

Las concesiones de recursos orbitales pueden prorrogarse por hasta veinte años siempre que:⁶¹⁹

- 1) Se solicite dentro del año previo al inicio de la última quinta parte de la vigencia de la concesión.
- 2) Esté en cumplimiento de sus obligaciones tanto previstas en el título de concesión como de las de la LFTR y otras

⁶¹⁶ Disposiciones 127 a 133 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶¹⁷ Lo mismo puede decirse de las prórrogas de concesiones de frecuencias del espectro radioeléctrico.

⁶¹⁸ Disposición 53 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales.

⁶¹⁹ Artículos 75 y 114 de la LFTR.

- disposiciones aplicables (por ejemplo, Disposiciones Regulatorias Satelitales).
- 3) El IFT determine que no existe interés en recuperar los recursos orbitales.
 - 4) El concesionario acepte las nuevas condiciones que fije el IFT, y
 - 5) Pague la contraprestación que se llegue a determinar.

Una vez presentada la solicitud de prórroga de la concesión de recursos orbitales, el IFT tiene un año para resolver si existe interés público en recuperar los recursos orbitales o si concede la prórroga. La SICT puede emitir una opinión no vinculante en cuanto a la prórroga solicitada por el concesionario.

En el supuesto de que el IFT resuelva recuperar los recursos orbitales, negará la prórroga, y la concesión terminará al final de la vigencia establecida en esta.

Es importante hacer notar que las concesiones de recursos orbitales tienen la peculiaridad de que deben cumplir con la normatividad internacional de la UIT. Dentro de ésta se encuentra la destinada a hacer un uso efectivo de las órbitas, por lo cual una POG o una órbita satelital tiene plazos máximos en los cuales debe ocuparse por el o los satélites respectivos, bajo la pena de que si no se cumple, México puede perder la prioridad que tenía en ocupar dichas órbitas.

2. De la concesión única

A diferencia de la prórroga de concesiones de recursos orbitales, donde el Estado, a través del IFT y en ejercicio de su rectoría, debe resolver si hay interés público en recuperar recursos escasos como lo son el derecho a ocupar una POG o una órbita satelital, en el caso de la concesión única no existe un recurso escaso implicado, y el análisis sobre la pertinencia de prorrogar o no una concesión única es menor. Tan es así, que la LFTR es-

tablece la afirmativa ficta, es decir, que si el IFT no resuelve en 180 días hábiles siguientes⁶²⁰ a la presentación de la solicitud de prórroga, se entiende prorrogada la concesión única.

La concesión única se prorrogará siempre que:

- 1) Se solicite dentro del año previo al inicio de la última quinta parte de la vigencia de la concesión.
- 2) Esté en cumplimiento de sus obligaciones tanto previstas en el título de concesión como de las de la LFTR y otras disposiciones aplicables, y
- 3) El concesionario acepte las nuevas condiciones que fije el IFT.

3. *De las autorizaciones de satélites extranjeros*

Las autorizaciones para explotar los derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros podrán prorrogarse siempre que:⁶²¹

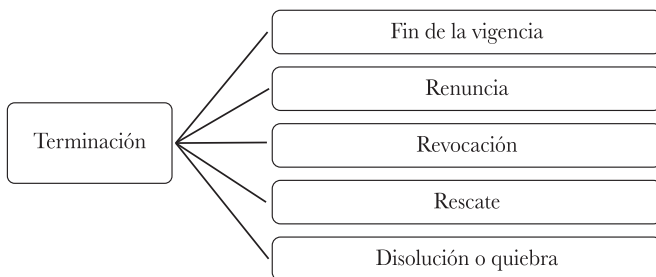
- Se solicite dentro del año previo al inicio de la última quinta parte de la vigencia de la autorización.
- Esté en cumplimiento de sus obligaciones tanto previstas en el título de autorización como de las de la LFTR y otras disposiciones aplicables, y
- El autorizado acepte las nuevas condiciones que fije el IFT.

VI. TERMINACIÓN, REVERSIÓN Y DERECHO DE PREFERENCIA

La terminación de la concesión puede darse por varias razones, y si bien pone fin a la concesión, el concesionario continúa estando obligado a cumplir con las obligaciones contraídas durante la vigencia de la concesión.

⁶²⁰ Artículos 72 y 113 de la LFTR.

⁶²¹ Artículo 170, párrafo último, de la LFTR.



Una vez vencido el plazo de la concesión sin que exista una prórroga, automáticamente termina la concesión sin necesidad de que el IFT se pronuncie.

La renuncia es un acto unilateral del concesionario mediante el cual expresa su voluntad ante el IFT de que termine su concesión.

La disolución del concesionario aplica únicamente para los que son personas morales, y la disolución pone fin a la existencia jurídica de esta, por lo cual la LFTR la establece como una causa de terminación, al igual que si un concesionario es declarado en quiebra.

También puede terminar la concesión por la revocación que se impone como la sanción máxima para un concesionario (véase sección VII de este capítulo).

Finalmente, las concesiones pueden terminar por el rescate de los recursos orbitales, con lo que se quedaría sin materia la concesión de recursos orbitales (véase sección VIII de este capítulo).

1. *Reversión*

La reversión es una consecuencia de la terminación de la concesión de recursos orbitales. La reversión es la reincorporación al Estado mexicano del derecho de usar la POG o las órbitas satelitales y las frecuencias asociadas a éstas.

Una vez que se termina la concesión, se revierten al instante los recursos orbitales para que el IFT esté en libertad de decidir si

otorga o no una nueva concesión de recursos orbitales, para qué uso sería la nueva concesión (por ejemplo, uso público), etcétera. Dicho de otra manera, al terminar la concesión de recursos orbitales éstos *regresan* al Estado sin necesidad de algún acto jurídico posterior.⁶²²

2. *Derecho de preferencia*

La LFTR establece al gobierno federal un derecho de preferencia para adquirir las instalaciones, equipos y demás bienes que se hubieran utilizado directamente en la prestación de servicios objeto de la concesión de recursos orbitales.

Si el gobierno federal decidiera hacer uso de su derecho de preferencia, deberá pagar por las instalaciones, equipos y bienes que pretenda adquirir. El precio a pagar será el que determine el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (Indaabin) con base en el procedimiento establecido en la propia LFTR, que otorga la garantía de audiencia al concesionario.⁶²³

Este derecho de preferencia está referido a concesiones, por lo que no sería aplicable a instalaciones, equipos y demás bienes utilizados para prestar el servicio de provisión de capacidad satelital con satélites extranjeros, en atención que éstos sólo necesitan de una autorización y ya no de una concesión,⁶²⁴ por lo que sería inaplicable el derecho de preferencia.

VII. REVOCACIÓN

La revocación de una concesión o de una autorización es la sanción máxima para un concesionario o autorizado, en atención a que dicho acto impedirá que se continúe la explotación de los recursos orbitales o la prestación de los servicios satelitales.

⁶²² Artículo 116 de la LFTR.

⁶²³ Artículos 108 y 116 de la LFTR.

⁶²⁴ Artículo 116 de la LFTR.

La revocación da por terminada una concesión o una autorización por un acto de la autoridad (IFT), por lo cual el IFT tendrá que respetar la garantía de audiencia y el debido proceso al concesionario o al autorizado.

Dependiendo de si se requiere una conducta reincidente o no, a las causales de revocación se les conoce como de revocación *inmediata* o que requiere repeticiones de conducta. En ambos casos el IFT tiene el deber de llevar a cabo el procedimiento respectivo observando las etapas y los plazos de ley.

Dentro de las causales de revocación *inmediata* relevantes para las concesiones y autorizaciones están: i) no iniciar la prestación de servicios dentro de los plazos; ii) no cumplir con las obligaciones que estén en su título y que esté expresamente prevista la causal de revocación; iii) cambiar de nacionalidad; iv) solicitar protección de algún gobierno extranjero; v) ceder, arrendar, gravar o transferir las concesiones/autorizaciones en contravención de la ley; vi) no cumplir con las obligaciones que sirvieron de base para el otorgamiento de la concesión; vii) cambiar las bandas de frecuencias asignadas; viii) tratándose de agentes económicos preponderantes o con poder sustancial, cuando se beneficien de la regla de gratuidad de la retransmisión de señales de televisión; ix) otros casos previstos en el marco jurídico (por ejemplo, no tener un plan de reemplazo de satélites).⁶²⁵

De la revocación por reincidencia, aplicarían en los demás casos previstos en la LFTR, y existen dos supuestos: 1) la reincidencia en dos ocasiones con sanciones que hayan causado estado, y pueden ser de cualquier causal de sanción, y 2) la reincidencia en dos ocasiones con sanción por no pagar a la Tesorería de la Federación las contraprestaciones y derechos que tuviera que realizar.

Las causales de reincidencia aplicables para cuestiones satelitales incluyen: i) ejecutar actos que contravengan la LFTR e impidan a los concesionarios actuar; ii) no otorgar las garantías

⁶²⁵ Disposición 57 de las Disposiciones Regulatorias Satelitales; Artículo 303 de la LFTR.

que el IFT le hubiera impuesto; iii) suspender servicios de telecomunicaciones por más de veinticuatro horas y de radiodifusión por más de tres días, en más del 50% de la zona de cobertura, sin justificación y sin autorización del IFT; iv) incumplir las resoluciones firmes del IFT relativas a prácticas monopólicas; v) incumplir con resoluciones del IFT de separación contable, funcional o estructural; vi) utilizar las concesiones para fines distintos de los solicitados al IFT.⁶²⁶

La persona titular de una concesión o autorización que haya sido revocada estará inhabilitada para obtener una nueva concesión o autorización —por sí misma o a través de otra persona— por un plazo de cinco años a partir de que la revocación haya quedado firme.⁶²⁷

VIII. RESCATE Y CAMBIO DE RECURSOS ORBITALES

El cambio o rescate de frecuencias y recursos orbitales puede deberse a diversas razones.

- El cambio implica que el IFT resuelve dar otras frecuencias o recursos orbitales al concesionario para que pueda continuar prestando los servicios de que se trate, sin que proceda alguna indemnización.
- El rescate “constituye un acto administrativo a través del cual la autoridad concedente extingue anticipadamente una concesión, por razones de interés público, asumiendo la administración pública, desde ese momento, la explotación de la materia de la concesión e indemnizando al concesionario por los daños o perjuicios que se le ocasionen con dicha medida”.⁶²⁸

⁶²⁶ Artículo 303 de la LFTR.

⁶²⁷ Artículo 304 de la LFTR.

⁶²⁸ “Concesión administrativa. Sus formas de extinción”, Tesis: IV.2o.A.123 A, *Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta*, Novena Época, t. XXI, enero de 2005, p. 1738, registro digital: 179641.

La LFTR establece los mismos supuestos para que proceda el cambio o rescate:⁶²⁹

- Por razones de interés público.
- Por seguridad nacional cuando lo solicite el Ejecutivo Federal.
- Para la introducción de nuevas tecnologías.
- Para solucionar interferencias perjudiciales.
- Para cumplir con tratados internacionales.
- Para el reordenamiento de bandas de frecuencias.
- Para la continuidad de un servicio público.

El cambio procede a petición de parte o de oficio. Si es a petición de un concesionario, el IFT debe resolver en noventa días. Si se trata de un intercambio de recursos orbitales entre concesionarios, el IFT tiene 45 días para resolver. Si de oficio el IFT decide el cambio de frecuencias, primero notifica al concesionario para que manifieste lo que a su derecho convenga; si no lo hiciera, se entenderá que rechaza la propuesta de cambio. Para que proceda el cambio, el o los concesionarios deben previamente aceptar las nuevas condiciones que le llegara a imponer el IFT.

El rescate tiene un procedimiento previsto en la LFTR a través del cual el IFT notifica al concesionario de la determinación y justificación del rescate. El concesionario tiene oportunidad de responder, ofrecer pruebas y alegatos para que el IFT resuelva en definitiva.

Por virtud del rescate, procede indemnizar, para lo cual el IFT establecerá la indemnización —pudiendo ser auxiliada por el Indaabin—, y recibirá los comentarios del concesionario en caso de que este no esté de acuerdo. Tras resolver el IFT sobre la indemnización, el concesionario podrá recurrir a los tribunales especializados en materia de competencia económica,

⁶²⁹ Artículo 105 de la LFTR.

radiodifusión y telecomunicaciones, quienes resolverán en definitiva.⁶³⁰

La declaratoria de rescate hace que los bienes materia de la concesión (por ejemplo, frecuencias) vuelvan a la posesión, al control y a la administración del Estado mexicano.

IX. REQUISA

La requisa es una figura jurídica que se emplea cuando el gobierno interviene para asegurar la continuidad de la prestación de un servicio, de alguna actividad o de la operación o funcionamiento de alguna infraestructura, que sea indispensable para la sociedad, y que temporalmente el concesionario no puede prestar por una circunstancia específica.

En telecomunicaciones, la requisa procede en casos de desastre natural, de guerra, de grave alteración del orden público, de peligro inminente para la seguridad nacional, la paz interior del país o para la economía nacional, o bien para garantizar la continuidad de la prestación de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión.

La requisa la declara el Ejecutivo Federal —a través de la SICT— sobre las vías generales de comunicación (por ejemplo, sistemas de comunicación vía satélite), e incluirá los bienes y derechos para operarlas. El IFT brindará el apoyo técnico que se requiera para la requisa.⁶³¹

Para efectos de la requisa, y conforme a dichos ordenamientos, el gobierno federal designará a una administradora para cumplir con las finalidades de la requisa, y podrá ocupar al personal que fuera necesario para la prestación del servicio de que se trate. La requisa durará mientras subsistan las condiciones que la

⁶³⁰ Artículo 108 de la LFTR.

⁶³¹ Artículo 117 de la LFTR.

motivaron, y el gobierno federal deberá indemnizar a los interesados por los daños y perjuicios ocasionados.⁶³²

Finalmente, cabe recordar que si bien todos los servicios de telecomunicaciones y la comunicación vía satélite son importantes para el país, la requisa debe utilizarse únicamente en casos extremos, y sólo respecto de aquellas redes o sistemas que sean fundamentales y que no encuentren un sustituto. Debe evitarse recurrir a la requisa por razones como la huelga o la quiebra de un concesionario, salvo que se trate de los concesionarios cuya infraestructura y servicios no encuentren un sustituto equivalente ni con una capacidad suficiente. Un análisis objetivo, fuera de política, muy probablemente muestre que son contadas las vías generales de comunicación explotadas por un concesionario específico que podrían justificar la requisa.

⁶³² Artículo 117 de la LFTR.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Investigar sobre cuestiones satelitales y del espacio exterior desde la perspectiva del derecho y la política pública pone de relieve que normalmente las fuentes dividen, por una parte, lo que concierne al espacio exterior con el enfoque de los tratados y convenios del espacio en el seno de las Naciones Unidas, y, por otra parte, respecto de lo satelital con la regulación internacional de la UIT y el marco jurídico nacional aplicable.⁶³³

En el idioma español, las fuentes de información jurídicas de la materia de esta obra son los tratados, los convenios y las leyes aplicables; son escasos los análisis académicos y de investigación desde el derecho. Una razón de ello puede ser porque la comunicación vía satélite y lo espacial son áreas que en América Latina pocas abogadas están especializadas en ello, algunos países ya forman parte de aquellos con actividades espaciales, mientras que la mayoría de los países aún están por ingresar a estas. Así, a pesar de que existe investigación, obras académicas, e incluso casos e interpretaciones judiciales con relación a otros servicios de las telecomunicaciones, eso no sucede en lo que concierne a la comunicación vía satélite.

Para una persona estudiosa del derecho y para quienes vayan a tomar decisiones de política pública en cuestiones del espacio y

⁶³³ La investigación supone tener un objetivo a alcanzar y una ruta para lograrlo; sin embargo, en el desarrollo de la investigación muchas veces se requiere ampliar o reducir su alcance para que los resultados aporten al conocimiento. El objetivo inicial de la investigación de esta obra fue identificar el marco jurídico normativo de la comunicación vía satélite en México —en su perspectiva nacional e internacional— y sus principales retos. En el camino, dicho objetivo inicial se amplió, por la interrelación existente entre las actividades espaciales en general y la comunicación vía satélite.

de satélites, no basta con conocer los tratados y convenios del espacio y de la UIT y la legislación nacional, sino que es indispensable entender diferentes aspectos que incidirán necesariamente en el marco jurídico que provienen de la naturaleza (por ejemplo, órbitas terrestres), del cosmos (por ejemplo, clima espacial), de la ingeniería y de la física (por ejemplo, campos magnéticos en los cinturones de Van Allen), así como de los desarrollos tecnológicos, de los negocios conocidos (por ejemplo, comunicación vía satélite) y aquellos en etapas iniciales (por ejemplo, minería espacial, turismo espacial).

No es posible en una sola obra abordar a profundidad cada una de las facetas involucradas en las cuestiones espaciales/satelitales, por lo que este libro ha buscado ser una primera aproximación que invite a la realización de nuevas investigaciones en los distintos temas presentados y en habla hispana.

Además, no debe perderse de vista que los cambios son y serán constantes y veloces en todo lo espacial/satelital. De tal suerte que las respuestas tanto desde el derecho como desde la política pública deberán buscarse no sólo en los principios generales del derecho y en los del espacio exterior plasmados desde los instrumentos internacionales de las décadas de 1960 y 1970, sino también en principios que rigen otras materias, los cuales pueden ser aplicables por extensión o por analogía.

I. LECCIONES DE LA HISTORIA

Los orígenes de las actividades espaciales estuvieron vinculados a los gobiernos de los Estados nación, en un contexto de la guerra fría, lo cual está reflejado en los tratados y convenios adoptados en el seno de la ONU.

De destacarse es que el primer tratado internacional que abordó cuestiones espaciales fue el RR-UIT, que en 1959 definió y atribuyó bandas de frecuencias para servicios espaciales, servicios Tierra-espacio y estación espacial. Desde entonces hasta la

fecha, el RR-UIT ha venido actualizándose periódicamente en las CMR para responder a los nuevos retos y necesidades de la comunidad internacional.

En contraste, los tratados del espacio desde su expedición en las décadas de 1960 y 1970 jamás han sido modificados a pesar de que la situación actual indica que diversas cuestiones pueden necesitar actualizarse a la nueva realidad. Esta es una nueva línea de investigación para encontrar las razones que llevan a que un tratado internacional como lo es el RR-UIT sea modificado cada tres o cuatro años, mientras que los demás tratados lleven más de cuarenta años sin actualizarse. Asimismo, debe investigarse para elaborar propuestas y análisis de los cambios a dichos tratados con la finalidad de que preserven la equidad y la sostenibilidad en el espacio.

El sector espacial/satelital está sujeto a una dinámica de cambio y de recomposición constantes derivada de múltiples factores: la geopolítica; los avances en las tecnologías de la información y de las comunicaciones que ha catapultado lo que puede hacerse en el espacio; la incursión de nuevos actores espaciales; la necesidad de proveer servicios de banda ancha sin importar la ubicación; la interrelación de las investigaciones espaciales con la vida cotidiana en la Tierra; el mayor conocimiento del clima espacial para preservar los satélites en funcionamiento y hasta prolongar su vida útil.

Desafortunadamente, ese dinamismo y recomposición continúa siendo de acceso privilegiado para ciertos países, empresas y centros de investigación. Alguien podría argumentar que el espacio es de toda la humanidad, y que cualquier país, empresa y universidad tiene acceso a él. Es cierto únicamente en teoría, pues las actividades espaciales exigen inversiones económicas cuantiosas y la disponibilidad de tecnología y el desarrollo de capacidades a lo largo del tiempo, con lo cual se excluye *de facto* a la mayor parte de los países.

Por tanto, las preocupaciones iniciales en la exploración del espacio de que los beneficios de las actividades espaciales sola-

mente favorecieran a unos cuantos siguen más vivas que nunca, incluso, con mayor intensidad, por el fácil acceso de ciertos consorcios a la creación y colocación de constelaciones de miles de satélites en la órbita LEO, por ejemplo.

II. MARCO JURÍDICO Y NORMATIVO EN MATERIA ESPACIAL Y SATELITAL

El marco jurídico y normativo en materia espacial y satelital debe estudiarse de manera integral, considerando además que existe una parte internacional y otra de derecho nacional, y que dentro de la parte internacional algunos instrumentos son vinculantes, y algunos más son recomendaciones sin obligatoriedad.

Es claro que en un caso concreto podrán ser aplicables algunos instrumentos y otros no, lo cual no resta a la necesidad de un análisis e interpretación sistemática del marco jurídico y normativo con base en el escenario actual de las actividades espaciales, los actores del espacio y la necesidad de lograr la sostenibilidad del espacio.

Así, a nivel internacional, hablar del marco jurídico y normativo en materia espacial y satelital incluye necesariamente la Constitución y el Convenio de la UIT, el RR-UIT, el Tratado del Espacio, el Acuerdo de Salvamento, el Convenio de Responsabilidad, el Convenio de Registro de Objetos, el Acuerdo de la Luna, el derecho internacional, la costumbre internacional, los principios jurídicos, las Directrices contra la Basura Espacial, las Directrices de Sostenibilidad del Espacio y otras normas.

El evitar interferencias perjudiciales y la coexistencia de sistemas satelitales y terrestres es, ha sido y seguirá siendo de los temas principales tanto para la UIT como para los Estados miembro, las empresas del sector y de importancia para la sociedad.

Las decisiones que se adoptan en la UIT son a través de sus Estados miembro; sin embargo, la presencia cada vez más significativa del sector empresarial, comercial y de la academia en actividades espaciales debe tenerse presente.

Hoy día se concentran satélites en empresas globales que pueden tenerlos bajo la bandera de cualquier país, aun cuando estén bajo la dirección y los intereses de su corporativo en un país en específico. ¿Cuál es el rol de la UIT y de los países con esta nueva composición del escenario espacial? Esto debe ser objeto de una nueva investigación.

La UIT debe velar por un acceso equitativo, un uso racional y efectivo de las órbitas y las frecuencias asociadas, lo cual es un delgado y complejo equilibrio. Los actores espaciales —gubernamentales, privados y de la academia— están concentrados en algunos países que encabezan las actividades espaciales, mientras que el resto de los países tienen una participación pequeña, marginal o nula.

Así como es cierto que el futuro de las comunicaciones está en el espacio, lo verdaderamente incierto es que —con el marco jurídico actual— se logre un acceso equitativo al espacio por parte de todos los países, y que la humanidad se beneficie de los frutos de las actividades espaciales.

Los planes espaciales fueron la respuesta a un momento histórico preciso, y, aunque siguen teniendo su utilidad, la comunidad internacional no puede cerrar los ojos a la existencia de constelaciones de miles de satélites de consorcios de países que han sido actores espaciales desde sus inicios. ¿Debe reactivarse la discusión sobre el acceso equitativo a órbitas y frecuencias a la luz de las nuevas realidades?

El dicho popular de que *no hay nada nuevo bajo el Sol* pudiera esgrimirse ante el debate del acceso equitativo en cuanto a órbitas LEO, por ejemplo. Sin embargo, los retos pueden exponenciarse, pues aunque en teoría los países pueden estar de acuerdo en el acceso equitativo, existen diferencias importantes entre sistemas satelitales en las órbitas LEO y GEO. En el caso de la órbita GEO, se podría saber su dimensión, ¿cómo saber el “tamaño” de las órbitas LEO? A eso deben añadirse los principios de uso racional y efectivo.

III. SOSTENIBILIDAD DEL ESPACIO, ESENCIAL PARA LA HUMANIDAD

La humanidad depende de que las actividades espaciales puedan realizarse y se lleven a cabo en un entorno seguro, pacífico y de colaboración, de ahí que la sostenibilidad del espacio merezca atenderse con prioridad y de manera adecuada.

Dentro de la sostenibilidad deben considerarse medidas para la reducción y eliminación de la basura espacial, el desarrollo y precisión de la Conciencia Situacional Espacial, las propuestas de reglas para el tránsito seguro y el manejo de tráfico en el espacio, entre muchos otros elementos. Adicionalmente, la sostenibilidad tiene que ir de la mano de investigaciones científicas, como, por ejemplo, sobre el clima espacial.

El marco normativo en relación con la sostenibilidad pareciera estar actualmente vinculado sólo a la buena voluntad de los países y empresas para adoptar las medidas para procurarla. Sin embargo, el derecho internacional —que también es aplicable a las actividades del espacio— puede dar respuesta, cauce y obligatoriedad a dichas medidas. Deberán realizarse investigaciones y análisis jurídicos para proponer si el principio de responsabilidad y de “el que contamina paga” son igualmente aplicables al espacio, por ejemplo.

IV. LO SATELITAL Y ESPACIAL EN MÉXICO

Si bien la historia muestra un impulso desde fines de 1957 para que México incursionara en actividades espaciales y el país ha sido parte de la UIT y de la COPUOS de manera constante e ininterrumpida, la desaparición de la Comisión Nacional del Espacio Exterior en 1977 pudo contribuir a que no se diera la importancia que merece la investigación espacial y el desarrollo de una industria espacial nacional.

México tuvo por muchos años a la comunicación vía satélite desde la Constitución como una actividad estratégica, que implicó que únicamente el Estado pudiera prestarla, hasta que en 1995 cambió su categoría a actividad prioritaria, para permitir que el sector privado participara.

A pesar de que México tiene un régimen abierto a la competencia, permite el 100% de inversión extranjera y cuenta con un marco regulatorio aceptable; de las cinco licitaciones públicas llevadas a cabo en este siglo para otorgar concesiones para ocupar cuatro POG con sus frecuencias asociadas, únicamente una ha concluido con éxito, y el resto han sido declaradas desiertas por falta de participantes.

Los pésimos resultados de las licitaciones para concesiones de POG y sus frecuencias debieran ser suficientes para, de inmediato, realizar un análisis de la política pública en materia satelital, con la finalidad de replantearla y hacer de México un país atractivo tanto para la comunicación por satélites como para la realización de actividades espaciales a través de satélites.

Recuérdese que el mercado de oferentes de servicios satelitales es uno global, por lo que si México ha dejado de ser atractivo desde hace décadas para obtener satélites bajo su bandera, con carácter de urgente deben hacerse las modificaciones al marco jurídico y a la política pública vigente para revertir esta situación.

Finalmente, debe realizarse investigación para determinar si efectivamente la CSRE es el factor que está inhibiendo la inversión y el desarrollo de un sector satelital bajo la bandera de México.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBANY, Zulfikar, *Cementerio espacial marino: cohetes, satélites y estaciones terminan en el fondo del mar*, DW, Berlín, 2021, disponible en: <https://www.dw.com/es/cementerio-espacial-marino-cohetes-sat%C3%A9lites-y-estaciones-terminan-en-el-fondo-del-mar/a-57562297>.
- Acuerdo por el que se Establecen Arreglos Provisionales para un Sistema Satelital de Comunicaciones Comerciales, 20 de agosto de 1964.
- Acuerdo que Debe Regir las Actividades de los Estados en la Luna y Otros Cuerpos Celestes, 1979.
- Acuerdo Relativo a la Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite “Intelsat”, 20 de agosto de 1971.
- Acuerdo sobre el Salvamento y la Devolución de Astronautas y la Restitución de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre, 1968.
- AGENCIA ESPACIAL MEXICANA, *¿Qué hacemos?*, Gobierno de México, consulta: 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.gob.mx/aem/es/que-hacemos>.
- AGENCIA ESPACIAL MEXICANA, *Walter Cross Buchanan, (1906-1907), Hacia el espacio*, México, 2017 disponible en: <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=533>.
- ÁLVAREZ, Clara Luz, *Derecho de las telecomunicaciones*, México, Cámara de Diputados-Miguel Ángel Porrúa, 2008, disponible en: <https://claraluzalvarez.org/wp-content/uploads/2023/03/derecho-de-las-comunicaciones-1a-ed.pdf>.
- ÁLVAREZ, Clara Luz, *Telecomunicaciones y radiodifusión en México*, Posgrado de Derecho de la UNAM, México, 2018, http://derecho.posgrado.unam.mx/site_cpd/public/publis_cpd/telecomyradiodifjenMX.pdf.

- ASAMBLEA GENERAL, *Resolución mediante la que se aprueba la Agenda “Espacio 2030”: el espacio como motor del desarrollo sostenible*, 2021, disponible en: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N21/307/35/PDF/N2130735.pdf?OpenElement>.
- BOHLMANN, Ulrike y PETROVICI, Gina, “Developing planetary sustainability: Legal challenges of Space 4.0”, *Global Sustainability*, Cambridge, Cambridge University Press, vol. 2, julio de 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1017/sus.2019.10>.
- BRAUN, Teresa, *Satellite Communications Payload and System*, John Wiley & Sons, Inc., Nueva Jersey, 2012, disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/updf-ebooks/detail.action?docID=875929>.
- BYERS, Michael y BOLEY, Aaron, *Who Owns Outer Space?: International Law, Astrophysics, and the Sustainable Development of Space*, Cambridge, Cambridge University Press, 2023, disponible en: doi.org/10.1017/9781108597135
- CLORMANN, Michael y KLIMBURG-WITJES, Nina, “Troubled Orbits and Earthly Concerns: Space Debris as a Boundary Infrastructure”, *Science, Technology, & Human Values*, Londres, núm. 5, vol. 47, junio de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1177/01622439211023554>.
- COCHETTI, Roger, *Mobile Satellite Communications Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2014.
- COFETEL, *Informe de Labores de septiembre de 1997 a mayo de 1999*, México.
- COLEGIO DE MÉXICO, *Diccionario del español mexicano*, “Sustentable”, México, disponible en: <https://dem.colmex.mx/Ver/sustentable>.
- COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, *Acta de Fallo de la Licitación para el otorgamiento de una concesión para ocupar la posición orbital geoestacionaria 77° Oeste, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias, derechos de emisión y recepción de señales (Licitación no. 14, Segunda Convocatoria)*, Pleno en sesión extraordinaria de 24 de noviembre de 2004 mediante acuerdo P/EXT/241104/59.

- COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, *Bases de licitación para el otorgamiento de una concesión para ocupar la posición orbital geostacionaria 77° Oeste, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias, derechos de emisión y recepción de señales* (Licitación núm. 14, Segunda Convocatoria), Pleno, condición 9.5.
- COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, *Primer Informe Anual*, México, Comisión Federal de Telecomunicaciones, 1997.
- COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, *Regulación Satelital en México*, México, Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2013, disponible en: <https://www.ifet.org.mx/espectro-radioelectrico/regulacion-satelital-en-mexico-estudio-y-acciones#:~:text=Satelital%20en%20M%C3%A9xico,-Estudio%20y%20Acciones,comunicaciones%20satelitales%20en%20el%20pa%C3%ADs>.
- COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, *Resolución mediante la cual el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones declara desierto el proceso de licitación para el otorgamiento de una concesión para ocupar la posición orbital geostacionaria 109.2° Oeste y explotar las bandas de frecuencias 19.7-20.2 GHz y 29.5-30.0 GHz asociadas y los derechos de emisión y recepción de señales para el servicio fijo por satélite y el servicio móvil por satélite* (“Licitación núm. 19, Segunda Convocatoria, de fecha 30 de mayo de 2006, Acuerdo P/300507/300, antecedente V).
- COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS (COPUOS), *Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales (Directrices contra la Basura Espacial)*, 2007, disponible en: <https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf>.
- COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2022*, Viena, última actualización: 18 de marzo de 2022, consulta: 15 de mayo de 2023, disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2022/aac_105c_22022crp/aac_105c_22022crp_10_0_html/AAC105_C2_2022_CRP10E.pdf.

- “Concesión administrativa. Sus formas de extinción”, Tesis: IV.2o.A.123 A, *Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta*, Novena Época, t. XXI, enero de 2005, registro digital: 179641.
- CONTANT-JORGENSON, Corinne, *Cosmic Study on Space Traffic Management*, París, International Academy of Astronautics, 2006, disponible en: https://www.black-holes.eu/resources/IAA_spacetrafficmanagement.pdf.
- Convenio Constitutivo de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite (INMARSAT), 3 de septiembre de 1976.
- Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre, 1975.
- Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales, 1972.
- CORBIN, Benjamin, *Global Trends in on Orbit Servicing, Assembly and Manufacturing (OSAM)*, Institute for Defense Analyses Science & Technology Policy Institute, Virginia, 2020, disponible en: <https://www.ida.org/-/media/feature/publications/g/gl/global-trends-in-on-orbit-servicing-assembly-and-manufacturing->.
- DE WAAL ALBERTS, Anton, “Answering an orbit full of questions: a proposed framework to provide legal certainty on the current and future state of the law regulating satellite constellations”, en FROEHLICH, Annette, *Legal Aspects Around Satellite Constellations*, European Space Policy Institute y Springer, Viena-Cham, 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06028-2>.
- Decreto por el que se expidió la Ley Federal de Telecomunicaciones, *Diario Oficial de la Federación*, 7 de junio de 1995.
- Decreto presidencial publicado en el *Diario Oficial* del 31 de agosto de 1962.
- DENIS, Gil *et al.*, “From new space to big space: How commercial space dream is becoming a reality”, *Acta Astronautica*, vol. 166, 2020, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.actastro.2019.08.031>.
- DOODY, David, *Basics of Space*, NASA, disponible en: <https://solarsystem.nasa.gov/basics/chapter51/#:~:text=Types%20of%20>

BIBLIOGRAFÍA

223

Orbits-, Geosynchronous %20Orbits, to %20wander %20north %20and %20south.

- DOYLE, Stephen, “Equitable Aspects of Access to and Use of the Geostationary Satellite Orbit”, *Acta Astronautica*, núm. 6, vol. 17, 1988, disponible en: [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(88\)90209-3](https://doi.org/10.1016/0094-5765(88)90209-3).
- DUARTE, Carlos, *¡Feliz cumpleaños, Explorer I!*, México, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes – Agencia Espacial Mexicana, 2018, disponible en: <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=761>.
- DUARTE, Carlos, *Todo listo para el lanzamiento del satélite Centenario*, Agencia Espacial Mexicana: Hacia el Espacio, México, 2015, disponible en: <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=253>.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *About Payload Systems*, European Space Agency, disponible en: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/About_Payload_Systems.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *Gravity satellite to benefit future missions*, ESA, 2012 disponible en: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/GOCE/Gravity_satellite_to_benefit_future_missions.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *Near-Earth Objects – NEO Segment*, Space Safety, París, disponible en: https://www.esa.int/Space_Safety/Near-Earth_Objects_-_NEO_Segment.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *Structures and Mechanisms*, ESA, disponible en: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Structures_and_Mechanism.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *Thermal Control*, disponible en: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Thermal_Control.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *Types of orbits*, ESA, 2020, disponible en: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Types_of_orbits.

- EUROPEAN SPACE AGENCY, *What is Galileo?*, disponible en: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo.
- EUROPEAN SPACE AGENCY, *Where's the International Space Station*, disponible en: https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/International_Space_Station/Where_is_the_International_Space_Station.
- Exposición de motivos a la iniciativa del Ejecutivo Federal del 18 de enero de 1995 para reformar el cuarto párrafo del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (EUA), *Launch activity and orbital debris mitigation: second quarter 2002 – Quarterly Launch Report*, Washington, D. C., 2002, disponible en: https://rosap.nsl.bts.gov/view/dot/15757/dot_15757_DS1.pdf.
- FORBES, “Cohete que transportaba satélite Centenario se estrella en Siberia”, *Forbes*, México, 2015, disponible en: <https://www.forbes.com.mx/cohete-que-transportaba-satelite-centenario-se-estrella-en-siberia/>.
- GLONASS, About GLONASS, disponible en: https://glonass-iac.ru/spa/about_glonass/.
- GOBIERNO FEDERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, *Convenio que celebran el Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos, Telefónica Autrey, S. A. de C. V., Ediciones Enigma, S.A. de C. V., Loral Space & Communications Ltd, Loral Satmex, Ltd, y Servicios Corporativos Satelitales, S.A. de C. V.*, de fecha 29 de diciembre de 1997.
- GOHD, Chelsea, “Russian anti-satellite missile test draws condemnation from space companies and countries”, *space.com*, última actualización 10 de agosto de 2022, última consulta: 5 de junio de 2023, disponible en: <https://www.space.com/russian-anti-satellite-missile-test-world-condemnation>.
- GONZÁLEZ ANINAT, Raimundo, “Devenir y porvenir del derecho espacial”, *Revista de Temas Constitucionales*, Bogotá, 2007, disponible en: <http://historico.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/juicio/cont/5/cnt/cnt5.pdf>.

- HARRISON, Todd, *Escalation and Deterrence: In the Second Space Age*, Center for Strategic and International Studies (CSIS), Washington, D. C., 2017, disponible en: <https://www.jstor.org/stable/resrep23194.3>.
- HOBE, Stephan *et al.* (eds.), *Cologne Commentary on Space Law*, volume I: Outer Space Treaty, Carl Heymanns Verlag, Cologne, 2010.
- Iniciativa del Presidente de los Estados Unidos Mexicanos del 3 de diciembre de 1982.
- INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones actualiza el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2021.
- INSTITUTO FEDERAL DE TELÉCOMUNICACIONES, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emita la convocatoria y las bases de licitación pública para concesionar el uso, aprovechamiento y explotación comercial de 40 MHz de espectro radioeléctrico disponibles en la banda de frecuencias 2000-2020/2180-2200 MHz para la prestación del servicio complementario terrestre del servicio móvil por satélite (Licitación No. IFT- 9)”, México, aprobado el 10 de abril de 2019, acuerdo P/IFT/100419/173, considerando tercero, inciso b).
- INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, “Resolución mediante la cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones declara desierto el procedimiento de licitación para otorgar concesiones para ocupar las posiciones orbitales geoestacionarias 113° Oeste y 116.8° Oeste y explotar las bandas de frecuencias asociadas C y Ku extendidas, así como los derechos de emisión y recepción de señales para la provisión de capacidad satelital para el servicio fijo por satélite” (Licitación núm. IFT- 2), aprobada por el Pleno en su XVI sesión ordinaria del 5 de noviembre de 2014.

- INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES, “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite”, México, *Diario Oficial de la Federación*, 23 de enero de 2023 [Disposiciones Regulatorias Satelitales].
- INTER-AGENCY SPACE DEBRIS COORDINATION COMMITTEE, *What’s IADC*, última actualización: 2019, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: https://www.iadc-home.org/what_iadc.
- INTERSPUTNIK, *About Intersputnik: Five Decades in Outer Space*, Moscú, última actualización: 2020, disponible en: <https://intersputnik.int/about/organization/>.
- JOHNSON, Kaitlyn, *Rendezvous and Proximity Operations, Center for Strategic and International Studies (CSIS)*, Washington, D. C., 2020, disponible en: <https://www.jstor.org/stable/resrep26047.7>.
- JUÁREZ, Claudia, “Satmex en la órbita de Eutelsat”, *El Economista*, México, 2014, disponible en: <https://www.economista.com.mx/empresas/Satmex-en-la-orbita-deEutelsat-20140102-0028.html#>.
- KA, Omar, *Results and implications of World Radiocommunications Conference*, 2017, disponible en: https://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/rrs/2017-Africa/Documents/Plenary/03_%20WRC-15%20Outcomes.pdf.
- KENNEDY, Charles y PASTOR, Verónica, *An introduction to International Telecommunications Law*, Norwood, Artech House on Demand, 1996.
- KODHELI, Oltjon, “Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Nueva York, núm. 1, vol. 23, 2021, disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9210567>.
- KOENIG, Christian y BUSCH, Martin, “Regulation in Outer Space – The Assignment of Rights to Orbit Positions and Frequency Usage by Telecommunications Satellites”, *Eur. Networks L. & Reg. Q.*, Berlín, 2013, disponible en: <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/enr1&div=7&id=&page=>.

- LOFF, Sarah, *Explorer 1 Overview*, NASA, 2017, disponible en: https://www.nasa.gov/mission_pages/explorer/explorer-overview.html.
- LOGSDON, John, *How a launch vehicle works*, Britannica, Chicago, última actualización: 23 de abril de 2023, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.britannica.com/technology/launch-vehicle/How-a-launch-vehicle-works>.
- MALLOWAN, Lucas *et al.*, “Reinventing treaty compliant «safety zones» in the context of space sustainability”, *Journal of Space Safety Engineering*, Ámsterdam, núm. 2, vol. 8, junio de 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jssse.2021.05.001>.
- MARTÍNEZ, Peter, “The UN COPUOS Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities”, *Journal of Space Safety Engineering*, vol. 8, núm. 1, 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jssse.2021.02.003>.
- MCCORMICK, Patricia y MECHANICK, Maury, *The Transformation of Intergovernmental Satellite Organisations: Policy and Legal Perspectives*, BRILL, Países Bajos, 2013.
- MEJÍA-KAISER, Martha, *The Geostationary Ring*, Brill, Leiden, 2020.
- MERCHÁN, Carlos, *Telecomunicaciones*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1988.
- MERRIAM-WEBSTER, “Transponder Definition & Meaning”, *Merriam Webster Dictionary*, disponible en: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/transponder>.
- NASA ORBITAL DEBRIS PROGRAM OFFICE, “Two More On-orbit Fragmentations in 2022”, *Orbital Debris: Quarterly News*, Texas, núm. 1, vol. 27, 2023, disponible en: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv27i1.pdf>.
- NASA, ¿Qué es el AztechSat-1?, NASA, disponible en: <https://ciencia.nasa.gov/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-aztechsat-1>.
- NASA, “¿A dónde van los satélites viejos cuando mueren?”, última actualización: 2022, disponible en: <https://spaceplace.nasa.gov/spacecraft-graveyard/sp/>.

- NASA, *Arabsat 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-015A>.
- NASA, *Aryabhata*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1975-033A>.
- NASA, *Brazilsat 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-015B>.
- NASA, *DFH 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1970-034A>.
- NASA, *Explorer 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, Texas, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1958-001A>.
- NASA, *Mexsat 3*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2012-075B>.
- NASA, *Morelos 3*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-056A>.
- NASA, *Morelos-A*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, Texas, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1985-048B>.
- NASA, *Palapa 1*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1976-066A>.
- NASA, *Space Debris and Human Spacecraft*, Space Station, Texas, 2021, 2021, disponible en: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html.
- NASA, *Sputnik 2*, NASA Space Science Data Coordinated Archive, Texas, disponible en: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1957-002A>.

- NASA, *What is an Orbit?*, NASA, 2010, disponible en: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-orbit-58.html>.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, "What is space weather?", *Education and Outreach*, Broadway, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.swpc.noaa.gov/content/education-and-outreach>.
- NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL (EUA), *National Low Earth Orbit Research and Development Strategy*, Washington, D. C., 2023, disponible en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/NATIONAL-LEO-RD-STRATEGY-033123.pdf>.
- NATIONAL SECURITY ARCHIVE, *What's Up There, Where is it, and What's it Doing? The U.S. Space Surveillance Network*, Washington, D. C., 2023, disponible en: https://nsarchive.gwu.edu/briefing-book/intelligence/2023-03-13/whats-there-where-it-and-whats-it-doing-us-space-surveillance#_edn1.
- NATIONAL SECURITY TECHNOLOGY ACCELERATOR, *Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)*, California, 2023, disponible en: <https://nstxl.org/space-situational-awareness-and-space-traffic-management/>.
- NERI VELA, Rodolfo y LANDEROS, Salvador, *Comunicaciones por satélite*, México, Universidad Veracruzana, 2015.
- OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASUNTOS DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE (UNOOSA), *What is UN-SPIDER?*, UNOOSA, disponible en: <https://www.un-spider.org/about/what-is-un-spider>.
- OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASUNTOS DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE (UNOOSA), *Roles and Responsibilities*, UNOOSA, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/roles-responsibilities.html>.
- OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASUNTOS DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE (UNOOSA), *Space Law: Resolutions*,

Naciones Unidas, UNOOSA, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/resolutions.html>.

OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA) Y EUROPEAN SPACE AGENCY, *Infographic 6: the history of space debris creation*, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, 2021, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>.

OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA) Y EUROPEAN SPACE AGENCY, *Infographic 7: the impact of space debris creation*, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, 2021, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>.

OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA) Y EUROPEAN SPACE AGENCY, *Infographic 3: the cost of avoiding collisions*, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>.

OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA) Y EUROPEAN SPACE AGENCY, *Infographic 2: falling to Earth takes a long time*”, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, última actualización: 10 de febrero de 2021, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>.

OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA) Y EUROPEAN SPACE AGENCY, *Infographic 5: the role of reentries*, UNOOSA and ESA space debris infographics and podcasts, Ginebra, 2021, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/informationfor/media/unoosa-and-esa-release-infographics-and-podcasts-about-space-debris.html>.

- OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA), *A Timeline of the Exploration and Peaceful Use of Outer Space*, Viena, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/timeline/index.html>.
- OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA), *Directrices Relativas a la Sostenibilidad a Largo Plazo de las Actividades en el Espacio Ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (Directrices de Sostenibilidad del Espacio)*, UNOOSA, Viena, 2021, disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/stspace/stspace79_0_html/st_space79 [Directrices de Sostenibilidad de Espacio].
- OFICINA PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR (UNOOSA), *Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*, UNOOSA, Viena, 2010, disponible en: https://www.unoosa.org/pdf/publications/st_space_49E.pdf.
- ONU, *Agreement governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, disponible en: https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXIV-2&chapter=24&clang=_en.
- ONU, *Agreement relating to the International Telecommunications Satellite Organization*, “INTELSAT”; (with annexes), disponible en: https://treaties.un.org/Pages/showDetails.aspx?objid=08000002800e8e08&clang=_en.
- ONU, *Convention on the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT)*, disponible en: <https://treaties.un.org/pages/showDetails.aspx?objid=08000002800f95d2>.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, *Resolución 1348 (XIII)*. *Cuestión del uso del espacio ultraterrestre con fines pacíficos*, aprobada en la 792a. sesión plenaria de la Asamblea General, 1958.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, *Resolución 1721 (XIV)*. *Cooperación Internacional para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con fines pacíficos*, aprobada en la 1085a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 20 de diciembre de 1961.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, *Resolución 1802 (XVII)*. *Cooperación Internacional para la Utilización del Espacio Ultraterrestre*

- con fines pacíficos*, aprobada en la 1192a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 14 de diciembre de 1962.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, *Resolución 1962 (XVIII). Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre*, aprobada en la 1280a. sesión plenaria de la Asamblea General celebrada el 13 de diciembre de 1963.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Hitos de la ITSO*, Washington D. C., disponible en: <https://itso.int/es/acerca-de-la-itso/hitos-de-la-itso/>.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, *Earth's Orbits at Risk: The Economics of Space Sustainability*, París, OCDE Publishing, 2022, disponible en: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/16543990-en/1/3/2/index.html?itemId=/content/publication/16543990->.
- PAPADOPOULOS, Loukia, “Here’s How the Chinese Tiangong Space Station Compares to the ISS”, última actualización: 21 de septiembre de 2021, última consulta: 5 de junio de 2023, disponible en: <https://interestingengineering.com/science/heres-how-the-chinese-tiangong-space-station-compares-to-the-iss>.
- PARDINI, Carmen y ANSELMO, Luciano, “The Kinetic casualty risk of uncontrolled re-entries before and after the transition to small satellites and mega-constellations”, *Journal of Space Safety Engineering*, Noordwijk, núm. 3, vol. 9, 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.04.003>.
- PELTON, Joseph, *Satellite Communications, International Space University y Springer*, Nueva York, 2012.
- PETIT, Alexis, “Assessment of the close approach frequency and collision probability for satellites in different configurations of large constellations”, *Advances in Space Research*, París, núm. 12, vol. 67, 2021, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.022>.
- PRASAD, Deva, “Relevance of the Sustainable Development Concept for International Space Law: An Analysis”, *Space*

- Policy*, vol. 37, 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2018.12.001>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, “Sustentable”, *Diccionario de la lengua española*, Madrid, última actualización: 2022, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <https://dle.rae.es/sustentable>.
- Reglamento de Comunicación vía Satélite, México, *Diario Oficial de la Federecación*, 1o. de agosto de 1997.
- Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.
- Reglamento de Servicios del Convenio Radiotelegráfico Internacional.
- RIA Novosti, *Así muere un satélite – infografía*, Satelital-Móvil, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.satelital-movil.com/2013/08/asi-muere-un-satelite-infografia.html>.
- RICHHARIA, Madhavendra y RICHHARIA, D., *Mobile satellite communications: Principles and trends*, Nueva Jersey, John Wiley & Sons, 2014.
- RIVIERE, Alice, “The rise of the LEO: Is there a need to create a distinct legal regime for constellations of satellites?”, en FROEHLICH, Annette (ed.), *Legal Aspects Around Satellite Constellations*, European Space Policy Institute y Springer, Viena-Cham, 2019, disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06028-2>.
- RODRÍGUEZ MEDINA, Ernesto, “Nuestro derecho al espacio. La órbita geoestacionaria: ¿una frustrada regulación?”, *Revista de Temas Constitucionales*, Bogotá, 2006, disponible en: <http://historico.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/juicio/cont/2/cnt/cnt4.pdf>.
- ROME, Primoz, “Every Satellite Orbiting Earth and Who Owns Them”, Dewesoft, 2022, disponible en: <https://dewesoft.com/daq/every-satellite-orbiting-earth-and-who-owns-them>.
- SATNOW, “What is a Launch Vehicle?”, *SaTNow*, 2022, disponible en: <https://www.satnow.com/community/what-is-a-launch-vehicle>.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Acuerdo que establece la política en materia satelital del Gobierno Federal*, publicado en el *DOF* del 15 de mayo de 2018.

- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Cuando el futuro nos alcanza. Sistema Satelital Mexicano*, México, SCT, disponible en: <https://elmirador.sct.gob.mx/cuando-el-futuro-nos-alcanza/sistema-satelital-mexicano>.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Libro Blanco del Sistema Satelital Mexicano para Seguridad Nacional y Cobertura Social*, del 2007 al 15 de octubre de 2012.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Libro Blanco: Sistema Satelital Mexicano MEXSAT*, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2012.
- SECURE WORLD FOUNDATION, *Space Sustainability: A Practical Guide*, Secure World Foundation, 2014, disponible en: https://swfound.org/media/206289/swf_space_sustainability-a_practical_guide_2018__1.pdf.
- SERVICIOS CORPORATIVOS SATELITALES, S. A. DE C. V., “*Pagaré*” a favor del Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos, de fecha 29 de diciembre de 1997.
- SPACE FOUNDATION EDITORIAL TEAM, *Space Situational Awareness*, Space Foundation, Colorado, disponible en: https://www.spacefoundation.org/space_brief/space-situational-awareness/.
- SSA, Madrid, consulta: 13 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.satcen.europa.eu/page/ssa>.
- UNDSETH, M., *Space Sustainability: The Economics of Space Debris in Perspective*, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, OECD Publishing, París, 2020, disponible en: <https://doi.org/10.1787/a339de43-en>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES – OFICINA DE RADIOCOMUNICACIONES, *Circular Administrativa CA/186*, 2009, disponible en: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.101.57.es.903.pdf>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Administrative Radio Conference (Geneva, 1959)*, Radio Conferences, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.85>.

- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Administrative Radio Conference (Geneva, 1979)*, Radio Conferences, Ginebra, consulta: 12 de mayo de 2023, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.101>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *API – Advance Publication Information*, disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/Pages/API.aspx>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Breve historia de la UIT (5)*, 2022, disponible en: https://www.itu.int/itunews/manager/display_pdf.asp?lang=en&year=2008&issue=03.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Breve historia de la UIT*, Ginebra, 2020, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.2000/s.210-es>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Estaciones terrenas en movimiento (ETEM)*, UIT, disponible en: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/Earth-stations-in-motion-satellite-issues.aspx>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Extraordinary Administrative Radio Conference to allocate frequency bands for space radiocommunication purposes (Geneva, 1963)*, Radio Conferences, Ginebra, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.89>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Frequency Bands for Space Radiocommunications Services*, Final Acts of the World Administrative Radio Conference for Space Telecommunications, July 17, 1971, entered into force Jan. 1, 1973.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Handbook on Satellite Communications*, 3a. ed., Wiley-Interscience, 2002.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *HAPS Sistemas de estaciones en plataformas a gran altitud*, UIT, última actualización: abril de 2022, disponible en: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/High-altitude-platform-systems.aspx>.

- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Introduction to BSS & FSS Plans*, Ginebra, 2022, disponible en: <https://www.itu.int/wrs-22/>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *ITU and space: Ensuring interference-free satellite orbits in LEO and beyond*, Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra, disponible en: <https://www.itu.int/hub/2022/02/itu-space-interference-free-satellite-orbits-leo/>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *ITU-R: Managing the radio-frequency spectrum for the world*, UIT, última consulta 14 de mayo de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-r-managing-the-radio-frequency-spectrum-for-the-world.aspx>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, ITU-R: Managing the radio-frequency spectrum for the world, UIT, disponible en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/itu-r-managing-the-radio-frequency-spectrum-for-the-world.aspx>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Manual de Comunicaciones para la Investigación Espacial*, Ginebra, UIT, 2014.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Member State Entries*, UIT, disponible en: <https://www.itu.int/hub/membership/our-members/directory/?myitu-members-states=true&request=organisations&id=1000100411>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Non-geostationary-satellite networks (Non-GSO)*, Ginebra, última actualización: 2023, consulta: 23 de abril de 2023, disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/support/nonGSO/Pages/default.aspx>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, “Nuevos hitos para el despliegue de satélites no geostacionarios”, *ITU News Magazine*, Ginebra, núm. 6, 2019, pp. 26-27, disponible en: https://www.itu.int/en/itunews/Documents/2019/2019-06/2019_ITUNews06-es.pdf.

- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Our members*, UIT, disponible en: <https://www.itu.int/hub/membership/our-members/#:~:text=With%20193%20Member%20States%20and,professionals%20in%20its%20global%20network.>
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Prefacio a la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias del Buró de Radiocomunicación*, 2023.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, “Radio Conference on Space Communications: Rewarding Results”, *Telecommunication Journal*, Ginebra, núm. 12, vol. 30, 1963, disponible en: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.89.57.en.105.pdf>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Reglas de Procedimiento, aprobadas por la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones*, Ginebra, 2021.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Regulation of satellite systems*, UIT, Ginebra, disponible en: <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/Regulation-of-Satellite-Systems.aspx>.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *Resolución 49 (REV.CMR-19): Debida diligencia administrativa aplicable a ciertos servicios de radiocomunicaciones por satélite*, revisada en la Conferencia Mundial de Radiocomunicación de 2019, Sharm el-Sheikh.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, “Sir Arthur C. Clarke – Visionario de la era espacial”, *Actualidades de la UIT*, Ginebra, núm. 3, abril 2008, disponible en: https://www.itu.int/itu-news/manager/display_pdf.asp?lang=en&year=2008&is_sue=03.
- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *World Administrative Radio Conference for the Planning of the Broadcasting-Satellite Service in Frequency Bands 11.7-12.2 GHz (Regions 2 and 3) and 11.7-12.5 GHz (Region 1) (Geneva, 1977)*, Radio Conferences, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.99>.

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *World Administrative Radio Conference on the use of the geostationary-satellite orbit and the planning of the space services utilizing it (1st session) (Geneva, 1985)*, Radio Conferences, Ginebra, disponible en: <http://handle.itu.int/11.1004/020.1000/4.111>.

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *World Radio-communication Conference 2019*, Ginebra, 2019, disponible en: <https://www.itu.int/es/membership/Pages/member-states-status.aspx>.

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, *World Radiocommunication Conferences (WRC)*, UIT, última consulta, disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>.

UNITED NATIONS, *Agreement governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, Treaty Collection, Turtle Bay, consulta: 17 de mayo de 2023, disponible en: https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXIV-2&chapter=24&clang=_en.

UNITED NATIONS, *Convention on registration of objects launched into outer space*, Treaty Collection, Turtle Bay, consulta: 17 de mayo de 2023, disponible en: https://treaties.un.org/pages/ViewDetailsIII.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXIV-1&chapter=24&Temp=mtdsg3&clang=_en.

VELÁZQUEZ ELIZARRARÁS, Juan Carlos, “El derecho del espacio ultraterrestre en tiempos decisivos: ¿estatalidad, monopolización o universalidad”, *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, Ciudad de México, vol. XIII, 2013, disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-46542013000100014.

VERSPIEREN, Quentin, “Space Traffic Management: A brief history”, *Space Policy*, Londres, London School of Economics and Political Science, vol. 58, 2021, disponible en: <https://www.lse.ac.uk/ideas/projects/space-policy/publications/A-Brief-History-of-Space-Traffic->.

- WALL, Mike, “Kessler Syndrome and the space debris problem”, *Space.com*, Nueva York, última actualización: 2022, disponible en: <https://www.space.com/kessler-syndrome-space-debris>.
- YAP, Xiao-Shan y TRUFFER, Bernhard, “Contouring ‘earth-space sustainability’”, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Países Bajos, vol. 44, 2022, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.06.004>.
- ZOLLER, Julie N., “Satellite regulations: Improving the international satellite regulatory framework”, *ITU News*, Ginebra, 2012.

Derecho satelital y del espacio exterior, editado por el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM y la Universidad Panamericana, se terminó de imprimir el 24 de noviembre de 2023 en los talleres de Gráfica Premier, S. A. de C. V., 5 de febrero 2309, San Jerónimo Chicahualco, Metepec, 52170 Estado de México, tel. 72 2199 1345. Se utilizó tipo *Baskerville* en 9, 10 y 11 puntos. En esta edición se empleó papel *book cream* de 60 gramos para los interiores y cartulina couché de 250 gramos para los forros. Consta de 500 ejemplares (impresión *offset*).

LAS ACTIVIDADES ESPACIALES MEJORAN LA VIDA EN LA TIERRA; ya sea mediante la observación de ésta, con las comunicaciones y la radionavegación satelitales, la investigación espacial, así como con los datos obtenidos de dichas actividades espaciales. Asimismo, éstas han sido identificadas como esenciales para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.

La obra aporta los resultados de investigación sobre el marco jurídico internacional y nacional en materia satelital y del espacio exterior, haciendo un recuento de los hitos históricos y un repaso a los aspectos técnicos básicos para las actividades espaciales. Adicionalmente, aborda los tópicos de debate contemporáneo, tales como la sostenibilidad del espacio, la no apropiación de éste por actores espaciales y el acceso equitativo a las órbitas bajas.

Este libro viene a llenar un vacío por la ausencia de obras en español sobre lo satelital y del espacio exterior desde el derecho y la política pública, por lo que cualquier persona interesada en las actividades espaciales y la comunicación vía satélite encontrará información relevante que, además de invitar a la reflexión, propone nuevas líneas de investigación en la materia.



UNAM



UP



UNIVERSIDAD
Panamericana

JU
RÍDI
CAS