



Universidad  
de La Laguna

# **Estudio de contaminación procedente de sistemas de comunicación satelital: Basura espacial**

**TRABAJO FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
GRADUADA EN INGENIERÍA RADIOELECTRÓNICA NAVAL.**

**SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**

**SANTA CRUZ DE TENERIFE**

**DÁMARIS DORTA HERRERA**

**JULIO 2017**

**DIRECTORES:**

**JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA**

**JUAN IMELDO GÓMEZ GÓMEZ**



D. José Agustín González Almeida, Profesor Asociado del Área de Conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D<sup>a</sup>. Dámaris Dorta Herrera, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: “Estudio de contaminación procedente de sistemas de comunicación satelital: Basura espacial”.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 13 de julio de 2017.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.



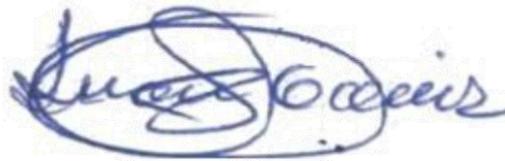
D. Juan I. Gómez Gómez, Profesor Titular del Área de Conocimiento de Ciencias y Técnicas de la Navegación, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D<sup>a</sup>. Dámaris Dorta Herrera, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: “Estudio de contaminación procedente de sistemas de comunicación satelital: Basura espacial”.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 13 de julio de 2017.



Fdo.: Juan I. Gómez Gómez

Director del trabajo.



## **AGRADECIMIENTOS**

A la primera persona que quiero agradecerle su conocimiento, su guía y consejos. Don Enrique Alberto Melón Rodríguez, gracias Kike por el apoyo y comprensión en todo momento.

Gracias a mi familia, sin ellos no podría haber llegado hasta aquí. Gracias por esas palabras de aliento, hicieron que nuevamente me levantara y luchará por mi futuro.



## MOTIVACIÓN

En el año 2011 comencé a estudiar Técnico en *Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos*, en el *Colegio Salesiano San Juan Bosco*. Gracias a la adquisición de experiencia y conocimientos en los sistemas y equipos de telecomunicaciones tales como redes de banda ancha y de radiocomunicaciones fijas y móviles, al finalizar mi Ciclo de Grado Superior decidí ampliar aún más mis estudios.

En el año 2013 ingrese en la *Universidad de La Laguna* para estudiar el *Grado en Ingeniería Radioelectrónica Naval*. Elegí esta carrera no sólo porque me apasionaba el sector industrial de la electrónica sino también por la posibilidad abarcar más el sector naval no desde el punto de la electrónica sino en sistemas de radioayudas. Asignatura que cursé mi tercer año de carrera y es por ello que decidí hacer mi Trabajo Final de Grado sobre la basura espacial.

Así pues, a continuación, podrán leer mi trabajo, el cual espero que les guste.



## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>MOTIVACIÓN .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>4. ANTECEDENTES Y NORMATIVA.....</b>	<b>5</b>
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>7</b>
<b>6. CONCEPTUALIZACIÓN .....</b>	<b>9</b>
6.1. <i>Definición de satélite artificial .....</i>	9
6.2. <i>Definición de basura espacial o chatarra espacial .....</i>	9
<b>7. REVISIÓN HISTÓRICA .....</b>	<b>11</b>
7.1. <i>Historia del desarrollo del satélite.....</i>	11
7.2. <i>Desarrollo de los satélites artificiales.....</i>	13
7.3. <i>Reglamentación de los sistemas de comunicaciones vía satélite .....</i>	14
<b>8. ASPECTOS GENERALES DE LOS SATÉLITES .....</b>	<b>17</b>
8.1. <i>Elementos de un satélite.....</i>	17
8.2. <i>Clasificación de satélites. ....</i>	19
8.3. <i>Diseño de la constelación. ....</i>	26
8.3.1. <i>Cobertura y estructura de la constelación .....</i>	27
8.4. <i>Puesta en órbita de un satélite geoestacionario .....</i>	29
8.5. <i>Comunicaciones satelitales .....</i>	31
8.6. <i>Sistema de control y diseño de satélites .....</i>	31
8.6.1. <i>Sistema de propulsión .....</i>	33
8.6.2. <i>Sistema de energía eléctrica .....</i>	33
8.6.3. <i>Control térmico .....</i>	34
8.7. <i>Cobertura proporcionada por un satélite .....</i>	34
8.8. <i>Ángulo acimut, ángulo de elevación y distancia.....</i>	35
8.8.1. <i>Cálculo del ángulo acimut.....</i>	36
8.8.2. <i>Cálculo del ángulo de elevación.....</i>	36
8.8.3. <i>Cálculo de rango.....</i>	36
8.9. <i>Métodos de seguimiento de un satélite .....</i>	37
8.9.1. <i>Sistema de medida de distancia por tonos utilizado por ESA (European Space Agency) .....</i>	39
8.9.2. <i>Sistema que utilizan códigos pseudoaleatorios para la determinación de la distancia y del Doppler .....</i>	41
8.9.3. <i>Los códigos pseudoaleatorios PN (Pseudo-Random Noise) .....</i>	44

8.9.4. Sistemas multipropósito para la medida de distancia y del Doppler de esa MPTS (Multipurpose Tracking System) <sup>1</sup> .....	45
8.9.5. Sistemas de seguimiento de satélite por láser.....	47
<b>9. ASPECTOS GENERALES DE LOS DESECHOS ESPACIALES.....</b>	<b>49</b>
9.1. Categoría de la basura espacial .....	50
9.2. Tipos de basura espacial .....	51
9.3. Clasificación de la basura espacial .....	52
9.4. Directrices para la reducción de desechos espaciales de Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos. ....	53
9.4.1. Fundamento .....	54
9.4.2. Aplicación .....	55
9.4.3. Directrices para la reducción de los desechos espaciales .....	55
9.5. Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre. ....	59
9.5.1. Primera parte. Tratados de las Naciones Unidas. ....	62
9.5.2. Segunda parte. Principios aprobados por la Asamblea General.....	104
9.6. Código de buena conducta espacial .....	129
9.7. Control de la Basura Espacial .....	131
<b>10. COLISIÓN DE SATÉLITES .....</b>	<b>133</b>
<b>11. EFECTOS DE LA BASURA ESPACIAL EN LA TIERRA .....</b>	<b>135</b>
<b>12. ESPACIO LIMPIO, RECUPERACIÓN Y/O ELIMINACIÓN DE LA BASURA ESPACIAL.....</b>	<b>147</b>
<b>13. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>157</b>
<b>14. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>159</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Tabla 1 Utilización de las bandas satelitales. ....	15
Tabla 2: Clasificación tamaño y peso. ....	26
Tabla 3: Principales factores en el diseño de una constelación. ....	27
Tabla 4: Factores secundarios del diseño de una constelación. ....	27
Tabla 5: Cálculo real del ángulo acimut. ....	36
Tabla 6: Precisión conseguida en la órbita del ERS-1. ....	41
Tabla 7: Revoluciones del satélite. Fuente: Libro Sistema de Navegación. ....	44
Tabla 8: Errores obtenidos en una simulación para el satélite ERS-1. ....	48
Ilustración 1: Anatomía de un satélite. ....	18
Ilustración 2: Elementos de un satélite. ....	19
Ilustración 3: Telescopio espacial Hubble. ....	20
Ilustración 4: Telescopio Espacial Spitzer ....	21
Ilustración 5: Observatorio Compton de Rayos Gamma (CGRO) ....	21
Ilustración 6: Observatorio de Rayos X Chandra. ....	22
Ilustración 7: Observatorio Solar Heliosférico. ....	22
Ilustración 8: Órbitas satelitales ....	25
Ilustración 9: Puesta en órbita de un satélite. ....	30
Ilustración 10: Satélite antiguo con estabilización por spin. ....	32
Ilustración 11: Satélite con estabilización por spin con antena fija. ....	32
Ilustración 12: Satélite de estabilización de tres ejes. ....	33
Ilustración 13: Energía del satélite. ....	34
Ilustración 14: Ángulo acimut respecto al norte y ángulo de elevación respecto al horizonte. ..	35
Ilustración 15: Calculo de la distancia. Fuente: Libro Sistemas de Navegación. ....	37
Ilustración 16: Sistema utilizado por ESA para la medida de distancia. ....	40
Ilustración 17: Transpondedor utilizado por ESA en sus satélites para la medida por tonos. ....	40
Ilustración 18: Antena de banda S en la red de seguimiento de ESA. ....	41
Ilustración 19: Transpondedor de banda S utilizado por ESA. (Cortesía de ESA) ....	42
Ilustración 20: Sistema PRARE. Fuente: Libro Sistema de Navegación. ....	43
Ilustración 21: Sistemas de seguimiento de satélite por láser. ....	48
Ilustración 22: Edward White en su primer paseo espacial. ....	50
Ilustración 23: Tipo de basura espacial. ....	52
Ilustración 24: Logo de las principales Agencias Espaciales Mundiales. ....	131
Ilustración 25: Parte del cohete Delta II. ....	135
Ilustración 26: Fragmento de un cohete dela familia Delta 2. ....	135
Ilustración 27: Basura espacial en Corrientes (Argentina). ....	136
Ilustración 28: Basura espacial en Charleville (Australia). ....	136
Ilustración 29: Suining (China) cae un motor de un cohete. ....	137
Ilustración 30: Basura espacial en la ciudad de Ullan Bator (Mongolia). ....	137
Ilustración 31: Estructura de cohete. ....	138
Ilustración 32: Esfera cae en el norte de Namibia (África). ....	138
Ilustración 33: Basura espacial encontrada en Artigas (Uruguay) ....	139
Ilustración 34: Resto de cohete caído entre la frontera de Rusia con Kazajistán. ....	139
Ilustración 35: Bola de metal cae en Brasil. ....	140
Ilustración 36: Restos de un cohete en Guangxi (China). ....	140

Ilustración 37: Basura espacial cae en Quintana Roo (México).....	141
Ilustración 38: Chatarra espacial caída en el municipio de Salinópolis (Brasil).....	141
Ilustración 39: Basura espacial se estrella en una localidad de China. ....	142
Ilustración 40: Esferas caídas en Calasparra (España).....	142
Ilustración 41: Esfera caída en Mula (España).....	143
Ilustración 42: Objeto metálico localizado en Pozorrubio de Santiago (Cuenca).....	143
Ilustración 43: Cohete espacial. ....	144
Ilustración 44: Basura espacial caída en Hallín (España). ....	144
Ilustración 45: Bolas espaciales caídas en Vietnam. ....	145
Ilustración 46: Gran objeto de metal caída al norte de Myanmar. ....	145
Ilustración 47: Cohete se estrella en una casa en Hongjun. ....	146
Ilustración 48: Proyecto alemán DEOS. ....	147
Ilustración 49: El programa X-OTV. ....	148
Ilustración 50: La nave SIS. ....	149
Ilustración 51: El programa Phoenix de la agencia militar estadounidense DARPA. ....	149
Ilustración 52: Detalle de la plataforma Flagman (NPO Lâvochkin).....	150
Ilustración 53: Arpón de la ESA. ....	151
Ilustración 54: La agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA).....	152
Ilustración 55: El pequeño satélite SwissCube.....	152

## **1. RESUMEN**

En este trabajo nos centraremos en la basura espacial que genera cada continente con cada lanzamiento al espacio. Para ello, por un lado, explicaremos el origen y la evolución de los materiales, centrándonos en los que se utilizan para satélites, dado que cada objeto artificial tiene un cierto periodo de vida. En la actualidad, las prácticas se realizan de la siguiente manera, cuanto menos dure un satélite en órbita con más rapidez lanzarán otro para ocupar su lugar.

Por otro lado, analizaremos las ingeniosas ideas que se les han ocurrido a los Países y empresas que se especializarían en la recogida de basura espacial. Además, hablaremos del programa “espacio limpio” cuyo objetivo es fomentar el desarrollo de proyectos dedicados a paliar el problema de los residuos espaciales mediante el desarrollo de tecnologías que permitan la captura de satélites fuera de su vida útil y todavía en órbita alrededor de la Tierra.

Palabras claves: chatarra espacial, basura cósmica, basura sideral, residuos y desechos espaciales.

## **2. ABSTRACT**

In this work we'll center on the space debris produced each continent with each launch to the space. Therefore, on the one hand, we explain the origin and the evolution of materials, focusing on those that are used for satellites, given each artificial object has a certain period of life. Nowadays, practice are performed as follows, at least last a satellite in orbit more quickly they'll throw another to take their position.

On the one hand, we'll analyze ingenious ideas that have presented the Countries and companies what they specialize in collecting space debris. In addition, we'll talk about the “clean space” program, whose objective is to encourage the development of projects dedicated to alleviating the problem of space debris by developing technologies that allow the capture of satellites out of their useful life and still in orbit around the Earth.

Keywords: space scrap, cosmic waste, space debris, residue and space waste.



### **3. OBJETIVOS**

El siguiente trabajo se realiza como finalización del grado en Grado en Ingeniería Radioelectrónica Naval en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería: Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de Santa Cruz de Tenerife de la Universidad de La Laguna.

El principal objetivo que nos hemos marcado con la realización del mismo, es conocer y analizar como el desarrollo de las comunicaciones satelitales, de suma importancia para el ámbito marítimo, vienen generando un problema de suma importancia de polución, no a nivel terrestre sino espacial. La obsolescencia y abandono que se viene realizando de unidades que dejan de estar operativas, han convertido el espacio circundante a la Tierra en una “gran contenedor” de “basura espacial”. Conoceremos mediante el desarrollo del trabajo que existen alrededor de la Tierra numerosos restos de cohetes, satélites de comunicación y exploración y otros objetos artificiales diseñados no solo para la exploración espacial, sino para la mejora de las comunicaciones dentro del globo.

La intención de este trabajo es exponer la importancia de conocer el funcionamiento y diferentes materiales de un satélite. Para luego pasar a la comprensión de por qué es tan importante erradicar la basura espacial.



#### **4. ANTECEDENTES Y NORMATIVA**

Reglamentación de los sistemas de comunicaciones vía satélite. La normalización es el conjunto de reglas de no obligado cumplimiento, llamadas recomendaciones (por ejemplo, la norma GSM se aplica de forma distinta en EE.UU., Europa y Japón). La reglamentación, por otra parte, es el conjunto de reglas obligado cumplimiento, como las autorizaciones de posiciones orbitales, frecuencias, coberturas, etc. De la reglamentación se encarga la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones o ITU), organismo internacional dependiente de la ONU.

Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el espacio ultraterrestre. Texto de los tratados y principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Constando de dos partes:

Primera parte. Tratado de las Naciones Unidas.

- 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.
- Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre.
- Convenio sobre la responsabilidad internaciones por daños causados por objetos espaciales.
- Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre
- Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes.

Segunda parte. Principios aprobados por la Asamblea General

- Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre.
- Principios que han de regir la utilización por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internaciones directas por televisión.
- Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio

- Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre
- Declaración sobre la cooperación internaciones en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo.

## 5. METODOLOGÍA

La realización de este trabajo se ha llevado a cabo mediante la consulta y análisis de diversas fuentes bibliográficas, tanto libros como internet, para así llegar a las conclusiones.

Para elaborar este trabajo las fuentes principales de información han sido la extracción de datos y normativa tanto de la ONU como la reglamentación de los sistemas de comunicaciones vía satélite; además de otros artículos, libros y noticias.

Mediante Internet se ha podido consultar las normativas, artículos, libros y noticias por medio del programa Chrome. Además, para la realización de este documento se ha usado la aplicación de Microsoft Word, así como el servicio de PDF para la lectura de las normativas y libros.

Este trabajo consta de doce partes implícitas. Las cinco primeras partes se encontrará con una pequeña introducción general de la que consta de: un resumen, objetivos, antecedentes y normativa y por último la metodología.

En la sexta parte del trabajo se encontrará la conceptualización y los aspectos generales de los satélites. En esta parte el lector podrá ponerse en situación a través de la conceptualización, en ella se verán los dos términos más importantes relacionados con el tema. También se introducirá las características más generales del tema, como su objetivo principal.

La séptima parte encontrará una revisión histórica que recoge el desarrollo del satélite, la cual facilitará al lector imaginarse cómo era todo lo relacionado con los satélites.

La octava parte del trabajo nos encontraremos con los aspectos generales de los satélites cómo es su diseño, cómo se clasifican, diseño de una constelación, sistemas de propulsión, sistema de energía eléctrica, control térmico...

La novena parte encontraremos el Reglamento de los sistemas de comunicación, que es un conjunto de reglas de obligado cumplimiento para cada país que vaya a poner un satélite en órbita. También se recoge el Tratado y principio de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre.

La décima parte consta de primera y única colisión hasta el momento de dos satélites.

La undécima parte nos encontraremos en orden cronológico la basura espacial que ha caído a la Tierra.

La duodécima parte encontraremos unas normas para mantener el espacio limpio, y después hablaremos de la recuperación y/o eliminación de la basura espacial que han planeado los Países y alguna empresa.

Para finalizar, el lector podrá leer las conclusiones y la bibliografía consultada.

## 6. CONCEPTUALIZACIÓN

Para dar comienzo al trabajo es importante definir los conceptos que serán objetivo de estudio a lo largo de éste. Para ello, vamos a definir lo que es satélite artificial y basura espacial.

### 6.1. *Definición de satélite artificial* <sup>[1]</sup>

La RAE (Real Academia Española) recoge la definición de satélite artificial como vehículo espacial, tripulado o no que se coloca en órbita alrededor de la Tierra o de otro astro, y que lleva aparatos apropiados para recoger información y transmitirla.

Existen varios tipos de satélites artificiales, en función de su misión o de las áreas en las que trabajen.

### 6.2. *Definición de basura espacial o chatarra espacial* <sup>[2]</sup>

La basura espacial o chatarra espacial se define como la gran cantidad de objetos artificiales sin uso que orbitan alrededor del planeta a gran velocidad. De acuerdo a un estudio que se presentó en la Sexta Conferencia Europea sobre Desechos Espaciales realizada en Alemania, algunas órbitas satelitales están saturadas de desechos, lo que se podría causar unas 20 colisiones en los próximos 200 años.



## **7. REVISIÓN HISTÓRICA**

### *7.1. Historia del desarrollo del satélite [3]*

Las comunicaciones constituyen un aspecto indispensable en las necesidades de un país, y particularmente en los países con extensos territorios.

En esta disciplina fue siempre una inquietud lograr comunicarse detrás del radio horizonte. Esto se realizaba utilizando métodos como el de las comunicaciones ionosféricas y el de dispersión ionosférica o troposférica.

El escritor británico de ciencia ficción Arthur C. Clarke, en 1945 sugirió la original idea de que un satélite en órbita circular ecuatorial con un radio de 42.242 Km tendría una velocidad angular adaptada a la de la tierra.

En 1950 se propuso realizar este tipo de comunicación colocando un vehículo espacial en órbita. La primera versión apareció en 1956 con el satélite "Echo", que consistía en un balón metálico en órbita que permitió la reflexión de la señal y la comunicación de los EE.UU. a través del Océano Atlántico.

En 1965, la Intelsat (International Telecommunication Satellite Organization) lanzó el Intelsat I, conocido como el pájaro madrugador (Early Bird) en órbita sobre el Océano Atlántico. Intelsat I brindó la posibilidad de realizar el primer enlace satelital continuo transatlántico. Podía transmitir simultáneamente 240 circuitos de voz, o una señal de TV. Este satélite geostacionario primitivo portaba una antena omnidireccional que irradiaba era inútil. La pequeña porción de energía que llegaba a la Tierra, estaba concentrada en el hemisferio norte, a los fines de interconectar los sistemas de comunicaciones entre el oeste europeo y Norteamérica.

Para mantener la antena del satélite correctamente orientada en dirección a la Tierra, el cuerpo cilíndrico del Intelsat I giraba alrededor de su eje a una velocidad determinada. Numerosos satélites posteriores utilizaron la técnica de estabilización spin.

En 1966 y 1967, Intelsat I lanzó la segunda generación de satélites geostacionarios. Estos Intelsat II, también utilizaban antenas omnidireccionales, pero cada satélite concentra su energía en un haz global, de forma tal de extender sus servicios de telecomunicaciones al sur del Ecuador.

En 1966, la Unión Soviética fue el primer paso en el mundo en operar una red doméstica de comunicaciones por satélites. El primer satélite Molniya (iluminación en ruso) emitió señales de TV y radio desde Moscú a través de toda la Unión Soviética. En lugar de usar el arco geostacionario, los rusos decidieron enviar al espacio 4 satélites Molniya a intervalos iguales a todo lo largo de la órbita elíptica más alta. Cada satélite provee hasta 6 horas de cobertura sobre la Unión Soviética antes que se reencamine más allá del rango de seguimiento de las estaciones terrenas rusas.

El satélite Molniya unía propagación de TV y radio a comunidades aisladas, localizadas sobre el Círculo Ártico, más allá del alcance de los satélites geostacionarios del mundo.

En 1969, Intelsat ha lanzado 3 satélites Intelsat III en órbita asignada sobre las regiones del Océano Atlántico, Pacífico e Índico. Estos ofrecían la posibilidad de transportar 1500 circuitos de voz simultáneos y una señal de TV.

Para cumplir con un increcimiento de demanda, Intelsat comenzó a lanzar la serie de satélites Intelsat IV en enero de 1971. Cada uno de ellos permita el uso de 12 transpondedores para 3750 circuitos telefónicos simultáneos y dos señales de TV. Los satélites Intelsat IV no sólo iluminaban con posibilidad de ser direccionadas sobre diferentes áreas de la superficie terrestre.

En los primeros años de 1970, Canadá y los EE.UU. iniciaron programas propios para lanzamientos de satélites doméstico. El primer satélite canadiense Anik y el norteamericano Westar, transportaban una decena de transpondedores, mejorando la limitada capacidad de canales de los primeros Intelsat y Molniya.

En Europa un consorcio franco-alemán lanzó satélites experimentales, Symphonie en 1974 y 1975.

Los Symphonie I y II fueron usados por muchos países y organizaciones del mundo, incluyendo a Irán, países de Latinoamérica y las Naciones Unidas.

En 1975, la RCA desarrolló su serie Satcom de satélites estabilizados por tres ejes. Estos fueron los primeros satélites que emitían en polarización lineal doble (vertical y horizontal), pudiéndose utilizar 24 transpondedores (12 en cada polarización) distribuidos en los 500 MHz de ancho de banda.

En los últimos años de la década del '70, ingenieros de todo el mundo se sintieron “desafiados” a desarrollar el hardware para la banda KU en el rango de frecuencia entre 11 y 12 GHz.

En 1980 Intelsat comenzó a implementar satélites de la serie Intelsat V en doble banda (4/11 GHz) con haces sobre estratégicos lugares de los Océanos Atlántico e Indico.

Estas y otras frecuencias más altas sirven ahora para el establecimiento de nuevos y únicos servicios de comunicaciones imposibles de realizar en la banda baja de 4 GHz.

### *7.2. Desarrollo de los satélites artificiales [4]*

En 1945, Guerra Fría. Los Estados Unidos y La Unión Soviética querían llegar cuanto antes a la luna y lanzar un satélite. Acababa de comenzar la carrera por descubrir una de las armas más poderosas del Siglo XX. En primer lugar, la necesidad de comunicar de un punto a otro francamente lejano fue uno de los impulsores de esa tecnología, ya que el primer concepto en el que se pensó fueron los cables submarinos, pero se buscaba una alternativa tecnológica debido a su elevado coste de implantación y fabricación.

Tras numerosos estudios de la atmósfera terrestre con globos que alcanzaban los 30 Km de altitud (un avión vuela a unos 12 Km como máximo) y pruebas con algunos cohetes, un 4 de octubre de 1957 la URSS lanzaba al espacio el primer satélite del mundo: El Sputnik 1. Tras posicionarse correctamente en órbita, el satélite emitió unos pitidos por radio que demostraron el éxito de la tecnología. Desde este momento, el mundo comenzó a cambiar por completo. La recepción de esa señal de radio en la tierra supuso un impacto en la población mundial.

### 7.3. Reglamentación de los sistemas de comunicaciones vía satélite [5]

Existen diversos organismos encargados de la normalización y reglamentación de los satélites de comunicaciones vía satélite.

La normalización es el conjunto de reglas de no obligado cumplimiento, llamadas *recomendaciones* (por ejemplo, la norma GSM se aplica de forma distinta en EE.UU., Europa y Japón). Entre los organismos de normalización destacan:

- ETSIT (CEPT) en Europa.
- FCC (Federal Communications Commission) en EE.UU.

La reglamentación, por otra parte, es el conjunto de reglas obligado cumplimiento, como las autorizaciones de posiciones orbitales, frecuencias, coberturas, etc. De la reglamentación se encarga la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones o ITU), organismo internacional dependiente de la ONU. Dentro de la UIT se distinguen varios organismos:

- Secretaría General, con sede en Ginebra, la cual se encarga de la coordinación general.
- IFRB (International Frequency Registration Board), encargada del registro de las posiciones orbitales.
- CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), actualmente ITU-R, encargado de los estudios técnicos y recomendaciones relacionados con la radio.
- CCITT (Comité Consultivo Internacional de Teléfonos y Telégrafos), actualmente ITU-T, encargado de la telefonía.

Los reglamentos se aprueban en conferencia internaciones (WARC, World Administrative Radio Conferences). Por ejemplo, en la WARC'79 se asignaron las bandas de frecuencias a 17 servicios de telecomunicación dividiendo el mundo en 3 regiones:

- Región I: Europa, África, Rusia y Mongolia.
- Región II: Norteamérica, Sudamérica y Groenlandia.
- Región III: Asia, Australia y el Pacífico Sur.

Respecto a la utilización de las bandas, en la tabla que se muestra a continuación se refleja la división del espectro, la denominación de cada banda y los usuarios a los que va destinada:

Designación	Rango	Servicio	Observaciones
<b>Banda L</b>	1-2 GHz	Servicio móvil	Baja atenuación en el espacio libre.
<b>Banda 2</b>	2-4 GHz	Subsistema teledirigida y telecomando.	
<b>Banda C</b>	6 GHz (UL) 4 GHz (DL)	Servicio fijo	Es el segmento más saturado.
<b>Banda X</b>	8 GHz (UL) 7 GHz (DL)	Uso militar	
<b>Banda Ku</b>	14/12 GHz 17/12 GHz	Servicio fijo DBS	Ampliación de servicios banda C.
<b>Enlaces entre satélites (ejemplo IRIDIUM)</b>	18 GHz (UL) 27 GHz (DL)	Enlaces entre satélites (ej. IRIDIUM)	Enlaces entre satélites (ej. IRIDIUM)
<b>Banda Ka</b>	27-40 GHz	Uso militar	
<b>Milimétricas</b>	60 GHz	Servicio móvil de banda ancha	Videoconferencias...

Tabla 1 Utilización de las bandas satelitales.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)



## 8. ASPECTOS GENERALES DE LOS SATÉLITES [6]

Son lanzados al espacio por medio de cohetes, que son cualquier vehículo (misiles, naves espaciales o aeronaves en general) que los impulsa hacia arriba.

Tienen una ruta que seguir, de acuerdo con la función o tarea que tienen que cumplir. Los satélites que orbitan la Tierra permanecen alrededor de ellas, mientras que aquellos enviados hacia otros planetas o cuerpos siguen a estos para conseguir alguna información o monitorizarlos.

Sus usos varían. Algunos son útiles para elaborar mapas, otros para obtener información específica de la Tierra u otros planetas y unos más para recopilar datos que ayuden a prever las condiciones del tiempo en el planeta. El famoso Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), que determina la ubicación/posición de un objeto en el planeta, funciona a partir de una red de satélites artificiales, y de hecho, los sistemas de telecomunicaciones actuales que incluyen la televisión y los móviles, funcionan gracias a satélites artificiales.

Las distancias a las que se encuentran de la Tierra son distintas. Algunos se hallan a 240 kilómetros, pero otros están tan lejos que su distancia es de hasta 36,200 kilómetros. Una gran parte de los satélites que se mueven alrededor de la Tierra permanecen dentro de los primeros 800 kilómetros y se desplazan a velocidades de alrededor de 27,400 kilómetros por hora. Si no viajaran tan rápido, la gravedad los atraería de nuevo hacia abajo.

Constan de dos partes básicas: la antena y la fuente de alimentación. La primera es la que envía y recibe información, en tanto la fuente de alimentación pueden ser baterías o paneles solares, los cuales proveen energía a la máquina para seguir funcionando.

### 8.1. Elementos de un satélite [7]

Un satélite es una máquina muy compleja. Todos los satélites están hechos de varios subsistemas que trabajan juntos como un gran sistema para ayudar al satélite a alcanzar su misión. La ilustración muestra de forma simplificada las diferentes partes de un satélite. Los subsistemas principales están agrupados por color. (Ilustración 1)

La carga útil (payload) es todo el instrumental que el satélite necesita para hacer su trabajo. Esto puede incluir: antenas, cámaras, radar y electrónica. La carga útil es

diferente para cada satélite, por ejemplo: la carga útil para un satélite climático incluye cámaras para capturar imágenes de formaciones de nubes, mientras que para un satélite de comunicaciones incluye grandes antenas para transmitir a la Tierra señales de televisión o de telefonía.

El transportador (bus) es la parte del satélite que transporta al espacio la carga útil y todo su equipo. Mantiene todas las partes del satélite unidas y provee de energía eléctrica, al ordenador y propulsión al artefacto espacial. También contiene el instrumental que permite al satélite comunicarse con la Tierra. (Ilustración 2)

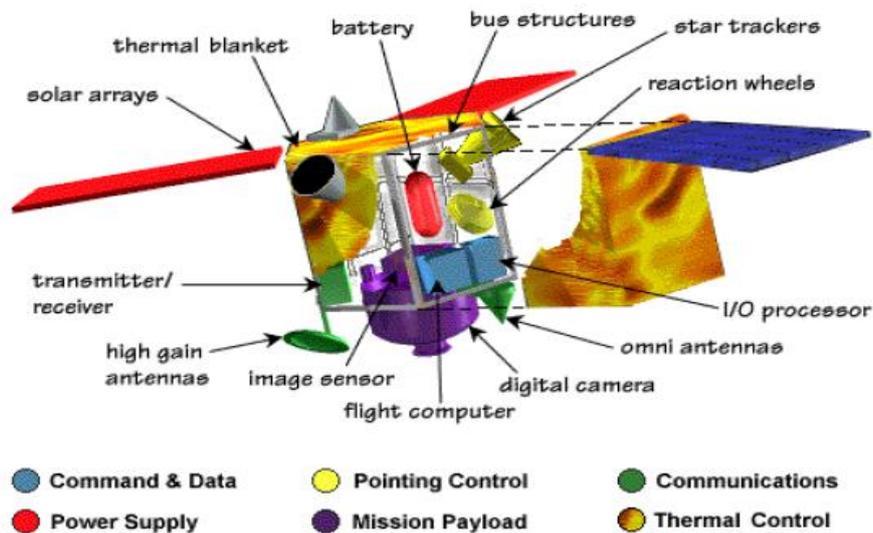


Ilustración 1: Anatomía de un satélite.

Fuente: <https://studylib.es/doc/4635434/satelites---univirtual>

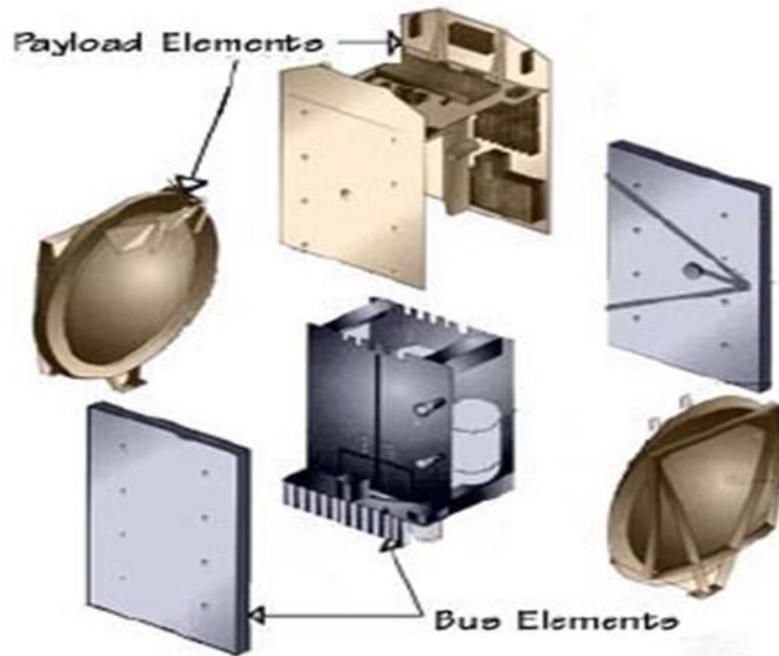


Ilustración 2: Elementos de un satélite.

Fuente: <https://studylib.es/doc/4635434/satelites---univirtual>

## 8.2. Clasificación de satélites.

Según su peso y la órbita en la que se encuentren, los satélites tienen diversas clasificaciones. Las más utilizadas son aquellas en función de su objetivo o misión.

- Los satélites se pueden dividir en dos clases: <sup>[8]</sup>

- Los pasivos carecen de cualquier mecanismo y de emisiones propias; sólo pueden devolver la energía que en ellos incida, bien por simple reflexión o con prismas retrorreflectores.
- Los activos pueden tener luces pulsantes de alta intensidad, repetidores de microondas, transmisores radioeléctricos con modulaciones diversas, radioaltímetros, sensores remotos, etc.

- Para objetivos científicos existen los satélites: <sup>[9]</sup>

- Astronómicos o también conocidos como telescopios u observatorios espaciales. Estos satélites tienen el objetivo de registrar y observar la

actividad en otros cuerpos celestes para su estudio, tal como lo haría un telescopio terrestre, aunque sin las limitaciones de este último.

- Biosatélites. Estos satélites están capacitados para trasladar organismos vivos, como animales y plantas, para el estudio de su comportamiento en el espacio exterior. Hoy en día no son muy populares debido a la restricción de la experimentación sobre estos seres vivos.
- Meteorológicos. Destinados a reportar la actividad meteorológica de la Tierra, como el tiempo atmosférico y el clima de la Tierra, son muy útiles a la hora de prevenir o anticipar catástrofes naturales, o comportamientos anormales de los fenómenos climatológicos.
- De observación terrestre. Estos se dividen según la órbita desde la que trabajen, y son comúnmente utilizados para el registro terrestre de datos cartográficos o de territorio, y de las características o variaciones de la superficie del medio ambiente. No tiene fines militares.
- Científicos. Se encargan de realizar una gran variedad de misiones científicas:
  - Telescopio espacial Hubble (ilustración 3). Es un telescopio que orbita la Tierra. Su posición por encima de la atmosfera, lo que distorsiona y bloquea la luz que llega a nuestro planeta, le da a este una visión del universo superior a la de los telescopios terrestres.



*Ilustración 3: Telescopio espacial Hubble.*

*Fuente:*

*<http://static.vix.com/es/sites/default/files/btg/curiosidades.batanga.com/files/el-telescopio-espacial-hubble-1.jpg>*

- Telescopio Espacial Spitzer (ilustración 4). Es un observatorio espacial infrarrojo enfriado criogénicamente, capaz de estudiar objetos que van desde nuestro sistema solar hasta las regiones más distantes del Universo.



*Ilustración 4: Telescopio Espacial Spitzer*

*Fuente: [http://pop.h-cdn.co/assets/cm/15/05/54ca7ea0c9fcc\\_-\\_telescopes-spitzer-0109-1.jpg](http://pop.h-cdn.co/assets/cm/15/05/54ca7ea0c9fcc_-_telescopes-spitzer-0109-1.jpg)*

- Observatorio Compton de Rayos Gamma (CGRO). Este observatorio en órbita ve el cielo con fotones de rayos gamma: luz tan azul que los humanos no pueden verla. La atmósfera de la Tierra bloquea estos fotones de manera que no llegan a la superficie terrestre. Los resultados del CGRO (ilustración 5) han mostrado que el universo entero es un sitio violento y rápidamente cambiante (cuando se ve en rayos gamma).



*Ilustración 5: Observatorio Compton de Rayos Gamma (CGRO)*

*Fuente: [https://apod.nasa.gov/apod/image/0001/compton\\_deploy.jpg](https://apod.nasa.gov/apod/image/0001/compton_deploy.jpg)*

- Observatorio de Rayos X Chandra (ilustración 6). Es el tercero de los Grandes Observatorios de la Nasa. Com la atmósfera terrestre absorbe la mayoría de los rayos X, los telescopios convencionales no pueden detectarlos y para su estudio se hace necesario un telescopio espacial.



*Ilustración 6: Observatorio de Rayos X Chandra*

*Fuente: [https://apod.nasa.gov/apod/image/9907/chandra\\_columbia\\_big.jpg](https://apod.nasa.gov/apod/image/9907/chandra_columbia_big.jpg)*

- Observatorio Solar Heliosférico (ilustración 7). Fue diseñado para estudiar la estructura interna del Sol, su extensa atmósfera externa y el origen del viento solar, la corriente de gas altamente ionizado que sopla continuamente hacia afuera a través del Sistema Solar.



*Ilustración 7: Observatorio Solar Heliosférico*

*Fuente: <https://pirman.es/images/ampliadas/SOHO.jpg>*

- Para fines informativos o de intercambio de información: <sup>[9]</sup>

- De navegación. Este tipo de satélites registran señales para conocer las posiciones y ubicaciones o coordenadas de medios de transporte. Su uso se extiende por agua, tierra o aire. El GPS es el ejemplo perfecto de un cotidiano satélite que transmite información sobre donde se encuentra el objetivo al que uno quisiera llegar, y cómo hacerlo.
- Comunicación. Son los encargados de recibir y transmitir señales de radio conectadas con la tierra para usos comunicaciones, como pueden ser las señales telefónicas móviles, las señales de cable y audio. Su uso es fundamental en zonas poco desarrolladas o demasiado amplias, ya que funcionan como enormes antenas en el espacio exterior.

- Para fines de mantención: <sup>[9]</sup>

- De energía solar. Tienen la función de recoger datos sobre energía solar y transportarla hacia antenas terrestres para su alimentación energética, así como para el estudio de las diversas ondas que intervienen en su funcionamiento.
- Antisatélites. Existen satélites destinados a destruir objetos espaciales que obstaculicen la circulación de los otros satélites, llamados anti-satélites. Estos también son utilizados con fines militares (destrucción de satélites enemigos) por las potencias mundiales que pueden enviarlas al espacio, como: EE.UU y Japón.
- Estacionarios, también reconocidos como estaciones espaciales. Están especialmente diseñados para el transporte y alojamiento de seres humanos en el espacio, con diversos objetivos que pueden variar desde la experimentación científica del cuerpo humano en contexto espacial, o como ayuda hacia otros satélites que ya estén en órbita.

- Para fines militares: <sup>[9]</sup>

- Militares. Son satélites con el fin de monitorear actividad enemiga (como el encuentro o movimiento de posibles objetivos) o las actividades nucleares de unos países hacia otros.

- Espías o de reconocimiento. De parecido funcionamiento a los de observación terrestre, éstos son satélites destinados a la observación de las personas o posibles objetivos en la Tierra, pero con estricto fin militar.

- Para propósitos de estudio es conveniente clasificar los diferentes tipos de misiones satelitales basándose en las características principales de sus órbitas respectivas:

[11]

- Satélites geoestacionarios (GEO). Es quizás la más conocida de todas: la *órbita geoestacionaria*. Esta órbita ecuatorial se ubica a 35.786 km de la superficie terrestre y tiene un período orbital de exactamente 23,93446 horas (coincidiendo con la duración del día sideral), lo que hace que los satélites puestos en esa órbita parezcan "inmóviles" en el espacio, ya que rotan con la misma velocidad angular que la tierra.

Fue imaginada en 1928 por el ingeniero eslovaco Herman Potocnik, y ampliamente difundida por el escritor Arthur C Clarke en 1945, en un artículo imaginando futuros sistemas de comunicación.

Esta órbita es el lugar donde se ubican todos los satélites que proveen internet, televisión, telefonía y datos a distintas regiones del globo.

- Satélites no geoestacionarios. Que a su vez se dividen en dos:
  - Medium Earth Orbit (MEO). *Órbita circular intermedia*, entre 2.000 y 36.000 Km de distancia de la superficie terrestre, con un período orbital promedio de varias horas (12 horas en promedio) Usada por satélites de observación, defensa y posicionamiento, como las redes satelitales de GPS, y los satélites Glonass rusos o los Galileo europeos.

Un tipo especial de órbita intermedia es la *órbita Molnya*, especialmente usada por los países cercanos al círculo polar ártico. Esta órbita desarrollada por Rusia, es altamente elíptica y muy inclinada, de modo tener alta visibilidad desde las zonas polares. La ventaja de ésta órbita es que permite a los países nórdicos establecer satélites de comunicaciones para las regiones donde los geoestacionarios no pueden llegar.

- Low Earth Orbit (LEO). Comúnmente conocida como "*órbita baja*", es una amplia franja orbital que se sitúa entre los 160 Km de altura y los 2000 Km de altura.

Como la velocidad orbital es mayor cuanto más baja sea la órbita, los objetos situados en esta franja se mueven a gran velocidad respecto de la superficie terrestre, cubriendo una órbita completa en minutos o pocas horas.

La desventaja es que, como están "rozando" las capas exteriores de la atmósfera terrestre, tienen un rápido decaimiento orbital y necesitan ser repositionados con frecuencia para devolverlos a la altura orbital correcta.

Es la clase de órbita circular donde se encuentra la Estación Espacial Internacional, la gran mayoría de los satélites meteorológicos o de observación, y muchos satélites de comunicaciones.

- Satellites Highly Elliptical Orbit (HEO). Básicamente, son todas las *órbitas altas*, que se ubican más allá de las órbitas geoestacionarias, a más de 36.000 Km y con períodos orbitales mayores a 24 horas.

Vistos desde la tierra, los objetos en esa órbita parecen que retrocedieran a lo largo del día.

Los más famosos satélites en este tipo de órbita fueron los VELA, diseñados para observar las actividades rusas y prevenir un eventual ataque nuclear en la época de la guerra fría. De ellos se produjo el famoso incidente VELA, del que nunca se confirmó origen.

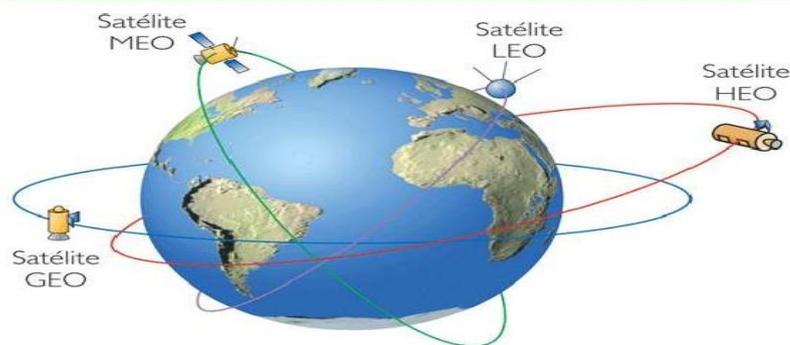


Ilustración 8: Órbitas satelitales

Fuente: [http://1.bp.blogspot.com/-w59pO7TOz2I/VBONLIuNDII/AAAAAAAAAxc/wEYmMgP\\_gaU/s1600/20070821klpinginf\\_29\\_Ees\\_SCO.png](http://1.bp.blogspot.com/-w59pO7TOz2I/VBONLIuNDII/AAAAAAAAAxc/wEYmMgP_gaU/s1600/20070821klpinginf_29_Ees_SCO.png)

- Clasificación por inclinación: <sup>[12]</sup>

- Órbita inclinada: una órbita cuya inclinación orbital no es cero.
- Órbita polar: una órbita que pasa por encima de los polos del planeta. Por lo tanto, tiene una inclinación de 90° ó aproximada.
- Órbita polar heliosíncrona: una órbita casi polar que pasa por el ecuador terrestre a la misma hora local en cada pasada.

- Clasificación por masa, se refiere al peso del satélite puesto en órbita, incluyendo el combustible, el cual es útil como factor de ponderación cuando se tiene que considerar el costo asociado al lanzamiento de un satélite: <sup>[13]</sup>

Categoría		Masa (kg)	Ejemplo
Plataformas grande		> 1.000 kg	INMARSAT-4
Plataformas medianas		500 – 1000 kg	GIOVE-A
Plataformas pequeñas	Minisatélites	100 – 500 kg	UK-DMC
	Microsatélites	10 – 100 kg	PICOSat
	Nanosatélites	1 – 10 kg	SNAP-1
	Picosatélites	0,1 – 1 kg	PalmSat
	Femtosatélites	< 100 gr	PCBSat

Tabla 2: Clasificación tamaño y peso.

Fuente: <http://www.universidadvirtualdelperu.edu.pe/wp-content/uploads/2016/03/24.jpg>

### 8.3. Diseño de la constelación. [14]

En el diseño de una constelación se deben aplicar todos los criterios de diseño de un único satélite. De este modo, se debe considerar que cada satélite cumple los requisitos de vida útil y tiene un ángulo de visión adecuado de las estaciones de tierra o de los demás satélites. Además, se debe considerar el número de satélites, su posición relativa y cómo esta va cambiando durante el tiempo.

La definición de todos los elementos orbitales para cada satélite de la constelación es una tarea compleja. Para ello, se supone que los satélites siguen una órbita circular y una altitud e inclinación comunes. Esto significa que el periodo, la velocidad angular y la rotación será la misma para todos los satélites. Esto conduce a una serie de intercambios entre altitud, inclinación y el patrón de la constelación, que vendrán definidos por el número de satélites de la constelación, la cobertura, el coste del lanzamiento y el entorno

en el que operarán (la resistencia y la radiación). Los principales parámetros que deberán definirse se encuentran en la Tabla 3, y los secundarios se resumen en la Tabla 4.

Factor	Efecto	Criterio de selección
Número de satélites	Coste principal y driver de la cobertura.	Minimizar el número cumpliendo los otros requisitos
Patrón de la constelación	Determina la cobertura en función de la latitud	Seleccionar para tener la mayor cobertura.
Mínimo ángulo de elevación	Determinante principal de la cobertura de un solo satélite	Minimizar el valor cumpliendo los otros requisitos
Altitud	Cobertura, entorno, lanzamiento y costes de transferencia.	Equilibrio entre coste y actuación.
Número de planos orbitales	Determinan la cobertura, la degradación y el desarrollo de la misión	Minimizar cumpliendo los requisitos de cobertura
Parámetros de evitar colisión	Prevenir la propia destrucción de la constelación.	Maximizar la distancia entre satélites en planos que se cruzan

Tabla 3: Principales factores en el diseño de una constelación.

Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78948/Memoria.pdf>

Factor	Efecto	Criterio de selección
Inclinación	Determina la distribución de latitudes para la cobertura	Comparar el cobertura de la latitud con los costes de lanzamiento
Excentricidad	Complejidad de la misión y comparar cobertura con los costes	Normalmente cero
Estrategia para el final de vida útil	Eliminación de los escombros orbitales	Cualquier mecanismo que permita hacerlo

Tabla 4: Factores secundarios del diseño de una constelación.

Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78948/Memoria.pdf>

### 8.3.1. Cobertura y estructura de la constelación <sup>[14]</sup>

La razón principal para utilizar múltiples satélites es la cobertura terrestre. Una constelación proporciona observaciones y comunicaciones mucho más frecuentes que lo que podría hacer un solo satélite. Por tanto, se busca un equilibrio entre la cobertura, el buen funcionamiento y el número de satélites, sin incrementar excesivamente el precio de la misión. De este modo, por ejemplo, se podría asumir que una constelación de cinco satélites será más barata que una de seis, pero es posible que la de seis se quiera usar para una órbita más baja que la de cinco, por lo que se reduciría el coste de lanzamiento (uno

de los principales costes en las misiones) y sufrirá una menor exposición a la radiación solar.

Viendo la cobertura que da uno de los satélites, para poder recoger suficientes datos de la atmósfera terrestre en un día, y teniendo en cuenta el paso de cada satélite, se escoge usar una constelación de 6 satélites. Como se ha comentado, usar 6 satélites resulta más caro a nivel de construcción que usar menos satélites, pero éstos pueden ubicarse en una órbita más baja, lo que compensa el incremento del número de satélites.

Para cumplir con el requisito de cobertura, se elige usar una constelación de seis satélites, puesto que se busca usar una órbita baja (de 700 km) y reducir los costes que supondría usar cinco satélites a una altura más elevada.

Las órbitas circulares de constelaciones han sido ampliamente estudiadas. Walker J. G. desarrolló una notación que se usa ampliamente en el diseño de órbitas y muchas veces sirve como punto de partida en el diseño de constelaciones de órbita circular. El método, el patrón *Walker delta* consta de un total de  $t$  satélites, con  $s$  satélites en cada plano orbital  $p$ . Se asume que todos los planos orbitales tienen la misma inclinación,  $i$ , relativa a un plano de referencia (típicamente el plano ecuatorial terrestre). El nodo ascendente de los  $p$  planos orbitales del método Walker está uniformemente distribuidos alrededor del ecuador, en intervalos de  $360 \text{ grados}/p$ .

Una vez especificado todo lo anterior, faltar por definir la fase relativa entre los satélites en los planos orbitales adyacentes. Para hacerlo, se define la diferencia de fase,  $\Delta\Phi$ , en una constelación como el ángulo en la dirección de movimiento desde el nodo ascendente hasta el satélite más cercano en un instante cuando un satélite en el plano más al oeste está en su nodo ascendente.

Para que todos los planos orbitales tengan la misma relación con cada uno,  $\Delta\Phi$  debe ser un múltiplo integral,  $f$ , de  $360 \text{ grados}/t$ , donde  $f$  puede ser integrado desde 0 hasta  $p - 1$ . Normalmente cada constelación se escribe en una forma abreviada con  $i: t/p/f$ .

Para realizar el cálculo con el método Walker, se hará uso de:

$$PU = \frac{360}{t} = \frac{360}{6} = 60^\circ$$

$$D_{in-plane} = PU \times p = 60 \times 2 = 120^\circ$$

$$D_{nodos} = PU \times s = 60 \times 3 = 180^\circ$$

$$F_{planos} = PU \times f = 60 \times 1 = 60^\circ$$

Donde  $PU$  es la unidad de patrón,  $D_{in-plane}$  es el espaciado entre satélites en un mismo plano,  $D_{nodos}$  es el espaciado de nodos y  $F_{planos}$  es la diferencia de fase entre planos adyacentes.

Los valores que se han usado para los cálculos son  $t = 6$ ,  $p = 2$ ,  $s = t/p = 3$  y  $f = 1$ .

#### 8.4. Puesta en órbita de un satélite geoestacionario [5]

La colocación en órbita de un satélite geosíncrono consiste en poner el satélite en una órbita llamada órbita de transferencia, la cual la característica de ser inclinada y elíptica, después se encenderán los motores para poner al satélite en la órbita deseada. La precisión en la colocación del satélite tiene que ser exacta ya que así se ahorrará combustible, el cual dicta la vida útil de un satélite.

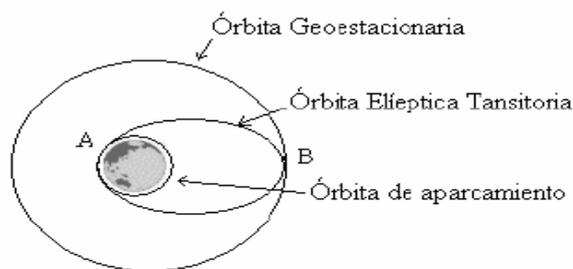
La puesta en órbita se hace en cuatro pasos:

1. Lanzamiento y puesta en órbita de aparcamiento: llevar un satélite hasta la órbita geoestacionaria es muy difícil, es por esto que se ocupan otras dos órbitas para después de mandarlo hacia la órbita geoestacionaria desde ahí. El satélite será situado en una órbita de baja altura, llamada órbita de aparcamiento, de entre 90 y 120 Km., esto es más seguro y económico.  
Entre la Tierra y la órbita geoestacionaria se encuentran los cinturones de Van Allen donde la radiación es muy elevada. Es por esto que el satélite ingresa en la órbita de aparcamiento, la cual está libre de radiación y puede encender y autocalibrar sus circuitos sin riesgo de que se dañen.
2. Órbita de transferencia: la segunda etapa consiste en pasar de la órbita de aparcamiento a la órbita de transferencia, la cual tiene un apogeo de 36.000 Km., coincidiendo así con la órbita geoestacionaria. En esta órbita los instrumentos del satélite se autocalibran nuevamente para obtener la estabilización giroscópica, esto puede llegar a requerir de varias vueltas en la órbita, pero este tiempo debe ser mínimo por las radiaciones generadas por el cinturón de Van Allen,

3. Encendido del motor apogeo: el éxito de la misión recae prácticamente en este momento que es donde el motor de apogeo transformará la órbita elíptica en ecuatorial y casi circular. Estas maniobras requieren de tanto cuidado y presión que llegan a tardar hasta tres semanas, recordando que mientras menos combustible se use la vida útil del satélite será mayor.
4. Órbita geoestacionaria: en esta etapa el satélite ya llegó a la distancia requerida. Si el satélite es de estabilización por 3 ejes generará tres momentos de inercia perpendiculares para que ya no esté girando y quede orientado en dirección de la Tierra. A esta maniobra se le conoce como adquisición del asiento.

Luego continúa la adquisición de la posición orbital definitiva que consiste en mover el satélite a la longitud deseada, aquí también se tiene que tener mucho cuidado debido a la gran cantidad de satélites que existen en la órbita. Por último, el satélite siempre presentará variaciones de posición debido a la forma irregular de la Tierra, así como las fuerzas de gravedad de la Luna y el Sol, estas variaciones tendrán que ser corregidas durante toda la vida útil del satélite.

La figura muestra las distintas órbitas que utilizan para poner en órbita un satélite.



A = Perigeo. Punto más cercano a la Tierra  
B = Apogeo. Punto más lejano a la Tierra

*Ilustración 9: Puesta en órbita de un satélite.*

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

### 8.5. *Comunicaciones satelitales [5]*

El módulo de misión se encarga de transmitir y recibir datos del satélite, así como de conocer el estado del mismo. Existen dos tipos de subsistemas: el subsistema de telemetría y telecomando, así como el subsistema de comunicación. El subsistema de telemetría y telecomando trabaja con frecuencias que están en el rango de 1 a 1.5 GHz. Este subsistema comienza a ser utilizado desde que el satélite es lanzado y utiliza antenas omnidireccionales ya que, en el momento del lanzamiento del satélite, no está en una posición fija apuntando a la tierra, es decir, se encuentra rotando. El subsistema de comunicación no transmite órdenes al satélite, sino de transmitir señales para las cuales haya sido contratado, como televisión satelital, telefonía satelital, etc. El subsistema de comunicaciones, comienzan a funcionar en el momento en que el satélite ya está ubicado en su sitio.

### 8.6. *Sistema de control y diseño de satélites [5]*

Como se mencionó antes la posición del satélite estará variando constantemente debido a efectos de gravedad del Sol y de la Luna, por lo que se requiere de correcciones cada 2 ó 4 semanas. Estos cambios se hacen desde el módulo de misión por medio del subsistema de telemetría y telecomando. A estas correcciones se les conoce como control de posición orbital.

La forma en la construcción del satélite incide directamente en el control del mismo. Existen dos tipos de satélites en la actualidad: los de estabilización por spin y los de estabilización por tres ejes.

Los satélites de estabilización por spin son satélites que giran constantemente sobre su propio eje. Las celdas solares se encuentran alrededor de su cuerpo y tienen que estar perpendicularmente sobre el ecuador para así recibir la mayor cantidad de energía solar. La figura 10 muestra un satélite de estabilización por spin el cual gira completamente sobre su eje, es decir, la antena también se encuentra girando, por lo que requiere de una antena omnidireccional.

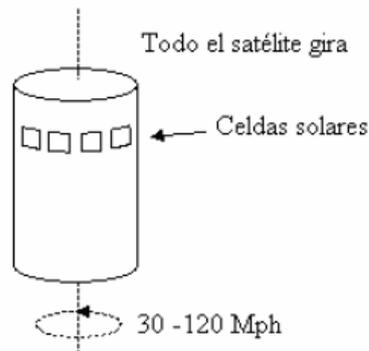


Ilustración 10: Satélite antiguo con estabilización por spin.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

La figura 11 muestra un satélite de estabilización por spin que soluciona el problema de la antena omnidireccional, ya que la antena se encuentra fija en el centro del satélite y el cuerpo de éste es el que se encuentra girando. Con este cambio se logra obtener mayor directividad por parte del satélite.

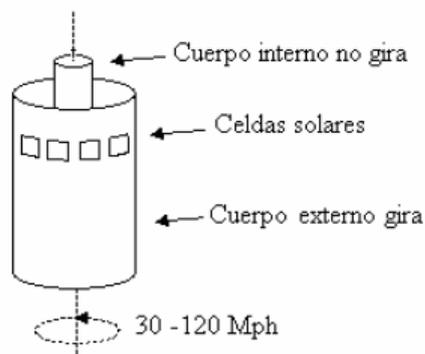


Ilustración 11: Satélite con estabilización por spin con antena fija.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

Los satélites de estabilización por tres ejes son lo más utilizados en la actualidad, los ejes de rotación se encuentran en el centro y dentro del satélite, lo cual hace que el cuerpo del mismo no esté girando, esto es una gran ventaja, ya que las celdas solares no rotan y se encuentran siempre apuntando directamente al Sol y así se aprovecha más la energía solar. La figura 2.9 muestra un satélite de estabilización de tres ejes.

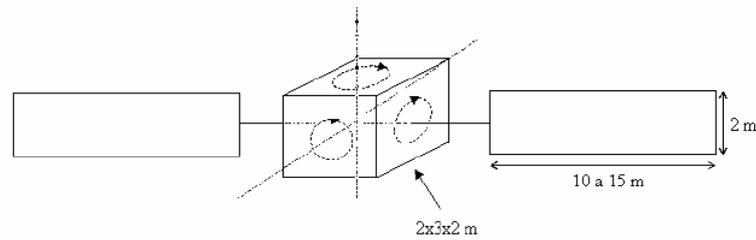


Ilustración 12: Satélite de estabilización de tres ejes.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

### 8.6.1. Sistema de propulsión <sup>[5]</sup>

El sistema de propulsión tiene tres objetivos: el primero es el paso a la órbita de transferencia y a la órbita geoestacionaria, el segundo es la posición orbital que consiste en mantener al satélite en la longitud exacta y el tercero es el control de asiento que, como ya se dijo antes, es el control que se encarga de mantener al satélite apuntando hacia la tierra. El combustible que utilizan los satélites es la Hidracina, la cual proporciona una gran potencia y tiene poco peso. Los satélites llevan un peso de combustible de 150 a 200 Kg., de esta cantidad de combustible dependerá el tiempo de vida útil del satélite.

### 8.6.2. Sistema de energía eléctrica <sup>[5]</sup>

La energía con que trabajan los satélites es energía solar, la cual llega a ser en el espacio hasta de  $1390 \text{ W}/\text{nr}^2$ . En la actualidad la tecnología de silicio está trabajando en el límite a unos  $180 \text{ W}/\text{nr}^2$ , lo cual nos dice que la energía solar en el espacio está sobrada y de avanzar más la tecnología podrá ser aprovechada mejor. El desgaste por la radiación solar genera pérdidas de hasta el 10%, este problema es más grave en los satélites de estabilización de tres ejes, ya que los paneles reciben constantemente radiación, en cambio los paneles solares de los satélites de estabilización de spin reciben radiación el 50% del tiempo, debido a que se mantienen girando constantemente. La figura 13 muestra que los satélites de estabilización de tres ejes tienen una rotación cada 24 horas con respecto al cuerpo del satélite, esto quiere decir que los paneles apuntan constantemente al Sol, a diferencia de los satélites de estabilización de spin.

La potencia suministrada por los paneles solares sufre cambios constantemente, esto es debido a los equinoccios y a los solsticios que generan desgaste en las celdas solares. Existe un umbral de potencia necesaria para que el satélite funcione, este factor también ayuda a determinar la vida útil de un satélite.

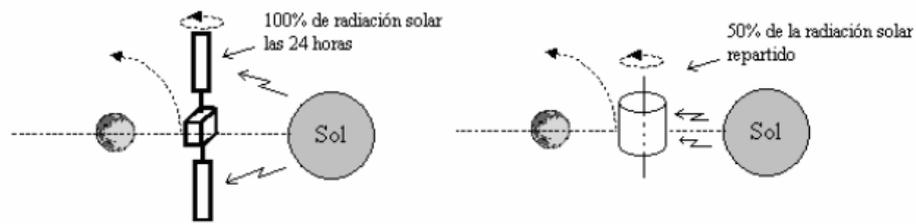


Ilustración 13: Energía del satélite.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

### 8.6.3. Control térmico <sup>[5]</sup>

En la actualidad los equipos electrónicos de los satélites suelen funcionar a temperaturas de 0 °C a 70 °C, en el espacio las temperaturas pueden llegar a ser de -150 °C cuando no hay Sol y de +250 °C cuando hay Sol. Es por esta razón que un control térmico es indispensable para el buen funcionamiento de los satélites, estos controles pueden ser mantas térmicas envueltas en el satélite, radiadores externos, resistencias calentadoras y pinturas negras con el fin de evitar la dilatación de la estructura.

### 8.7. Cobertura proporcionada por un satélite [5]

La cobertura que puede ofrecer un satélite depende del tipo de radiación que emita la antena del satélite. Existen tres tipos de haz que pueden ofrecer los satélites. El primero es el haz global, el cual proporciona una cobertura de hasta 1/3 de la superficie terrestre en órbitas GEO. El siguiente tipo es el haz de pincel, el cual tiene una cobertura para órbitas GEO de 600 a 800 Km<sup>2</sup>, ideal para comunicaciones móviles. Una característica muy importante es que este tipo de haz puede ser variado electrónicamente en función del área que se quiere cubrir. El tercer tipo es el haz de perfilados, en el cual se modifica el tipo de radiación de la antena para así poder cubrir un área deseada.

La cobertura geométrica se refiere a aquellos puntos que ven al satélite, es decir, con línea de vista y con una elevación mayor a 0° de la antena. Es importante mencionar que a ángulos pequeños las ondas de radio cruzan mayor volumen de atmósfera, lo cual genera más pérdidas en la señal.

La cobertura radioeléctrica está obligada a trabajar con ángulos más grandes de  $5^\circ$ , esto es porque la cobertura radioeléctrica está limitada por la distancia, el ruido eléctrico y la atmósfera.

### 8.8. Ángulo acimut, ángulo de elevación y distancia [5]

Para que exista un enlace satelital es necesario que exista una línea de vista entre la estación terrena y el satélite. Para que la línea de vista exista la antena tiene que apuntar hacia la latitud donde se encuentra el satélite. Existen dos movimientos que tiene que tener cualquier antena de enlace satelital, estos son el ángulo acimut y ángulo de elevación.

El ángulo acimut se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena terrestre, tomando como referencia al norte como  $0^\circ$ . El ángulo de elevación se define como la apertura entre el plano horizontal y la señal electromagnética radiada por la antena. La figura 14 determina el ángulo acimut y el ángulo de elevación.

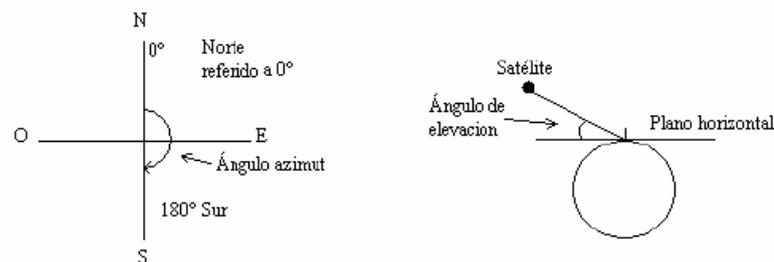


Ilustración 14: Ángulo acimut respecto al norte y ángulo de elevación respecto al horizonte.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

### 8.8.1. Cálculo del ángulo acimut <sup>[5]</sup>

Para realizar el cálculo del ángulo acimut es necesario conocer la latitud  $LA_{es}$  de la estación terrestre, longitud  $LO_{es}$  de la estación terrestre, así como la longitud  $LO_{sat}$  del satélite. La ecuación muestra el cálculo del ángulo acimut.

$$Azm = \tan^{-1} \left( \frac{\tan (LO_{es} - LO_{sat})}{\sin LA_{es}} \right)$$

Situación	Ecuación
Si el satélite se encuentre al sureste de la estación terrestre	$Az = 180^\circ + Azm$
Si el satélite se encuentre al suroeste de la estación terrestre	$Az = 180^\circ - Azm$
Si el satélite se encuentre al noroeste de la estación terrestre	$Az = 360^\circ - Azm$
Si el satélite se encuentre al noreste de la estación terrestre	$Az = Azm$

Tabla 5: Cálculo real del ángulo acimut.

Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)

### 8.8.2. Cálculo del ángulo de elevación <sup>[5]</sup>

Para el cálculo del ángulo de elevación también necesitaremos la ubicación de la estación terrestre tanto como la ubicación del satélite. La ecuación muestra el cálculo del ángulo de elevación.

$$Elev = \tan^{-1} \left( \frac{\cos LA_{es} \cos (LO_{es} - LO_{sat}) - 0.151}{\sqrt{1 - \cos^2 LA_{es} \cos^2 (LO_{es} - LO_{sat})}} \right)$$

### 8.8.3. Cálculo de rango <sup>[5]</sup>

Se conoce como rango a la distancia que existe entre el satélite y la estación terrena. Para efectuar este cálculo se requiere del ángulo de elevación, el radio de la tierra,  $R$  y la distancia de órbita geostacionaria,  $h$ . La ecuación muestra el cálculo de la distancia de un satélite con órbita geostacionaria donde el radio de la Tierra es igual a 6378 Km, y la órbita GEO se encuentra a 36000 Km.

Si

$$\alpha = \sin^{-1}(0.15126 \cos(Elev)), \beta = 90^\circ - \alpha - Elev$$

$$S = [R^2 + (R + h)^2 - 2R(R + h) \cos \beta]^{1/2}$$

### 8.9. Métodos de seguimiento de un satélite [15]

Desde los primeros tiempos de la observación celeste utilizando telescopios ópticos, cada observación consiste en la medida de dos magnitudes escalares (ascensión recta y la declinación) y son necesarias al menos tres observaciones para determinar la órbita del objeto observado. Con el radar, además de las dos magnitudes angulares (acimut y elevación), podemos obtener la medida de distancia (midiendo el tiempo de ida y vuelta de la señal transmitida por el radar y reflejada por el blanco); conocida la posición del radar en la superficie terrestre, se obtiene el vector de posición del objeto observado. La intensidad del eco en la señal radar varía según la ley inversa de la cuarta potencia de la distancia del radar al blanco; ésta es la razón por la que un radar está limitado a los objetos cercanos a la Tierra. Así, los satélites de órbita geosíncrona no pueden ser seguidos desde tierra con radar. El problema es resuelto instalando un transpondedor a bordo del satélite.

Actualmente, los métodos empleados para la determinación de la órbita de un satélite se basan en las medidas de:

1. La medida de la distancia.
2. La medida del Doppler.

La figura 1 ilustra los tipos de medidas que actualmente son utilizados para la determinación de la órbita del satélite.

La medida de la doble distancia al satélite (two way) (Figura 15) puede ser realizada midiendo el tiempo de tránsito de un pulso muy estrecho o alternativamente midiendo la diferencia de fase entre la señal transmitida y la señal recibida en el punto donde se haga la medida, que puede estar en tierra o a bordo del satélite.

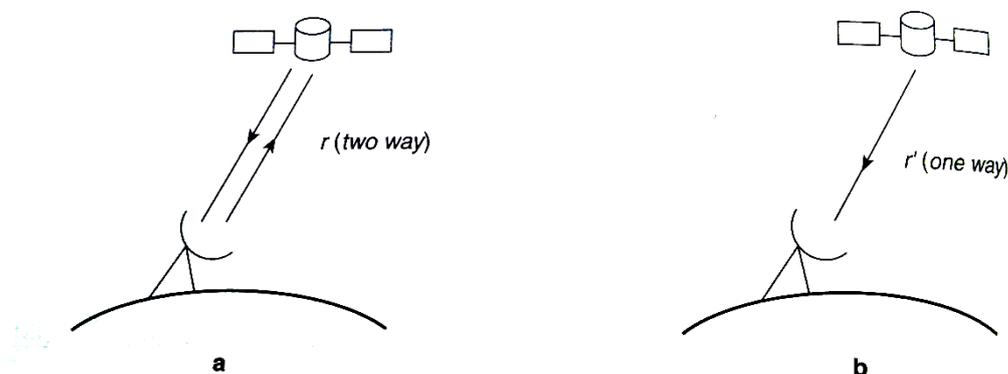


Ilustración 15: Cálculo de la distancia. Fuente: Libro Sistemas de Navegación.

El primer método ha sido muy útil en frecuencias ópticas: láser con pulsos del orden de 200 picosegundos; la precisión conseguida ha sido del orden de 2 a 3 cm.

El segundo método está basado en la medida por tonos. Utiliza varios tonos senooidales para eliminar la ambigüedad, debido a que la medida de fase da un número entero de longitudes de onda. La medida de distancias es realizada modulando una señal recibida es correlacionada con la señal transmitida y se mide el tiempo del retardo de la señal. La precisión conseguida es menor de 5 metros. Otra posibilidad es modular la señal con un código pseudoaleatorio y correlacionar la señal con la misma secuencia. En cualquier caso, es preferible medir la doble distancia (two way) a la distancia simple (one way) para evitar el desfase en las frecuencias de los dos osciladores (el de tierra y el de a bordo).

En la medida del Doppler (Figura 15), el desplazamiento de la frecuencia del oscilador de a bordo es eliminado, asumiendo que la frecuencia permanece constante a lo largo del pase del satélite. Con la medida del Doppler se pueden conseguir velocidades muy precisas del satélite. Se obtienen precisiones de hasta 0,1 mm/sg. Integrandos las frecuencias Doppler, la medida de la distancia al satélite puede ser obtenida. La medida del desplazamiento Doppler ha sido utilizada durante muchos años en los satélites Transit.

La medida de la distancia es particularmente útil para determinar rápidamente la posición del satélite en su órbita, mientras que la medida del Doppler es más útil para medir los cambios de velocidad, por ejemplo, en las maniobras y también en las órbitas que necesitan mucha precisión.

La medida de la distancia es principalmente requerida para la determinación de la órbita, pero la precisión de esta distancia no es sólo lo que define la precisión de la órbita; así pues, es importante distinguir entre los requerimientos para la medida de la distancia y de la determinación de la órbita. La precisión de la medida de la distancia es expresada en términos de una simple medida, mientras que los programas para la determinación de la órbita utilizan secuencias de medidas (tomadas sobre una longitud de arco o en varios arcos de la órbita), así como la localización de las estaciones de seguimiento y los datos obtenidos sobre los modelos de propagación en la troposfera y en la ionosfera.

### 8.9.1. Sistema de medida de distancia por tonos utilizado por ESA (European Space Agency) <sup>[15]</sup>

El diagrama en bloques es el representado en la figura 16. El tono mayor (100 KHz) y los tonos menores (20, 4, 0.8, 0.16, 0.032, 0.008 KHz) son emitidos por el generador de tonos bajo el control de la unidad central. El generador de tonos también envía un tono de 8 Hz de referencia a la unidad de medida (un contador).

Los tonos son enviados al modulador, donde modulan en fase a una portadora de 70 Mhz. En una configuración normal, estos 70 Mhz son trasladados en frecuencia y enviados a un transistor desde el cual, a través de la antena, la señal es enviada al satélite. La señal es transmitida por el satélite y recibida en el demodulador. El demodulador extrae el tono mayor y los tonos menores, que son enviados al procesador de tonos. El procesador regenera un tono de 8 Hz en fase con el tono recibido, por un proceso conocido como resolución de ambigüedad, y lo envía a la unidad de medida de retardo empleada por la señal. El retardo entre los 8 Hz emitidos y los 8 Hz recibidos es igual a:

$$D = (n \times 18750) + \Delta t$$

La longitud de onda de un tono de 8 Hz es de 18.750 Km. Como 8 Hz es la frecuencia más baja utilizada, el sistema está caracterizado por una ambigüedad de  $\pm 18.750$  Km, es decir, el sistema permite realizar medidas muy precisas conociendo a priori que la posición del satélite está dentro de  $\pm 18.750$  Km.

El sistema de medida de distancia de ESA (European Space Agency) en VHF y en banda S es un sistema para el seguimiento de satélites equipados con un transpondedor de ESA.

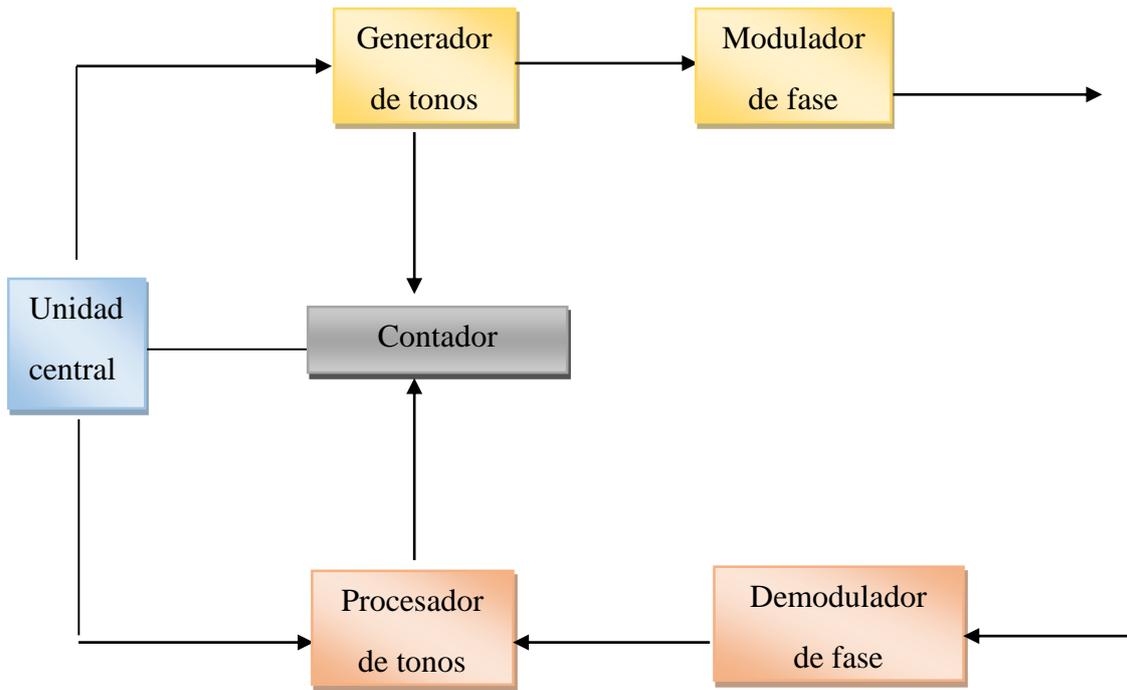
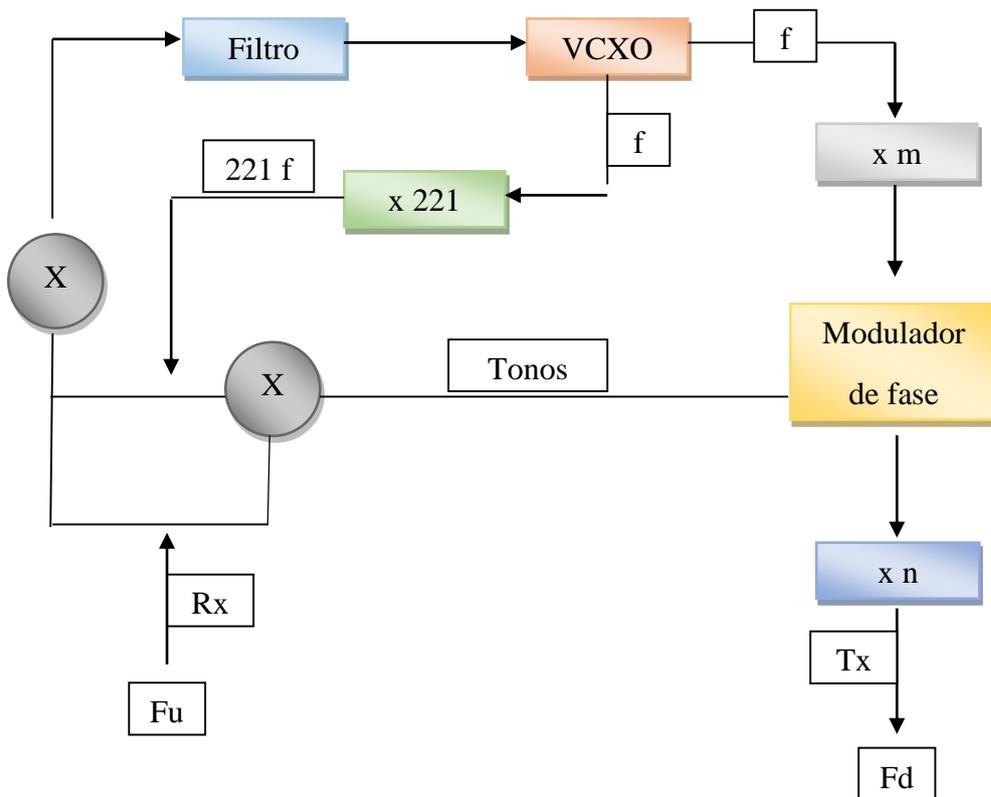


Ilustración 16: Sistema utilizado por ESA para la medida de distancia.

Fuente: Libro Sistemas de Navegación



$F_u$  = Frecuencia recibida por el transpondedor.

$F_d$  = Frecuencia transmitida por el transpondedor.

Ilustración 17: Transpondedor utilizado por ESA en sus satélites para la medida por tonos.

Fuente: Libro Sistemas de Navegación

La siguiente tabla muestra la precisión conseguida en la órbita del ERS-1 (satélite de exploración de recursos de ESA) con un sistema de medida por tonos utilizando la red de banda S de ESA y las estaciones de seguimiento de Villafranca, en Madrid (España) y Kiruna (Suecia).

	Radial		A lo largo de la órbita		Transversal	
	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.
Total (rss)	9	6	29	14	5	3

ms = root mean square (raíz cuadrática media); rss = root sume square (suma de la raíz cuadrática media).

*Tabla 6: Precisión conseguida en la órbita del ERS-1.*

*Fuente: Libro Sistema de Navegación*

Las medias de distancia fueron tomadas durante 14 revoluciones del satélite; los errores están expresados en metros (1-sigma).

8.9.2. Sistema que utilizan códigos pseudoaleatorios para la determinación de la distancia y del Doppler <sup>[15]</sup>

El sistema PRARE (Precise Range and Range Rate Equipment) emplea la banda S y la banda X para la recepción (2,2 y 8,5 Ghz, respectivamente) y la banda X (7,2 Ghz) para la transmisión. En el sistema, el error producido por la ionosfera en la propagación



*Ilustración 18: Antena de banda S en la red de seguimiento de ESA.*

*Fuente:*

[http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa\\_multimedia/images/2014/11/esa\\_malarguee\\_tracking\\_station/15562082-1-eng-GB/ESA\\_Malarguee\\_tracking\\_station.jpg](http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2014/11/esa_malarguee_tracking_station/15562082-1-eng-GB/ESA_Malarguee_tracking_station.jpg)

es eliminado. La medida de distancia está basada en el uso de códigos pseudoaleatorios PN (Pseudo-random Noise). La precisión es mejor que 10 cm.

La variación de distancia (Range Rate) puede ser obtenida diferenciando las medias de distancia, o alternativamente midiendo el Doppler de la portadora en banda X. La precisión es mejor que 0,1 mm/sg.

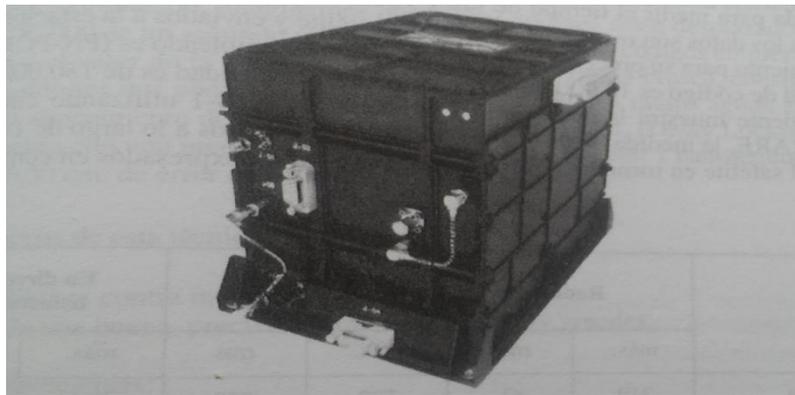
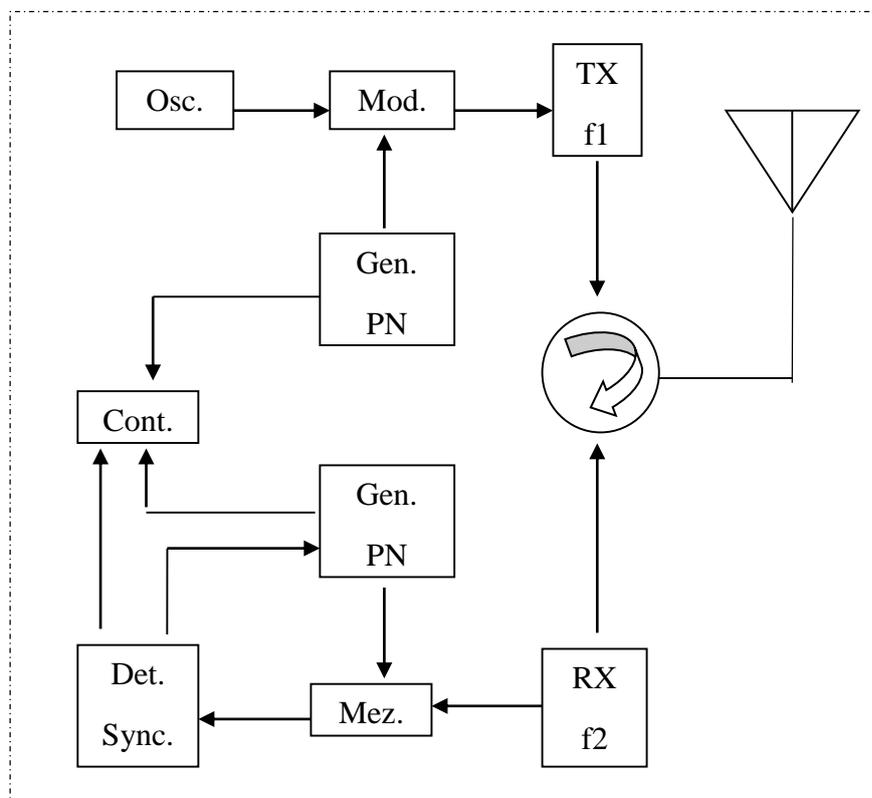
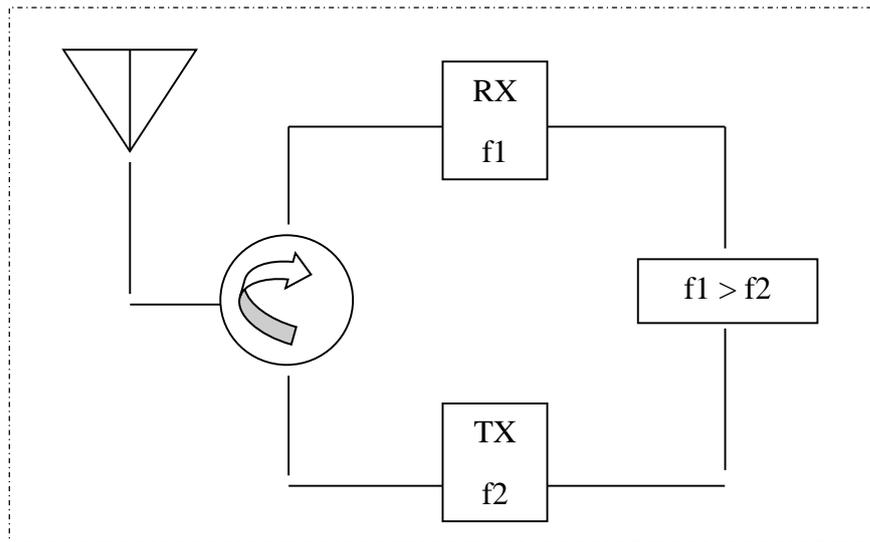


Ilustración 19: Transpondedor de banda S utilizado por ESA. (Cortesía de ESA)

Fuente: Libro Sistema de Navegación



Equipo de a bordo



Equipo de Tierra

*Ilustración 20: Sistema PRARE. Fuente: Libro Sistema de Navegación.*

La frecuencia de transmisión puede ser modulada con datos que contienen información meteorológica de la estación de tierra para corregir los errores debidos a la troposfera, así como la diferencia en tiempo utilizado por las señales en banda S y X para corregir los errores debidos a la ionosfera.

El concepto básico PRARE está expuesto en la Figura 20. Dos señales son enviadas a Tierra desde el satélite. Una es en banda S (2,2 Ghz) y la otra en banda X (8,5 Ghz). Ambas señales son moduladas con un código PN para medir la distancia y con datos para las estaciones de tierra. Cada estación de tierra demodula estas señales. Los códigos PN, aunque son enviados simultáneamente desde el satélite a tierra, llegan en tiempos diferentes; esto es debido a la ionosfera. Esta diferencia en tiempos es utilizada para el cálculo de la medida de distancia y es transmitida al satélite junto a los datos meteorológicos recogidos en la estación de tierra (utilizados para la corrección troposférica). La señal en banda X que es transmitida al satélite, que es coherente con la señal recibida en banda X, es modulada también con el código PN y es utilizada para medir el tiempo de ida y vuelta de la señal y calcular la distancia.

Todos los datos son recogidos a bordo del satélite y enviados a la estación central de seguimiento para su proceso. El tipo de modulación es (PN-PCM)/PSK; la longitud de código es  $10.000 \times 1.000$  (chips) y la ambigüedad es de 150.000 km. La tabla siguiente muestra la precisión en la órbita del ERS-1 utilizando cinco estaciones PRARE, la medida

de distancia y el Doppler tomados a lo largo de 14 revoluciones del satélite en torno a la Tierra. Los valores están expresados en centímetros.

	Radial		A lo largo de la órbita		En dirección transversal	
	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.
Total (rss)	219	83	587	238	296	160

Tabla 7: *Revoluciones del satélite. Fuente: Libro Sistema de Navegación.*

### 8.9.3. Los códigos pseudoaleatorios PN (Pseudo-Random Noise) <sup>[15]</sup>

Una de las técnicas utilizadas para ensanchar el espectro (spread spectrum) de una señal es modulándola con un código pseudoaleatorio.

En las aplicaciones de espacio lejano, la distancia llega a ser tan grande que el tono menor llega a tener una frecuencia tan baja que es impracticable. Si se modula una señal con un código cuyo período puede ser arbitrariamente largo, el problema de la ambigüedad queda resuelto, pero también hay que tener en cuenta que la resolución de la distancia dependerá de la duración del dígito (chip)  $t_0$  del código utilizado. Las principales características son:

$$\text{Ambigüedad} = \frac{c \times L}{2 \times R_c}$$

donde:

$c$  = Velocidad de la luz.

$$R_c = \text{Velocidad de chip} = \frac{1}{t_0} .$$

$L$  = Longitud de código.

$$\text{Precisión de la medida} = K \frac{c}{R_c} .$$

Un sistema que actualmente utiliza espectro ensanchado es el GPS (Global Position System). La señal de GPS es modulada con un código P de 10,23 Mhz, que hace que el ancho de banda de la señal se multiplique por dos y se transforme en 20 Mhz, con lo que la señal llega a la Tierra con un nivel muy bajo. En el receptor, la señal recibida es comparada con una internamente generada, copia idéntica del código, a través de un proceso de correlación, imaginemos que ambos códigos estén desplazados un dígito ( $1/10.230.00$  de un segundo para el código P); así, estos códigos empiezan a superponerse y el valor de la correlación aumenta de forma brusca, consiguiendo un pico cuando los dos códigos coinciden perfectamente. La rampa aguda antes y después del alineamiento de los códigos permite al lazo DDL (Dealy Locked Loop) un seguimiento con una precisión de 0,01 dígito (chip), es decir 1 nanosegundo, equivalente a 0,30 cm, de error en la media de la media.

Ventajas de esta técnica:

- Protege contra interferencias deliberadas.
- Da una buena precisión para distancias muy grandes.

Inconvenientes:

- Tiempo para sincronizar el código.

#### 8.9.4. Sistemas multipropósito para la media de distancia y del Doppler de esa MPTS (Multipurpose Tracking System) <sup>[15]</sup>

Cuando ESA (European Space Agency) tuvo que suministrar soporte de navegación para la misión Giotto en su encuentro con el cometa Halley, se vio que el sistema de medida por tonos era inadecuado porque el nivel de señal de vuelta era muy bajo. En la peor condición de la misión, la señal era de un nivel tres veces más bajo del umbral especificado para el sistema por tonos.

Entre los pros y los contras de los dos sistemas anteriormente estudiados tenemos los siguientes:

- Precisión para igual potencia de transmisión e igual ancho de banda a favor del sistema por tonos (la diferencia es del orden de 10 dB).
- Ocupación del espectro y posibilidad de compartirlo con otras aplicaciones a favor de los sistemas PN.

- Adquisición en los sistemas PN operacionalmente más sencillos, pero consumen más tiempo en las señales muy débiles.

El sistema empleado por el MPTS hace uso de las ventajas de ambos métodos, pero elimina sus inconvenientes. El sistema emplea un tono (programable desde 100 KHz a 3 Mhz) para conseguir una buena resolución y una buena relación señal/ruido y un código para resolver el problema de la ambigüedad. Sin embargo, el código no es tal PN, sino que consiste en una secuencia de ondas cuadradas subarmónicamente relacionadas con la frecuencia del tono. La ambigüedad no es resuelta, como en el sistema por tonos, por una secuencia de tonos subarmónicamente relacionados con el tono mayor, sino por una secuencia de códigos cuya longitud es igual a  $2^n$  el período del tono, empezando con  $n=1$  hasta  $n =$  máxima longitud del código, o MCL (el período de este tono será igual a  $2^{MCL}/f_{tono}$  y juega el mismo papel que el tono de 8Hz en el sistema por tonos). La ambigüedad puede llegar hasta 10 segundos, equivalente a 1,5 millones de kilómetros.

La velocidad radial del satélite relativa a la posición de la estación de seguimiento puede ser simplemente determinada por el desplazamiento de frecuencia en el camino de ida y vuelta de la señal al satélite. Este desplazamiento de frecuencia es proporcional a la velocidad radial del satélite. En el sistema por tonos, la frecuencia Doppler era medida contando el número de pasos por 0 en un intervalo de tiempo fijo y considerando cada medida de velocidad independientemente:

$$V_i = \frac{c \times N}{2 \times f \times T}$$

donde:

$N_i$  = Número de pasos por 0 en el intervalo de medida.

T = Intervalo de medida.

f = Frecuencia de portadora recibida.

c = Velocidad de la luz.

Como  $N_i$  no puede ser determinada más que con una precisión en la cuenta de  $\pm 1$ , la precisión resultante no puede ser lo bastante buena para la precisión necesaria en la determinación de las órbitas.

Una precisión mejor es obtenida por el sistema MPTS, midiendo el tiempo transcurrido entre un número entero de períodos Doppler por un contador. La frecuencia Doppler media  $\langle f_d \rangle$  sobre un específico tiempo de integración T es dada por:

$$\langle f_d \rangle = \frac{\phi(T) - \phi(0)}{2 \times \pi \times T}$$

donde:

$\phi(0)$  = Media de la fase al principio del tiempo de integración.

$\phi(T)$  = Medida de la fase al final del tiempo de integración.

Si el contador no es reiniciado después de cada medida, la variación continua de la fase con el tiempo (esto es, el cambio de la distancia relativa con el tiempo) es obtenida; esto es conocido con el nombre de <<Doppler integrado>>.

#### 8.9.5. Sistemas de seguimiento de satélite por láser

Estos sistemas suministran una medida de distancia muy precisa a los satélites equipados con reflectores ópticos. La medida de distancia es determinada por el tiempo de propagación de un pulso de láser desde la estación de seguimiento al satélite y su vuelta. La medida de distancia puede ser realizada durante el día o la noche, si las condiciones atmosféricas son favorables, hasta varios miles de kilómetros, y la precisión es del orden de 1 a 2 centímetros. La red global SLR (Satellite Laser Ranging) ha sido la más utilizada para determinación de órbitas muy precisas.

La siguiente tabla muestra los errores obtenidos en una simulación para el satélite ERS-1, utilizando 14 estaciones de la red global de seguimiento de satélites por láser y utilizando medidas tomadas durante dos revoluciones. Los errores están expresados en centímetros.

	Radial		A lo largo		Transversal	
	máx.	min.	máx.	min.	máx.	min.
Total (rss)	110	57	277	137	110	55

Tabla 8: Errores obtenidos en una simulación para el satélite ERS-1.

Fuente: Libro Sistema de Navegación

La precisión de estos sistemas depende principalmente de la precisión del sistema utilizado para la medida del tiempo. Cuando el sistema inicia una medida genera un pulso que está sincronizado al UTC (Universal Time Coordinated). Este pulso ataca a una fuente de alimentación, la cual genera un pulso de alto voltaje que activa el láser; el pulso de láser (una muestra del cual es enviada a un contador) finalmente excita un transmisor óptico que envía la señal al satélite. La señal se refleja en el satélite y se recibe en el receptor. El pulso detectado pasa al contador, que da la distancia medida.

La ventaja de este sistema:

- Gran precisión.

Inconvenientes:

- Alcance limitado.
- El sistema no se puede utilizar con cielo cubierto debido a la absorción.
- El sistema de apuntamiento es complejo.

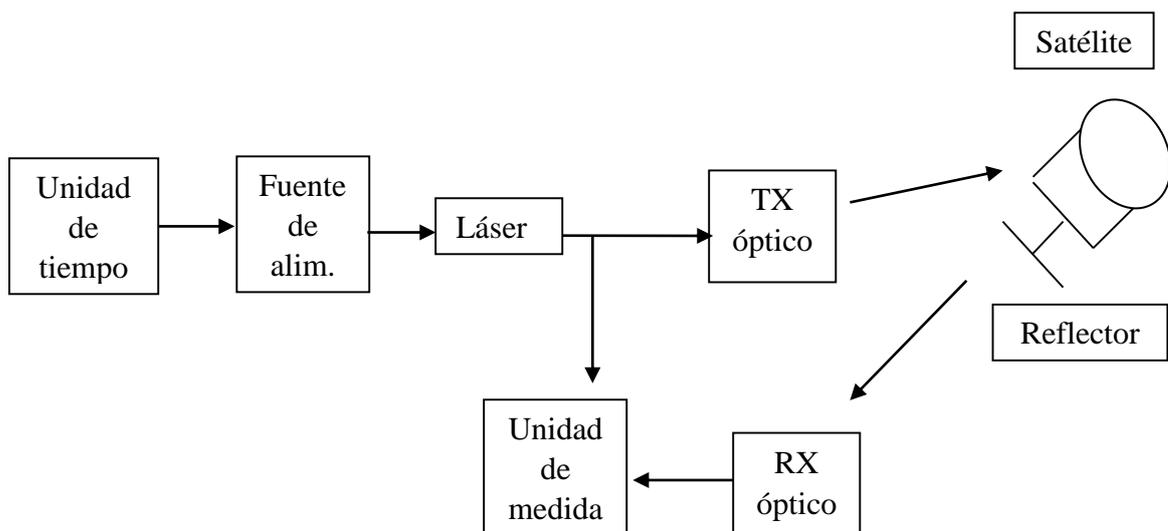


Ilustración 21: Sistemas de seguimiento de satélite por láser.

Fuente: Libro Sistemas de Navegación.

## 9. ASPECTOS GENERALES DE LOS DESECHOS ESPACIALES

Quisiera recoger diversas definiciones de los Desechos Espaciales, desde el punto de vista particular e institucional, resalto las siguientes:

- Wikipedia ([https://es.wikipedia.org/wiki/Basura\\_espacial](https://es.wikipedia.org/wiki/Basura_espacial)): se le llama basura espacial o chatarra espacial a cualquier objeto artificial sin utilidad que orbita la Tierra. Se compone de cosas tan variadas como grandes restos de cohetes y satélites viejos, restos de explosiones, o restos de componentes de cohetes como polvo y pequeñas partículas de pintura.
- ESA([https://www.esa.int/esaKIDSes/SEM7PJXDE2E\\_Technology\\_0.html](https://www.esa.int/esaKIDSes/SEM7PJXDE2E_Technology_0.html)): la basura espacial es un gran problema. Algunos de esos desechos son muy grandes, como las etapas quemadas de los cohetes, los satélites inutilizados y algunas herramientas que se pierden en los paseos espaciales. Sin embargo, la mayoría de ellos son mucho más pequeño.
- Ciencia en Granada (<http://cienciaengranada.weebly.com/basura-espacial.html>): se considera basura espacial a todos aquellos restos que se encuentran orbitando la Tierra resultantes de la actividad del ser humano en el espacio.
- NASA (<https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-orbital-debris-k4.html>): la basura espacial son “basura” en el espacio. Son piezas de naves espaciales. Los seres humanos han estado lanzando objetos en el espacio por más de 50 años.  
La mayor parte de la “basura” ha caído hacia la Tierra. Alrededor de una vez al día, algo cae de nuevo a la Tierra. Dado que la mayor parte de la superficie de la Tierra es agua, los objetos suelen caer allí. Pero muchos de los objetos están todavía en órbita alrededor de la Tierra.
- Veo verde (<https://www.veoverde.com/2013/06/que-es-y-donde-esta-la-basura-espacial/>): la basura espacial se define como la gran cantidad de objetos artificiales sin uso que orbitan alrededor del planeta a gran velocidad. Se hace necesario clarificar que se tratan de restos de naves espaciales (y también satélites)

### 9.1. Categoría de la basura espacial <sup>[16]</sup>

Los desechos sólidos espaciales se pueden clasificar en dos grandes grupos:

1. Natural: son básicamente meteoritos. También los asteroides se consideran como basura espacial, debido a que no tienen ningún propósito esencial o beneficio para el ser humano. Estos meteoritos y asteroides existen en una cantidad mínima. Por ejemplo, casi no existen asteroides cerca de la Tierra. En cambio, siempre hay diminutos, casi minúsculos meteoritos entrando a la atmósfera, y eventualmente se desintegran. Es por esto que esta categoría de basura espacial es la menos peligrosa.
2. Artificial: por otro lado, la segunda categoría está compuesta por todo tipo de material hecho por el hombre, y que se ha quedado en el espacio por diversas razones. Por ejemplo, este tipo de desecho espacial se crea al dejar de funcionar algún tipo de satélite, cohete, o incluso parte del traje espacial. No obstante esta basura espacial está compuesta por miles de diferentes cosas, desde lentes de cámaras, partículas de combustible sólido hasta tuercas y pintura.

En 1965, cuando se llevó acabo la primera caminata espacial, el astronauta Edward White perdió un guante, perteneciente a su traje espacial. Este guante permaneció en órbita por un mes a una velocidad de 28 km/h. Aunque en un primer plano estos objetos suenan como algo sin riesgo, éstos presentan grandes peligros para todos los astronautas y sus naves.



*Ilustración 22: Edward White en su primer paseo espacial.*

*Fuente: <http://www.curistoria.com/2014/03/un-guante-perdido-en-el-espacio.html>*

## 9.2. Tipos de basura espacial <sup>[17]</sup>

Estos objetos llamados basura espacial se pueden clasificar en:

- Equipos no operativos. La gran mayoría de los equipos en órbita se encuentran en estado no operativo. Son equipos que han alcanzado el fin de su vida, puede ser que hayan sido abandonadas en su órbita o bien transferidas a otras órbitas. Esto es debido a que tan sólo los equipos habitados y algunos otros que se encuentren en órbitas muy bajas son devueltas a la Tierra.
- Cuerpos de lanzaderas. La mayoría de los equipos son lanzados a la órbita mediante una o más etapas de propulsores, por ejemplo, para la órbita LEO se suele usar una etapa mientras que para la GEO se suele usar tres. La presencia de este tipo de basura es especialmente perjudica debido a su gran tamaño y a la posibilidad de explosión a causa de sus fuentes de energía. La ventaja es que las grandes plataformas y las usadas en la órbita LEO vuelven a entrar en la atmósfera rápidamente.
- Basura relacionada con las misiones. Son los objetos liberados en el despliegue, activación y operación de un equipo espacial. Generalmente este tipo de basura es de tamaño pequeño.
- Basura fragmentada. Consiste en objetos creados en una explosión o bien como el producto del deterioro. Las explosiones son eventos destructivos que crean un elevado número de pequeños objetos que tienen un amplio rango de velocidades iniciales, lo que implica que los fragmentos se esparcen por distintas órbitas. Las explosiones pueden ser causadas por explosiones internas o por una colisión con otro objeto en órbita. Por el contrario, los fragmentos causados por el deterioro se separan de la nave o cohete con una baja velocidad relativa, es decir no sufrirán un gran cambio de órbita. Un problema importante de la degradación es el relacionado con la pintura de las naves.

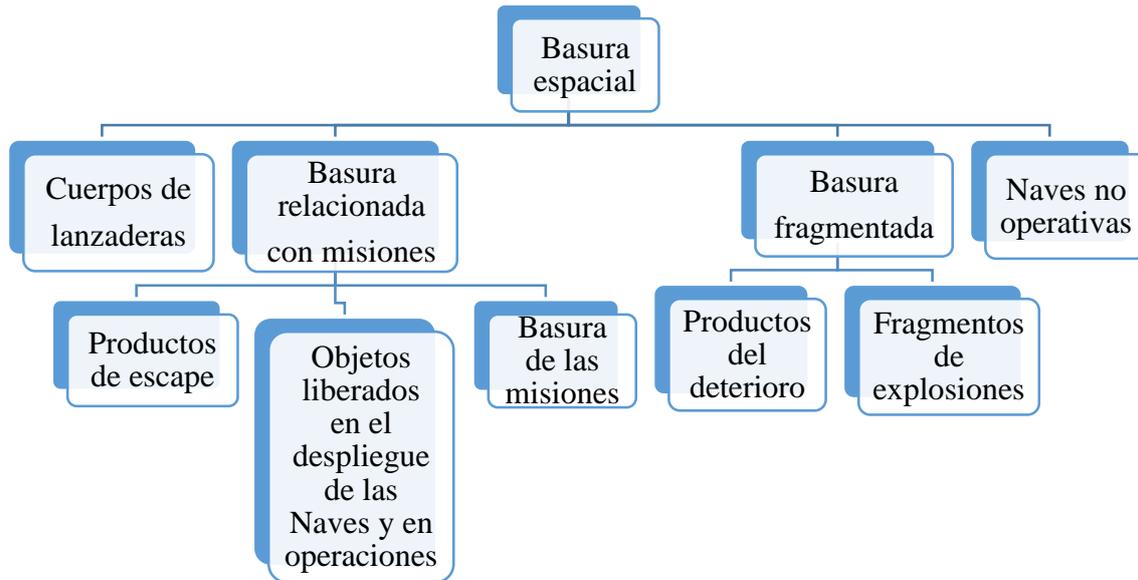


Ilustración 23: Tipo de basura espacial.

Fuente: [http://misredes.com.ve/v2.0/wp-content/uploads/2016/05/nota\\_10.pdf](http://misredes.com.ve/v2.0/wp-content/uploads/2016/05/nota_10.pdf)

### 9.3. Clasificación de la basura espacial <sup>[17]</sup>

Existe una gran cantidad de técnicas para caracterizar la basura espacial existente, pero a pesar de ello sigue existiendo una gran incertidumbre o desconocimiento. Los objetos catalogados representan tan sólo una pequeña fracción de toda la basura en órbita, el resto de objetos se estudian mediante modelos. La UPV, señala además que se puede hacer una clasificación de la basura según su tamaño ya que este parámetro influirá en su comportamiento:

- Grande. Se dice que la basura es de tamaño grande cuando tiene un diámetro mayor de 10 cm y un peso mayor de 1 kg. Este es el grupo del que se tiene un mayor conocimiento. Hay una mayor concentración de esta basura en las órbitas LEO, semisíncrona y GEO. La basura de este tipo no catalogada es debida a las características del sensor, no a las propias de la basura. Aunque la basura no catalogada en este caso estará compuesta principalmente por basura relacionada con las misiones y basura fragmentado ya que los equipos y lanzaderas son fáciles de seguir debido a su gran tamaño.

- Mediano. A este grupo pertenece la basura que tenga un diámetro comprendido entre 1 mm y 10 cm, y un peso entre 1 mg y 1 kg. Para este grupo tan sólo existen medidas a partir del muestreo con sensores de órbitas LEO muy inclinadas y de baja altitud, todas las demás suposiciones se basan en la extrapolación. Se piensa que esta basura se encuentra en las mismas órbitas que la de mayor tamaño ya que la mayoría de basura mediana se genera a partir de la grande, aun que dependiendo del tipo de ésta última. Se supone que esta basura media está compuesta por basura fragmentada y objetos relacionados con misiones. El radar Haystack (sensor desde tierra) ha proporcionado una gran cantidad de información acerca de este tipo de basura, con él se ha podido observar diferencias en la situación de estos objetos respecto a los de tamaño grande debido a que los medianos serán afectados con una mayor intensidad por la fricción de la atmósfera. A partir de la información del Haystack sobre la distribución y forma de esta basura se puede deducir que hay alguna otra fuente adicional de esta.
- Pequeño. La basura de este grupo consiste en aquellos objetos que tengan un diámetro menor de 1mm y peso menor de 1mg. La cantidad de objetos de este tipo es considerablemente grande. El conocimiento que se tiene de esta basura proviene básicamente de la observación de los equipos que vuelven a la Tierra. Este grupo está compuesto por basura relacionada con las misiones y basura fragmentada. Las fuerzas perturbadoras afectarán a esta basura de forma más intensa que a los dos tipos anteriores.

#### *9.4. Directrices para la reducción de desechos espaciales de Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.* <sup>[18]</sup>

Desde que, en 1999 la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos publicó su Informe Técnico sobre Desechos Espaciales, se ha estado de acuerdo en que los desechos espaciales plantean actualmente riesgos para las naves espaciales que están en órbita terrestre. A los efectos del presente documento, los desechos espaciales se definen 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. La cantidad de desechos espaciales va en aumento y, en consecuencia, se multiplican las probabilidades de que se produzcan

colisiones que podrían causar daños. Además, también existe el riesgo de que, si logran reingresar en la atmósfera terrestre, esos desechos ocasionen daños en la superficie de la Tierra. Por ello, se considera prudente y necesario aplicar con prontitud medidas adecuadas para reducir los desechos espaciales, a fin de preservar el medio ambiente espacial para las generaciones futuras. Históricamente, las principales fuentes de desechos espaciales en órbitas terrestres han sido a) las desintegraciones accidentales e intencionales que producen desechos de larga vida y b) los desechos liberados intencionalmente durante el funcionamiento de las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento. En el futuro, se prevé que los fragmentos generados por las colisiones constituyan una importante fuente de desechos espaciales. Las medidas de reducción de desechos espaciales pueden dividirse en dos amplias categorías, a saber, las que limitan la generación a corto plazo de desechos espaciales potencialmente peligrosos, y las que limitan su generación a más largo plazo. Entre las primeras figuran la reducción de la producción de desechos espaciales relacionados con las misiones y la prevención de desintegraciones. Las segundas se refieren a procedimientos relativos al final de la vida en virtud de los cuales se retiran de las regiones en que existen naves espaciales en funcionamiento las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento que han quedado desactivadas.

#### 9.4.1. Fundamento <sup>[18]</sup>

Se recomienda la aplicación de medidas de reducción de desechos espaciales ya que algunos desechos espaciales pueden ocasionar daños a las naves espaciales que provoquen la pérdida de la misión o la pérdida de vidas humanas en el caso de naves espaciales tripuladas. A los efectos de la seguridad de las tripulaciones, la aplicación de medidas de reducción de desechos espaciales en las órbitas de los vuelos tripulados reviste gran importancia.

El Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales ha elaborado un conjunto de directrices para la reducción de los desechos espaciales que reflejan los elementos fundamentales de un conjunto de prácticas, normas, códigos y manuales sobre la materia elaborados por varias organizaciones nacionales e internacionales. La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos reconoce los beneficios que brinda un conjunto de directrices cualitativas de

alto nivel, de mayor aceptación en la comunidad espacial mundial. Por ello, (en la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión) se estableció el Grupo de Trabajo sobre desechos espaciales encargado de elaborar un conjunto de directrices recomendadas sobre la base del contenido técnico y las definiciones básicas de las directrices elaboradas por el Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales, y teniendo en cuenta los tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el espacio ultraterrestre.

#### 9.4.2. Aplicación <sup>[18]</sup>

Los Estados Miembros y las organizaciones internacionales deberían adoptar medidas, a título voluntario y mediante mecanismos nacionales o sus propios mecanismos pertinentes, con objeto de asegurar la aplicación de las presentes directrices en la mayor medida posible, estableciendo prácticas y procedimientos de reducción de desechos espaciales.

Estas directrices se pueden aplicar a la planificación de misiones y al funcionamiento de las naves espaciales y las etapas orbitales de nuevo diseño y, de ser posible, a las ya existentes. No son jurídicamente vinculantes en virtud del derecho internacional.

También se reconoce que pueden justificarse excepciones a la aplicación de determinadas directrices o algunos de sus elementos, por ejemplo, en virtud de las disposiciones de los tratados y los principios de las Naciones Unidas relativos al espacio ultraterrestre.

#### 9.4.3. Directrices para la reducción de los desechos espaciales <sup>[18]</sup>

Las siguientes directrices deberían tenerse en cuenta en la planificación de las misiones y las fases de diseño, fabricación y funcionamiento (lanzamiento, misión y eliminación) de las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento.

Directriz 1: Limitación de los desechos espaciales liberados durante el funcionamiento normal de los sistemas espaciales.

Los sistemas espaciales se deberían diseñar de manera tal que no liberen desechos espaciales durante su funcionamiento normal. Cuando ello no sea viable, se deberían minimizar los efectos de la liberación de desechos en el medio espacial.

En los primeros decenios de la era espacial, los diseñadores de vehículos de lanzamiento y naves espaciales permitían la liberación intencional en la órbita terrestre de numerosos objetos relacionados con las misiones, en particular cubiertas de sensores, mecanismos de separación y artículos de despliegue. Empeños específicos de diseño motivados por el reconocimiento de la amenaza que plantean dichos objetos han permitido reducir esa fuente de desechos espaciales.

Directriz 2: Minimización de las posibilidades de desintegraciones durante las fases operacionales.

Las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento se deberían diseñar de manera tal que se prevengan modalidades de falla que puedan provocar desintegraciones accidentales. Se deberían planificar y aplicar medidas de eliminación y pasivación para evitar desintegraciones en los casos en que se detecten circunstancias que ocasionen ese tipo de falla.

Históricamente se han producido algunas desintegraciones provocadas por fallas en el funcionamiento de los sistemas espaciales, como fallas catastróficas de los sistemas de propulsión y de alimentación. Es posible reducir la probabilidad de que ocurran sucesos catastróficos de ese tipo incorporando posibles hipótesis de desintegración en los análisis de las modalidades de falla.

Directriz 3: Limitación de las probabilidades de colisión accidental en órbita.

Al preparar el diseño y perfil de la misión de naves espaciales y etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento, se deberían calcular y limitar las probabilidades de una colisión accidental con objetos conocidos durante la fase de lanzamiento y la vida orbital del sistema. Si los datos orbitales disponibles indican la posibilidad de una colisión, se debería considerar el ajuste del momento del lanzamiento o la realización de una maniobra de evitación en órbita.

Ya se han definido algunas colisiones accidentales. Numerosos estudios indican que, como el número y el volumen de los desechos espaciales van en aumento, es probable que las colisiones se conviertan en la principal fuente de nuevos desechos espaciales. Algunos Estados Miembros y organizaciones internacionales han adoptado ya procedimientos destinados a evitar colisiones.

Directriz 4: Evitación de la destrucción intencional y otras actividades perjudiciales.

Al reconocer que el aumento de los riesgos de colisión podría plantear una amenaza para las operaciones espaciales, se deberían evitar la destrucción intencional de las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento y las naves espaciales en órbita u otras actividades perjudiciales que generen desechos de larga vida.

Cuando resulte necesaria la desintegración intencional, se debería realizar a altitudes suficientemente bajas de manera que limiten la vida orbital de los fragmentos generados.

Directriz 5: Minimización de las posibilidades de que se produzcan desintegraciones al final de las misiones como resultado de la energía almacenada.

A fin de limitar los riesgos que planteen las desintegraciones accidentales para otras naves espaciales y etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento, se deberían agotar o desactivar todas las fuentes de energía almacenada que se encuentren a bordo cuando ya no se les necesite para el funcionamiento de la misión o para la eliminación al final de la misión.

La fragmentación de las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento representan con mucho la mayor parte de los desechos espaciales catalogados. La mayoría de esas desintegraciones fueron no intencionales, y muchas se debieron al abandono de naves espaciales y etapas orbitales de vehículos de lanzamiento con cantidades significativas de energía almacenada. Las medidas más eficaces han consistido en la pasivación de las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento al final de su misión. La pasivación exige la eliminación de todas las formas de energía almacenada, en particular los propulsores residuales y los fluidos comprimidos y la descarga de los dispositivos de almacenamiento eléctrico.

Directriz 6: Limitación de la presencia a largo plazo de naves espaciales y etapas orbitales de vehículos de lanzamiento en la región de la órbita terrestre baja (LEO) al final de la misión.

Las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento que hayan concluido sus fases operacionales en órbitas que pasen por la región de la LEO deberían ser retirados de sus órbitas de manera controlada. De no ser posible, se deberían colocar en órbitas que eviten su presencia a largo plazo en la región de la LEO.

Al evaluar las posibles soluciones para eliminar objetos de la LEO, debería tenerse debida cuenta de la necesidad de asegurar que los desechos que logren llegar a la superficie terrestre no planteen riesgos indebidos para las personas o los bienes, en particular debido a la contaminación medioambiental provocada por sustancias peligrosas.

Directriz 7: Limitación de la interferencia a largo plazo de las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento en la región de la órbita terrestre geosincrónica (GEO) al final de la misión.

Las naves espaciales y las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento que hayan concluido sus fases operacionales en órbitas que pasen por la región de la GEO deberían dejarse en órbitas que eviten su interferencia a largo plazo en la región de la GEO.

En cuanto a los objetos espaciales que se encuentren en la región de la GEO o próximos a ésta, las posibilidades de colisiones en el futuro se pueden reducir dejando los objetos al final de su misión en una órbita por encima de la región de la GEO de manera que no interfieran con esta región ni regresen a ella.

9.5. *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre.* <sup>[20]</sup>

Una de las principales responsabilidades de las Naciones Unidas en la esfera jurídica es impulsar el desarrollo progresivo del derecho internacional y su codificación. Un importante sector para el ejercicio de este mandato es el nuevo medio ambiente del espacio ultraterrestre y las Naciones Unidas han hecho varias importantes contribuciones al derecho del espacio ultraterrestre, gracias a los esfuerzos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y su Subcomisión de Asuntos Jurídicos. Las Naciones Unidas, en realidad, se han convertido en el centro de coordinación para la colaboración internacional en el espacio ultraterrestre y para la formulación de las reglas de derecho internacional necesarias.

El espacio ultraterrestre, un medio extraordinario en muchos aspectos es, por añadidura, único en su género desde el punto de vista jurídico. Sólo recientemente las actividades humanas y la interacción internacional en el espacio ultraterrestre se han convertido en realidad y se ha comenzado a formular las reglas de conducta internacionales para facilitar las relaciones internacionales en el espacio ultraterrestre.

Como corresponde a un medio cuya naturaleza es tan fuera de lo común, la extensión del derecho internacional al espacio ultraterrestre se ha hecho en forma gradual y evolutiva, a partir del estudio de cuestiones relativas a los aspectos jurídicos, para seguir luego con la formulación de los principios de naturaleza jurídica y, por último, incorporar dichos principios en tratados multilaterales generales.

El primer paso importante en dicho sentido fue la aprobación por la Asamblea General en 1963 de la Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre.

En los años siguientes se elaboraron en las Naciones Unidas cinco tratados generales multilaterales que incorporan y desarrollan conceptos contenidos en la Declaración de los principios jurídicos:

*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 (resolución 2222 (XXI) de la Asamblea General, anexo), aprobado el 19 de diciembre de 1966, abierto a la firma el 27 de enero de 1967, entró en vigor el 10 de octubre de 1967;*

*El Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (resolución 2345 (XXII) de la Asamblea General, anexo), aprobado el 19 de diciembre de 1967, abierto a la firma el 22 de abril de 1968, entró en vigor el 3 de diciembre de 1968;*

*El Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales (resolución 2777 (XXVI) de la Asamblea General, anexo), aprobado el 29 de noviembre de 1971, abierto a la firma el 29 de marzo de 1972, entró en vigor el 11 de septiembre de 1972;*

*El Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (resolución 3235 de la Asamblea General, anexo), aprobado el 12 de noviembre de 1974, abierto a la firma el 14 de enero de 1975, entró en vigor el 15 de septiembre de 1976; y*

*El Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes (resolución 34/68 de la Asamblea General, anexo), aprobado el 5 de diciembre de 1979, abierto a la firma el 18 de diciembre de 1979, entró en vigor el 11 de julio de 1984.*

Las Naciones Unidas han supervisado la redacción, formulación y aprobación de cinco resoluciones de la Asamblea General, comprendida la Declaración de los principios jurídicos. Se trata de lo siguiente:

*La Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, aprobada el 13 de diciembre de 1963 (resolución 1962 (XVII) de la Asamblea General);*

*Principios que han de regir la utilización por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión, aprobados el 10 de diciembre de 1982 (resolución 37/92 de la Asamblea General);*

*Los Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio, aprobados el 3 de diciembre de 1986 (resolución 41/65 de la Asamblea General);*

*Los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, aprobados el 14 de diciembre de 1992 (resolución 47/68 de la Asamblea General).*

*La Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, aprobada el 13 de diciembre de 1996 (resolución 51/122 de la Asamblea General).*

El Tratado de 1967 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, que puede considerarse la base jurídica general para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, ha proporcionado un marco para el desarrollo del derecho del espacio ultraterrestre. Se puede decir que los otros cuatro tratados tratan específicamente de ciertos conceptos incluidos en el Tratado de 1967. Los tratados relativos al espacio han sido ratificados por muchos gobiernos y muchos más se guían por sus principios. Habida cuenta de la importancia que reviste la cooperación internacional para desarrollar las normas del derecho del espacio, y de su importante función para fomentar la cooperación internacional en la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, la Asamblea General y el Secretario General de las Naciones Unidas han exhortado a todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas que aún no sean parte en los tratados internacionales que rigen la utilización del espacio ultraterrestre a que ratifiquen esos tratados o se adhieran a ellos lo antes posible.

La finalidad de la presente publicación es reunir una vez más en un solo volumen los cinco tratados sobre el espacio ultraterrestre aprobados hasta la fecha por las Naciones Unidas, y los cinco conjuntos de principios.

Se espera que la presente recopilación resulte útil como documento de referencia a todos los que se interesan en los aspectos jurídicos del espacio ultraterrestre.

9.5.1. Primera parte. Tratados de las Naciones Unidas. <sup>[20]</sup>

**A. Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estado en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes.**

*Los Estados Partes en este Tratado,*

*Inspirándose* en las grandes perspectivas que se ofrecen a la humanidad como consecuencia de la entrada del hombre en el espacio ultraterrestre,

*Reconociendo* el interés general de toda la humanidad en el proceso de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Estimando* que la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre se debe efectuar en bien de todos los pueblos, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico,

*Deseando* contribuir a una amplia cooperación internacional en lo que se refiere a los aspectos científicos y jurídicos de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Estimando* que tal cooperación contribuirá al desarrollo de la comprensión mutua y al afianzamiento de las relaciones amistosas entre los Estados y pueblos,

*Recordando* la resolución 1962 (XVIII), titulada “Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre”, que fue aprobada unánimemente por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 13 de diciembre de 1963,

*Recordando* la resolución 1884 (XVIII), en que se insta a los Estados a no poner en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares u otras clases de armas de destrucción en masa, ni a emplazar tales armas en los cuerpos celestes, que fue aprobada unánimemente por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 17 de octubre de 1963,

*Tomando nota* de la resolución 110 (II), aprobada por la Asamblea General el 3 de noviembre de 1947, que condena la propaganda destinada a provocar o alentar, o susceptible de provocar o alentar cualquier amenaza de la paz, quebrantamiento de la paz

o acto de agresión, y considerando que dicha resolución es aplicable al espacio ultraterrestre,

*Convencidos* de que un 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, promoverá los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas,

*Han convenido* en lo siguiente:

#### Artículo I

La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad.

El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estará abierto para su exploración y utilización a todos los Estados sin discriminación alguna en condiciones de igualdad y en conformidad con el derecho internacional, y habrá libertad de acceso a todas las regiones de los cuerpos celestes.

El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estarán abiertos a la investigación científica, y los Estados facilitarán y fomentarán la cooperación internacional en dichas investigaciones.

#### Artículo II

El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, no podrá ser objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera.

#### Artículo III

Los Estados Partes en el Tratado deberán realizar sus actividades de exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, de conformidad con el derecho internacional, incluida en la Carta de las Naciones Unidas, en interés del mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales y del fomento de la cooperación y la comprensión internacionales.

#### Artículo IV

Los Estados Partes en el Tratado se comprometen a no colocar en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares ni de ningún otro tipo de armas de destrucción en masa, a no emplazar tales armas en los cuerpos celestes y a no colocar tales armas en el espacio ultraterrestre en ninguna otra forma.

La Luna y los demás cuerpos celestes se utilizarán exclusivamente con fines pacíficos por todos los Estados Partes en el Tratado. Queda prohibido establecer en los cuerpos celestes bases, instalaciones y fortificaciones militares, efectuar ensayos con cualquier tipo de armas y realizar maniobras militares. No se prohíbe la utilización de personal militar para investigaciones científicas ni para cualquier otro objetivo pacífico. Tampoco se prohíbe la utilización de cualquier equipo o medios necesarios para la exploración de la Luna y de otros cuerpos celestes con fines pacíficos.

#### Artículo V

Los Estados Partes en el Tratado considerarán a todos los astronautas como enviados de la humanidad en el espacio ultraterrestre, y les prestarán toda la ayuda posible en caso de accidente, peligro o aterrizaje forzoso en el territorio de otro Estado Parte o en alta mar. Cuando los astronautas hagan tal aterrizaje serán devueltos con seguridad y sin demora al Estado de registro de su vehículo espacial.

Al realizar actividades en el espacio ultraterrestre, así como en los cuerpos celestes, los astronautas de un Estado Parte en el Tratado deberán prestar toda la ayuda posible a los astronautas de los demás Estados Partes en el Tratado.

Los Estados Partes en el Tratado tendrán que informar inmediatamente a los demás Estados Partes en el Tratado o al Secretario General de las Naciones Unidas sobre los fenómenos por ellos observados en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, que podrían constituir un peligro para la vida o la salud de los astronautas.

#### Artículo VI

Los Estados Partes en el Tratado serán responsables internacionalmente de las actividades nacionales que realicen en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, los organismos gubernamentales o las entidades no gubernamentales, y

deberán asegurar que dichas actividades se efectúen en conformidad con las disposiciones del presente Tratado. Las actividades de las entidades no gubernamentales en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán ser autorizadas y fiscalizadas constantemente por el pertinente Estado Parte en el Tratado. Cuando se trate de actividades que realiza en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, una organización internacional, la responsable en cuanto al presente Tratado corresponderá a esa organización internacional y a los Estados Partes en el Tratado que pertenecen a ella.

#### Artículo VII

Todo Estado Parte en el Tratado que lance o promueva el lanzamiento de un objeto al espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, y todo Estado Parte en el Tratado, desde cuyo territorio o cuyas instalaciones se lance un objeto, será responsable internacionalmente de los daños causados a otro Estado Parte en el Tratado o a sus personas naturales o jurídicas por dicho objeto o sus partes componentes en la Tierra, en el espacio aéreo o en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes.

#### Artículo VIII

El Estado Parte en el Tratado, en cuyo registro figura el objeto lanzado al espacio ultraterrestre, retendrá su jurisdicción y control sobre tal objeto, así como sobre todo el personal que vaya en él, mientras se encuentre en el espacio ultraterrestre o en un cuerpo celeste. El derecho de propiedad de los objetos lanzados al espacio ultraterrestre, incluso de los objetos que hayan descendido o se construyan en un cuerpo celeste, y de sus partes componentes, no sufrirá ninguna alteración mientras estén en el espacio ultraterrestre, incluso en un cuerpo celeste, ni en su retorno a la Tierra. Cuando esos objetos o esas partes componentes sean hallados fuera de los límites del Estado Parte en el Tratado en cuyo registro figuran, deberán ser devueltos a ese Estado Parte, el que deberá proporcionar los datos de identificación que se le soliciten antes de efectuarse la restitución.

#### Artículo IX

En la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, los Estados Partes en el Tratado deberán guiarse por el principio de la cooperación y la asistencia mutua, y en todas sus actividades en el espacio ultraterrestre,

incluso en la Luna y otros cuerpos celestes, deberán tener debidamente en cuenta los intereses correspondientes de los demás Estados Partes en el Tratado. Los Estados Partes en el Tratado harán los estudios e investigaciones del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, y procederán a su exploración de tal forma que no se produzca una contaminación nociva ni cambios desfavorables en el medio ambiente de la Tierra como consecuencia de la introducción en él de materias extraterrestres, y cuando sea necesario adoptarán las medidas pertinentes a tal efecto. Si un Estado Parte en el Tratado tiene motivos para creer que una actividad o un experimento en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, proyectado por él o por sus nacionales, crearía un obstáculo capaz de perjudicar las actividades de otros Estados Partes en el Tratado en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, incluso en la Luna y otros cuerpos celestes, deberá celebrar las consultas internacionales oportunas antes de iniciar esa actividad o ese experimento. Si un Estado Parte en el Tratado tiene motivos para creer que una actividad o un experimento en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, proyectado por otro Estado Parte en el Tratado, crearía un obstáculo capaz de perjudicar las actividades de exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, incluso en la Luna y otros cuerpos celestes, podrá pedir que se celebren consultas sobre dicha actividad o experimento.

#### Artículo X

A fin de contribuir a la cooperación internacional en la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, conforme a los objetivos del presente Tratado, los Estados Partes en él examinarán, en condiciones de igualdad, las solicitudes formuladas por otros Estados Partes en el Tratado para que se les brinde la oportunidad a fin de observar el vuelo de los objetos espaciales lanzados por dichos Estados.

La naturaleza de tal oportunidad y las condiciones en que podría ser concedida se determinarán por acuerdo entre los Estados interesados.

#### Artículo XI

A fin de fomentar la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, los Estados Partes en el Tratado que desarrollan

actividades en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, convienen en informar, en la mayor medida posible dentro de lo viable y factible, al Secretario General de las Naciones Unidas, así como al público y a la comunidad científica internacional, acerca de la naturaleza, marcha, localización y resultados de dichas actividades. El Secretario General de las Naciones Unidas debe estar en condiciones de difundir eficazmente tal información, inmediatamente después de recibirla.

#### Artículo XII

Todas las estaciones, instalaciones, equipo y vehículos espaciales situados en la Luna y otros cuerpos celestes serán accesibles a los representantes de otros Estados Parte en el presente Tratado, sobre la base de reciprocidad. Dichos representantes notificarán con antelación razonable su intención de hacer una visita, a fin de permitir celebrar las consultas que procedan y adoptar un máximo de precauciones para velar por la seguridad y evitar toda perturbación del funcionamiento normal de la instalación visitada.

#### Artículo XIII

Las disposiciones del presente Tratado se aplicarán a las actividades de exploración y utilización de espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, que realicen los Estados Partes en el Tratado, tanto en el caso de que esas actividades las lleve a cabo un Estado Parte en el Tratado por sí solo o junto con otros Estados, incluso cuando se efectúen dentro del marco de organizaciones intergubernamentales internacionales.

Los Estados Partes en el Tratado resolverán los problemas prácticos que puedan surgir en relación con las actividades que desarrollen las organizaciones intergubernamentales internacionales en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, con la organización internacional pertinente o con uno o varios Estados miembros de dicha organización internacional que sean Partes en el presente Tratado.

#### Artículo XIV

1. Este Tratado estará abierto a la firma de todos los Estados. El Estado que no firmare este Tratado antes de su entrada en vigor, de conformidad con el párrafo 3 de este artículo, podrá adherirse a él en cualquier momento.

2. Este Tratado estará sujeto a ratificación por los Estados signatarios. Los instrumentos de ratificación y los instrumentos de adhesión se depositarán en los archivos de los Gobiernos de los Estados Unidos de América, del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, a los que por el presente se designa como Gobiernos depositarios.
3. Este Tratado entrará en vigor cuando hayan depositado los instrumentos de ratificación cinco gobiernos, incluidos los designados como Gobiernos depositarios en virtud del presente Tratado.
4. Para los Estados cuyos instrumentos de ratificación o de adhesión se depositaren después de la entrada en vigor de este Tratado, el Tratado entrará en vigor en la fecha del depósito de sus instrumentos de ratificación o adhesión.
5. Los Gobiernos depositarios informarán sin tardanza a todos los Estados signatarios y a todos los Estados que se hayan adherido a este Tratado, de la fecha de cada firma, de la fecha de depósito de cada instrumento de ratificación y de adhesión a este Tratado, de la fecha de su entrada en vigor y de cualquier otra notificación.
6. Este Tratado será registrado por los Gobiernos depositarios, de conformidad con el Artículo 102 de la Carta de las Naciones Unidas.

#### Artículo XV

Cualquier Estado Parte en el Tratado podrá proponer enmiendas al mismo. Las enmiendas entrarán en vigor para cada Estado Parte en el Tratado que las acepte cuando éstas hayan sido aceptadas por la mayoría de los Estados Partes en el Tratado, y en lo sucesivo para cada Estado restante que sea Parte en el Tratado en la fecha en que las acepte.

#### Artículo XVI

Todo Estado Parte podrá comunicar su retiro de este Tratado al cabo de un año de su entrada en vigor, mediante notificación por escrito dirigida a los Gobiernos depositarios. Tal retiro surtirá efecto un año después de la fecha en que se reciba la notificación.

## Artículo XVII

Este Tratado, cuyos textos en chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en los archivos de los Gobiernos depositarios. Los Gobiernos depositarios remitirán copias debidamente certificadas de este Tratado a los gobiernos de los Estados signatarios y de los Estados que se adhieran al Tratado.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, los infrascritos, debidamente autorizados, firman este Tratado.

HECHO en tres ejemplares, en las ciudades de Londres, Moscú y Washington D.C., el día veintisiete de enero de mil novecientos sesenta y siete. 9

## **B. Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre**

*Las Partes Contratantes,*

*Señalando* la gran importancia del 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, el que dispone la prestación de toda la ayuda posible a los astronautas en caso de accidente, peligro o aterrizaje forzoso, la devolución de los astronautas con seguridad y sin demora, y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre,

*Deseando* desarrollar esos deberes y darles expresión más concreta,

*Deseando* fomentar la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Animadas* por sentimientos de humanidad,

*Han convenido* en lo siguiente:

### Artículo 1

Toda parte contratante que sepa o descubra que la tripulación de una nave espacial ha sufrido un accidente, se encuentra en situación de peligro o ha realizado un aterrizaje forzoso o involuntario en un territorio colocado bajo su jurisdicción, en alta mar o en cualquier otro lugar no colocado bajo la jurisdicción de ningún Estado, inmediatamente:

a) Lo notificará a la autoridad de lanzamiento o, si no puede identificar a la autoridad de lanzamiento ni comunicarse inmediatamente con ella, lo hará público inmediatamente por todos los medios apropiados de comunicación de que disponga;

b) Lo notificará al Secretario General de las Naciones Unidas, a quien correspondería difundir sin tardanza la noticia por todos los medios apropiados de comunicación de que disponga.

## Artículo 2

Si, debido a accidente, peligro o aterrizaje forzoso o involuntario, la tripulación de una nave espacial desciende en territorio colocado bajo la jurisdicción de una Parte Contratante, ésta adaptará inmediatamente todas las medidas posibles para salvar a la tripulación y prestarle toda la ayuda necesaria. Comunicará a la autoridad de lanzamiento y al Secretario General de las Naciones Unidas las medidas que adopte y sus resultados.

Si la asistencia de la autoridad de lanzamiento fuere útil para lograr un pronto de la Asamblea General, anexo. 10 salvamento o contribuyere en medida importante a la eficacia de las operaciones de búsqueda y salvamento, la autoridad de lanzamiento cooperará con la Parte Contratante con miras a la eficaz realización de las operaciones de búsqueda y salvamento. Tales operaciones se efectuarán bajo la dirección y el control de la Parte Contratante, la que actuará en estrecha y constante consulta con la autoridad de lanzamiento.

## Artículo 3

Si se sabe o descubre que la tripulación de una nave espacial ha descendido en alta mar o en cualquier otro lugar no colocado bajo la jurisdicción de ningún Estado, las Partes Contratantes que se hallen en condiciones de hacerlo prestarán asistencia, en caso necesario, en las operaciones de búsqueda y salvamento de tal tripulación, a fin de lograr su rápido salvamento. Esas Partes Contratantes informarán a la autoridad de lanzamiento y al Secretario General de las Naciones Unidas acerca de las medidas que adopten y de sus resultados.

#### Artículo 4

Si, debido a accidente, peligro, o aterrizaje forzoso o involuntario, la tripulación de una nave espacial desciende en territorio colocado bajo la jurisdicción de una Parte Contratante, o ha sido hallada en alta mar o en cualquier otro lugar no colocado bajo la jurisdicción de ningún Estado, será devuelta con seguridad y sin demora a los representantes de la autoridad de lanzamiento.

#### Artículo 5

1. Toda Parte Contratante que sepa o descubra que un objeto espacial o partes componentes del mismo han vuelto a la Tierra en territorio colocado bajo su jurisdicción, en alta mar o en cualquier otro lugar no colocado bajo la jurisdicción de ningún Estado, lo notificará a la autoridad de lanzamiento y al Secretario General de las Naciones Unidas.
2. Toda Parte Contratante que tenga jurisdicción sobre el territorio en que un objeto espacial o partes componentes del mismo hayan sido descubiertos deberá adoptar, a petición de la autoridad de lanzamiento y con la asistencia de dicha autoridad, si se la solicitare, todas las medidas que juzgue factibles para recuperar el objeto o las partes componentes.
3. A petición de la autoridad de lanzamiento, los objetos lanzados al espacio ultraterrestre o sus partes componentes encontrados fuera de los límites territoriales de la autoridad de lanzamiento serán restituidos a los representantes de la autoridad de lanzamiento o retenidos a disposición de los mismos, quienes, cuando sean requeridos a ello, deberán facilitar datos de identificación antes de la restitución.
4. No obstante lo dispuesto en los párrafos 2 y 3 de este artículo, la Parte Contratante que tenga motivos para creer que un objeto espacial o partes o componentes del mismo descubiertos en territorio colocado bajo su jurisdicción, o recuperados por ella en otro lugar, son de naturaleza peligrosa o nociva, podrá notificarlo a la autoridad de lanzamiento, la que deberá adoptar inmediatamente medidas eficaces, bajo la dirección y el control de dicha Parte Contratante, para eliminar el posible peligro de daños.

5. Los gastos realizados para dar cumplimiento a las obligaciones de rescatar y restituir un objeto espacial o sus partes componentes, conforme a los párrafos 2 y 3 de este artículo, estarán a cargo de la autoridad de lanzamiento.

#### Artículo 6

A los efectos de este Acuerdo, se entenderá por “autoridad de lanzamiento” el Estado responsable del lanzamiento o, si una organización internacional intergubernamental fuere responsable del lanzamiento, dicha organización, siempre que declara que acepta los derechos y obligaciones previstos en este Acuerdo y que la mayoría de los Estados miembros de tal organización, sean Partes Contratantes en este Acuerdo y 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.

#### Artículo 7

1. Este Acuerdo estará abierto a la firma de todos los Estados. Todo Estado que no firmare este Acuerdo antes de su entrada en vigor, de conformidad con el párrafo 3 de este artículo, podrá adherirse a él en cualquier momento.
2. Este Acuerdo estará sujeto a ratificación por los Estados signatarios. Los instrumentos de ratificación y los instrumentos de adhesión se depositarán en los archivos de los Gobiernos de los Estados Unidos de América, del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, y de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, a los que por el presente se designa como Gobiernos depositarios.
3. Este Acuerdo entrará en vigor cuando hayan depositados los instrumentos de ratificación cinco gobiernos, incluidos los designados como Gobiernos depositarios en virtud de este Acuerdo.
4. Para los Estados cuyos instrumentos de ratificación o de adhesión se depositaren después de la entrada en vigor de este Acuerdo, el Acuerdo entrará en vigor en la fecha del depósito de sus instrumentos de ratificación o de adhesión.
5. Los Gobiernos depositarios informarán sin tardanza a todos los Estados signatarios y a todos los Estados que se hayan adherido a este Acuerdo de la fecha de cada firma, de la fecha de depósito de cada instrumento de ratificación y de adhesión a este Acuerdo, de la fecha de su entrada en vigor y de cualquier otra notificación.

6. Este Acuerdo será registrado por los Gobiernos depositarios, de conformidad con el Artículo 102 de la Carta de las Naciones Unidas.

#### Artículo 8

Todo Estado Parte en el Acuerdo podrá proponer enmiendas al mismo. Las enmiendas entrarán en vigor para cada Estado Parte en el Acuerdo que las aceptare cuando éstas hayan sido aceptadas por la mayoría de los Estados Partes en el Acuerdo, y en lo sucesivo para cada Estado restante que sea Parte en el Acuerdo en la fecha en que las acepte.

#### Artículo 9

Todo Estado Parte en el Acuerdo podrá comunicar su retirada de este Acuerdo al cabo de un año de su entrada en vigor, mediante notificación por escrito dirigida a los Gobiernos depositarios. Tal retirada surtirá efecto un año después de la fecha en que se reciba la notificación.

#### Artículo 10

Este Acuerdo, cuyos textos en chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en los archivos de los Gobiernos depositarios. Los Gobiernos depositarios remitirán copias debidamente certificadas de este Acuerdo a los gobiernos de los Estados signatarios y de los Estados que se adhieran al Acuerdo.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, los infrascritos, debidamente autorizados, firman este Acuerdo.

HECHO en tres ejemplares, en las ciudades de Londres, Moscú y Washington D.C., el día veintidós de abril de mil novecientos sesenta y ocho. 13

### **C. Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales.**

*Los Estados Partes en el presente Convenio,*

*Reconociendo* el interés general de toda la humanidad en promover la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Recordando* 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,

*Tomando en consideración* que, a pesar de las medidas de precaución que han de adoptar los Estados y las organizaciones internacionales intergubernamentales que participen en el lanzamiento de objetos espaciales, tales objetos pueden ocasionalmente causar daños,

*Reconociendo* la necesidad de elaborar normas y procedimientos internacionales eficaces sobre la responsabilidad por daños causados por objetos espaciales y, en particular, de asegurar el pago rápido, con arreglo a lo dispuesto en el presente Convenio, de una indemnización plena y equitativa a las víctimas de tales daños,

*Convencidos* de que el establecimiento de esas normas y procedimientos contribuirá a reforzar la cooperación internacional en el terreno de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Han convenido* en lo siguiente:

## Artículo I

A los efectos del presente Convenio:

- a) Se entenderá por “daño” la pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales u otros perjuicios a la salud, así como la pérdida de bienes o los perjuicios causados a bienes de Estados o de personas físicas o morales, o de organizaciones internacionales intergubernamentales;
- b) El término “lanzamiento” denotará también todo intento de lanzamiento;
- c) Se entenderá por “Estado de lanzamiento”:
  - i) Un Estado que lance o promueva el lanzamiento de un objeto espacial;
  - ii) Un Estado desde cuyo territorio o desde cuyas instalaciones se lance un objeto espacial;

d) El término “objeto espacial” denotará también las partes componentes de un objeto espacial, así como el vehículo propulsor y sus partes.

## Artículo II

Un Estado de lanzamiento tendrá responsabilidad absoluta y responderá de los daños causados por un objeto espacial suyo en la superficie de la Tierra o a las aeronaves en vuelo.

## Artículo III

Cuando el daño sufrido de la superficie de la Tierra por un objeto espacial de un Estado de lanzamiento, o por las personas o los bienes a bordo de dicho objeto espacial, sea causado por un objeto espacial de otro Estado de lanzamiento, este último Estado será responsable únicamente cuando los daños se hayan producido por su culpa o por culpa de las personas de que sea responsable.

## Artículo IV

1. Cuando los daños sufridos fuera de la superficie de la Tierra por un objeto espacial de un Estado de lanzamiento o por las personas o los bienes a bordo de ese objeto espacial, sean causados por un objeto espacial de otro Estado de lanzamiento, y cuando de ello se deriven daños para un tercer Estado o para sus personas físicas o morales, los dos primeros Estados serán mancomunada y solidariamente responsables ante ese tercer Estado, conforme se indica a continuación:

- a) Si los daños han sido causados al tercer Estado en la superficie de la Tierra o han sido causados a aeronaves en vuelo, su responsabilidad ante ese tercer Estado será absoluta;
- b) Si los daños han sido causados a un objeto espacial de un tercer Estado, o a las personas o los bienes a bordo de ese objeto espacial, fuera de la superficie de la Tierra, la responsabilidad ante ese tercer Estado se fundará en la culpa de cualquiera de los dos primeros Estados o en la culpa de las personas de que sea responsable cualquiera de ellos.

2. En todos los casos de responsabilidad solidaria mencionados en el párrafo 1 de este artículo, la carga de la indemnización por los daños se repartirá entre los dos primeros Estados según el grado de la culpa respectiva; si no es posible determinar el grado de la culpa de cada uno de estos Estados, la carga de la indemnización se repartirá por partes iguales entre ellos. Esa repartición no afectará al derecho del tercer Estado a reclamar su indemnización total, en virtud de este Convenio, a cualquiera de los Estados de lanzamiento que sean solidariamente responsables o a todos ellos.

#### Artículo V

1. Si dos o más Estados lanzan conjuntamente un objeto espacial, serán responsables solidariamente por los daños causados.

2. Un Estado de lanzamiento que haya pagado la indemnización por daños tendrá derecho a repetir contra los demás participantes en el lanzamiento conjunto. Los participantes en el lanzamiento conjunto podrán concertar acuerdos acerca de la distribución entre sí de la carga financiera respecto de la cual son solidariamente responsables. Tales acuerdos no afectarán al derecho de un Estado que haya sufrido daños a reclamar su indemnización total, de conformidad con el presente Convenio, a cualquiera o a todos los Estados de lanzamiento que sean solidariamente responsables.

3. Un Estado desde cuyo territorio o instalaciones se lanza un objeto espacial se considerará como participante en un lanzamiento conjunto.

#### Artículo VI

1. Salvo lo dispuesto en el párrafo 2 de este artículo, un Estado de lanzamiento quedará exento de la responsabilidad absoluta en la medida en que demuestre que los daños son total o parcialmente resultado de negligencia grave o de un acto de omisión cometido con la intención de causar daños por parte de un Estado demandante o de personas físicas o morales a quienes este último Estado represente.

2. No se concederá exención alguna en los casos en que los daños sean resultado de actividades desarrolladas por un Estado de lanzamiento en las

que no se respete el derecho internacional incluyendo, en especial, la Carta de las Naciones Unidas y 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.

#### Artículo VII

Las disposiciones del presente Convenio no se aplicarán a los daños causados por un objeto espacial del Estado de lanzamiento a:

- a) Nacionales de dicho Estado de lanzamiento;
- b) Nacionales de un país extranjero mientras participen en las operaciones de ese objeto espacial desde el momento de su lanzamiento o en cualquier fase posterior al mismo hasta su descenso, o mientras se encuentren en las proximidades inmediatas de la zona prevista para el lanzamiento o la recuperación, como resultado de una invitación de dicho Estado de lanzamiento.

#### Artículo VIII

1. Un Estado que haya sufrido daños, o cuyas personas físicas o morales hayan sufrido daños, podrá presentar a un Estado de lanzamiento una reclamación por tales daños.
2. Si el Estado de nacionalidad de las personas afectadas no ha presentado una reclamación, otro Estado podrá presentar a un Estado de lanzamiento una reclamación respecto de daños sufridos en su territorio por cualquier persona física o moral.
3. Si ni el Estado de nacionalidad de las personas afectadas ni el Estado en cuyo territorio se ha producido el daño han presentado una reclamación ni notificado su intención de hacerlo, otro Estado podrá presentar a un Estado de lanzamiento una reclamación respecto de daños sufridos por sus residentes permanentes.

#### Artículo IX

Las reclamaciones de indemnización por daños serán presentadas al Estado de lanzamiento por vía diplomática. Cuando un Estado no mantenga relaciones diplomáticas con un Estado de lanzamiento, podrá pedir a otro Estado que presente su reclamación a

ese Estado de lanzamiento o que de algún otro modo represente sus intereses conforme a este Convenio. También podrá presentar su reclamación por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas, siempre que el Estado demandante y el Estado de lanzamiento sean ambos Miembros de las Naciones Unidas.

#### Artículo X

1. La reclamación de la indemnización por daños podrá ser presentada a un Estado de lanzamiento a más tardar en el plazo de un año a contar de la fecha en que se produzcan los daños o en que se haya identificado al Estado de lanzamiento que sea responsable.

2. Sin embargo, si el Estado no ha tenido conocimiento de la producción de los daños o no ha podido identificar al Estado de lanzamiento, podrá presentar la reclamación en el plazo de un año a partir de la fecha en que lleguen su conocimiento tales hechos; no obstante, en ningún caso será ese plazo superior a un año a partir de la fecha en que se podría esperar razonablemente que el Estado hubiera llegado a tener conocimiento de los hechos mediante el ejercicio de la debida diligencia.

3. Los plazos mencionados en los párrafos 1 y 2 de este artículo se aplicarán aun cuando no se conozca toda la magnitud de los daños. En este caso, no obstante, el Estado demandante tendrá derecho a revisar la reclamación y a presentar documentación adicional una vez expirado ese plazo, hasta un año después de conocida toda la magnitud de los daños.

#### Artículo XI

1. Para presentar a un Estado de lanzamiento una reclamación de indemnización por daños al amparo del presente Convenio no será necesario haber agotado los recursos locales de que puedan disponer el Estado demandante o las personas físicas o morales que éste represente.

2. Nada de los dispuestos en este Convenio impedirá que un Estado o una persona física o moral a quien éste represente, hagan su reclamación ante los tribunales de justicia o ante los tribunales u órganos administrativos del Estado de lanzamiento. Un Estado no podrá, sin embargo, hacer

reclamaciones al amparo del presente Convenio por los mismos daños respecto de los cuales se esté tramitando una reclamación ante los tribunales de justicia o ante los tribunales u órganos administrativos del Estado de lanzamiento, o con arreglo a cualquier otro acuerdo internacional que obligue a los Estados interesados.

#### Artículo XII

La indemnización que en virtud del presente Convenio estará obligado a pagar el Estado de lanzamiento por los daños causados se determinará conforme al derecho internacional y a los principios de justicia y equidad, a fin de reparar esos daños de manera tal que se reponga a la persona, física o moral, al Estado o a la organización internacional en cuyo nombre se presente la reclamación en la condición que habría existido de no haber ocurrido los daños.

#### Artículo XIII

A menos que el Estado demandante y el Estado que debe pagar la indemnización de conformidad con el presente Convenio acuerden otra forma de indemnización, ésta se pagará en la moneda del Estado demandante o, si ese Estado así lo pide, en la moneda del Estado que deba pagar la indemnización.

#### Artículo XIV

Si no se logra resolver una reclamación mediante negociaciones diplomáticas, conforme a lo previsto en el artículo IX, en el plazo de un año a partir de la fecha en que el Estado demandante haya notificado al Estado de lanzamiento que ha presentado la documentación relativa a su reclamación, las partes interesadas, a instancia de cualquiera de ellas, constituirán una Comisión de Reclamaciones.

#### Artículo XV

1. La Comisión de Reclamaciones se compondrá de tres miembros: uno nombrado por el Estado demandante, otro nombrado por el Estado de lanzamiento y el tercer miembro, su Presidente, escogido conjuntamente por ambas partes. Cada una de las partes hará su nombramiento dentro de los dos meses siguientes a la petición de que se constituya la Comisión de Reclamaciones.

2. Si no se llega a un acuerdo con respecto a la selección del Presidente dentro de los cuatro meses siguientes a la petición de que se constituya la Comisión, cualquiera de las partes podrá pedir al Secretario General de las Naciones Unidas que nombre al Presidente en un nuevo plazo de dos meses.

#### Artículo XVI

1. Si una de las partes no procede al nombramiento que le corresponde dentro del plazo fijado, el Presidente, a petición de la otra parte, constituirá por sí solo la Comisión de Reclamaciones.

2. Toda vacante que por cualquier motivo se produzca en la Comisión se cubrirá con arreglo al mismo procedimiento adoptado para el primer nombramiento.

3. La Comisión determinará su propio procedimiento.

4. La Comisión determinará el lugar o los lugares en que ha de reunirse y resolverá todas las demás cuestiones administrativas.

5. Exceptuados los laudos y decisiones de la Comisión constituida por un solo miembro, todos los laudos y decisiones de la Comisión se adoptarán por mayoría de votos.

#### Artículo XVII

El número de miembros de la Comisión de Reclamaciones no aumentará cuando dos o más Estados demandantes o Estados de lanzamiento sean partes conjuntamente en unas mismas actuaciones ante la Comisión. Los Estados demandantes que actúen conjuntamente nombrarán colectivamente a un miembro de la Comisión en la misma forma y con sujeción a las mismas condiciones que cuando se trata de un solo Estado demandante. Cuando dos o más Estados de lanzamiento actúen conjuntamente, nombrarán colectivamente y en la misma forma a un miembro de la Comisión. Si los Estados demandantes o los Estados de lanzamiento no hacen el nombramiento dentro del plazo fijado, el Presidente constituirá por sí solo la Comisión.

#### Artículo XVIII

La Comisión de Reclamaciones decidirá los fundamentos de la reclamación de indemnización y determinará, en su caso, la cuantía de la indemnización pagadera.

#### Artículo XIX

1. La Comisión de Reclamaciones actuará de conformidad con lo dispuesto en el artículo XII.
2. La decisión de la Comisión será firme y obligatoria si las partes así lo han convenido; en caso contrario, la Comisión formulará un laudo definitivo que tendrá carácter de recomendación y que las partes atenderán de buena fe. La Comisión expondrá los motivos de su decisión o laudo.
3. La Comisión dictará su decisión o laudo lo antes posible y a más tardar en el plazo de un año a partir de la fecha de su constitución, a menos que la Comisión considere necesario prorrogar ese plazo.
4. La Comisión publicará su decisión o laudo. Expedirá una copia certificada de su decisión o laudo a cada una de las partes y al Secretario General de las Naciones Unidas.

#### Artículo XX

Las costas relativas a la Comisión de Reclamaciones se dividirán por igual entre las partes, a menos que la Comisión decida otra cosa.

#### Artículo XXI

Si los daños causados por un objeto espacial constituyen un peligro, en gran escala, para las vidas humanas o comprometen seriamente las condiciones de vida de la población o el funcionamiento de los centros vitales, los Estados partes, y en particular el Estado de lanzamiento, estudiarán la posibilidad de proporcionar una asistencia apropiada y rápida al Estado que haya sufrido los daños, cuando éste así lo solicite. Sin embargo, lo dispuesto en este artículo no menoscabará los derechos ni las obligaciones de los Estados Partes en virtud del presente Convenio.

## Artículo XXII

1. En el presente Convenio, salvo los artículos XXIV a XXVII, se entenderá que las referencias que se hacen a los Estados se aplican a cualquier organización intergubernamental internacional que se dedique a actividades espaciales si ésta declara que acepta los derechos y obligaciones previstos en este Convenio y si una mayoría de sus Estados miembros son Estados Partes en este 20 Convenio y 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.

2. Los Estados miembros de tal organización que sean Estados Partes en el Convenio adoptarán las medidas adecuadas para lograr que la organización formule una declaración de conformidad con el párrafo precedente.

3. Si una organización intergubernamental internacional es responsable de daños en virtud de las disposiciones del presente Convenio, esa organización y sus miembros que sean Estados Partes en el Convenio serán mancomunada y solidariamente responsables, teniendo en cuenta sin embargo:

a) Que la demanda de indemnización ha de presentarse en primer lugar contra la organización;

b) Que sólo si la organización deja de pagar, dentro de un plazo de seis meses, la cantidad convenida o que se haya fijado como indemnización de los daños, podrá el Estado demandante invocar la responsabilidad de los miembros que sean Estados Partes en este Convenio a los fines del pago de esa cantidad.

4. Toda demanda de indemnización que, conforme a las disposiciones de este Convenio, se haga por daños causados a una organización que haya formulado una declaración en virtud del párrafo 1 de este artículo deberá ser presentada por un Estado miembro de la organización que sea Estado Parte en este Convenio.

### Artículo XXIII

1. Lo dispuesto en el presente Convenio no afectará a los demás acuerdos internacionales en vigor en las relaciones entre los Estados Partes en esos acuerdos.
2. Nada de los dispuestos en el presente Convenio podrá impedir que los Estados concierten acuerdos internacionales que confirmen, completen o desarrollen sus disposiciones.

### Artículo XXIV

1. El presente Convenio estará abierto a la firma de todos los Estados. El Estado que no firmare este Convenio antes de su entrada en vigor, de conformidad con el párrafo 3 de este artículo, podrá adherirse a él en cualquier momento.
2. El presente Convenio estará sujeto a ratificación por los Estados signatarios. Los instrumentos de ratificación y los instrumentos de adhesión serán entregados para su depósito a los Gobiernos de los Estados Unidos de América, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, que por el presente quedan designados Gobiernos depositarios. 21
3. El presente Convenio entrará en vigor cuando se deposite el quinto instrumento de ratificación.
4. Para los Estados cuyos instrumentos de ratificación o de adhesión se depositaren después de la entrada en vigor del presente Convenio, el Convenio entrará en vigor en la fecha del depósito de sus instrumentos de ratificación o de adhesión.
5. Los Gobiernos depositarios informarán sin tardanza a todos los Estados signatarios y a todos los Estados que se hayan adherido a este Convenio, de la fecha de cada firma, de la fecha de depósito de cada instrumento de ratificación y de adhesión a este Convenio, de la fecha de su entrada en vigor y de cualquier otra notificación.

6. El presente convenio será registrado por los Gobiernos depositarios, de conformidad con el Artículo 102 de la Carta de las Naciones Unidas.

#### Artículo XXV

Cualquier Estado Parte en el presente Convenio podrá proponer enmiendas al mismo. Las enmiendas entrarán en vigor para cada Estado Parte en el Convenio que las aceptare cuando éstas hayan sido aceptadas por la mayoría de los Estados Partes en el Convenio, y en lo sucesivo para cada Estado restante que sea Parte en el Convenio en la fecha en que las acepte.

#### Artículo XXVI

Diez años después de la entrada en vigor del presente Convenio, se incluirá en el programa provisional de la Asamblea General de las Naciones Unidas la cuestión de un nuevo examen de este Convenio, a fin de estudiar, habida cuenta de la anterior aplicación del Convenio si es necesario revisarlo. No obstante, en cualquier momento una vez que el Convenio lleve cinco años en vigor, a petición de un tercio de los Estados Partes en este Convenio y con el asentimiento de la mayoría de ellos, habrá de reunirse una conferencia de los Estados Partes con miras a reexaminar este Convenio.

#### Artículo XXVII

Todo Estado Parte podrá comunicar su retiro del presente Convenio al cabo de un año de su entrada en vigor, mediante notificación por escrito dirigida a los Gobiernos depositarios. Tal retiro surtirá efecto un año después de la fecha en que se reciba la notificación.

#### Artículo XXVIII

El presente Convenio, cuyos textos en chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en los archivos de los Gobiernos depositarios. Los Gobiernos depositarios remitirán copias debidamente certificadas de este Convenio a los gobiernos de los Estados signatarios y de los Estados que se adhieran al Convenio.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, los infrascritos, debidamente autorizados al efecto, firman este Convenio.

HECHO en tres ejemplares, en las ciudades de Londres, Moscú y Washington D.C., el día veintinueve de marzo de mil novecientos setenta y dos.

#### **D. Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre**

*Los Estados Partes en el presente Convenio,*

*Reconociendo* el interés común de toda la humanidad en proseguir la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Recordando* que 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<sup>1</sup>, de 27 de enero de 1967, se afirma que los Estados son internacionalmente responsables de las actividades nacionales que realicen en el espacio ultraterrestre y se hace referencia al Estado en cuyo registro se inscriba un objeto lanzado al espacio ultraterrestre,

*Recordando también* que en el Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre<sup>2</sup>, de 22 de abril de 1968, se dispone que la autoridad de lanzamiento deberá facilitar, a quien lo solicite, datos de identificación antes de la restitución de un objeto que ha lanzado al espacio ultraterrestre y que se ha encontrado fuera de los límites territoriales de la autoridad de lanzamiento,

*Recordando además* que en el Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales<sup>3</sup>, de 29 de marzo de 1972, se establecen normas y procedimientos internacionales relativos a la responsabilidad de los Estados de lanzamiento por los daños causados por sus objetos espaciales,

*Deseando*, a la luz del 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, adoptar disposiciones para el registro nacional por los Estados de lanzamiento de los objetos espaciales lanzados al espacio ultraterrestre,

*Deseando* asimismo que un registro central de los objetos lanzados al espacio ultraterrestre sea establecido y llevado, con carácter obligatorio, por el Secretario General de las Naciones Unidas,

*Deseando* también suministrar a los Estados Partes medios y procedimientos adicionales para ayudar a la identificación de los objetivos espaciales,

*Convencidos* de que un sistema obligatorio de registro de los objetos lanzados al espacio ultraterrestre ayudaría, en especial, a su identificación y contribuiría a la aplicación y el desarrollo del derecho internacional que rige la exploración y utilización del espacio ultraterrestre,

*Han convenido* en lo siguiente:

## Artículo I

A los efectos del presente Convenio:

- a) Se entenderá por “Estado de lanzamiento”:
  - i) Un Estado que lance o promueva el lanzamiento de un objeto espacial;
  - ii) Un Estado desde cuyo territorio o desde cuyas instalaciones se lance un objeto espacial.
- b) El término “objeto espacial” denotará las partes componentes de un objeto espacial, así como el vehículo propulsor y sus partes;
- c) Se entenderá por “Estado de registro” un Estado de lanzamiento en cuyo registro se inscriba un objeto espacial de conformidad con el artículo II.

## Artículo II

1. Cuando un objeto espacial sea lanzado en órbita terrestre o más allá, el Estado de lanzamiento registrará el objeto espacial por medio de su inscripción en un registro apropiado que llevará a tal efecto. Todo Estado de lanzamiento notificará al Secretario General de las Naciones Unidas la creación de dicho registro.
2. Cuando haya dos o más Estados de lanzamiento con respecto a cualquier objeto espacial lanzado en órbita terrestre o más allá, dichos Estados determinarán conjuntamente cuál de ellos inscribirá el objeto de conformidad con el párrafo 1 del presente artículo, teniendo presentes las disposiciones del

artículo VIII del 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, y dejando a salvo los acuerdos apropiados que se hayan concertado o que hayan de concertarse entre los Estados de lanzamiento acerca de la jurisdicción y el control sobre el objeto espacial y sobre el personal del mismo.

3. El contenido de cada registro y las condiciones en las que éste se llevará serán determinados por el Estado de registro interesado.

### Artículo III

1. El Secretario General de las Naciones Unidas llevará un Registro en el que se inscribirá la información proporcionada de conformidad con el artículo IV.

2. El acceso a la información consignada en este Registro será pleno y libre.

### Artículo IV

1. Todo Estado de registro proporcionará al Secretario General de las Naciones Unidas, en cuanto sea factible, la siguiente información sobre cada objeto espacial inscrito en su registro:

- a) Nombre del Estado o de los Estados de lanzamiento;
- b) Una designación apropiada del objeto espacial o su número de registro;
- c) Fecha y territorio o lugar del lanzamiento;
- d) Parámetros orbitales básicos, incluso:
  - i) Período nodal;
  - ii) Inclinação;
  - iii) Apogeo;
  - iv) Perigeo.
- e) Función general del objeto espacial.

2. Todo Estado de registro podrá proporcionar de tiempo en tiempo al Secretario General de las Naciones Unidas información adicional relativa a un objeto espacial inscrito en su registro.

3. Todo Estado de registro notificará al Secretario General de las Naciones Unidas, en la mayor medida posible y en cuanto sea factible, acerca de los objetos espaciales respecto de los cuales haya transmitido información previamente y que hayan estado pero que ya no estén en órbita terrestre.

#### Artículo V

Cuando un objeto espacial lanzado en órbita terrestre o más allá esté marcado con la designación o el número de registro a que se hace referencia en el apartado b) del párrafo 1 del artículo IV, o con ambos, el Estado de registro notificará este hecho al Secretario General de las Naciones Unidas al presentar la información sobre el objeto espacial de conformidad con el artículo IV. En tal caso, el Secretario General de las Naciones Unidas inscribirá esa notificación en el Registro.

#### Artículo VI

En caso de que la aplicación de las disposiciones del presente Convenio no haya permitido a un Estado Parte identificar un objeto espacial que haya causado daño a dicho Estado o a alguna de sus personas físicas o morales, o que pueda ser de carácter peligroso o nocivo, los otros Estados Partes, en especial los Estados que poseen instalaciones para la observación y el rastreo espaciales, responderán con la mayor amplitud posible a la solicitud formulada por ese Estado Parte, o transmitida por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas en su nombre, para obtener en condiciones equitativas y razonables asistencia para la identificación de tal objeto. Al formular esa solicitud, el Estado Parte suministrará información, en la mayor medida posible, acerca del momento, la naturaleza y las circunstancias de los hechos que den lugar a la solicitud. Los arreglos según los cuales se prestará tal asistencia serán objeto de acuerdo entre las partes interesadas.

#### Artículo VII

1. En el presente Convenio, salvo los artículos VIII a XII inclusive, se entenderá que las referencias que se hacen a los Estados se aplican a cualquier

organización intergubernamental internacional que se dedique a actividades espaciales si ésta declara que acepta los derechos y obligaciones previstos en este Convenio y si una mayoría de sus Estados miembros son Estados Partes en este Convenio y 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.

2. Los Estados miembros de tal organización que sean Estados Partes en este Convenio adoptarán todas las medidas adecuadas para lograr que la organización formule una declaración de conformidad con el párrafo 1 de este artículo.

#### Artículo VIII

1. El presente Convenio estará abierto a la firma de todos los Estados en la Sede de las Naciones Unidas, en Nueva York. Todo Estado que no firmare este Convenio antes de su entrada en vigor de conformidad con el párrafo 3 de este artículo podrá adherirse a él en cualquier momento.

2. El presente Convenio estará sujeto a ratificación por los Estados signatarios. Los instrumentos de ratificación y los instrumentos de adhesión serán depositados en poder del Secretario General de las Naciones Unidas.

3. El presente Convenio entrará en vigor entre los Estados que hayan depositado instrumentos de ratificación cuando se deposite en poder del Secretario General de las Naciones Unidas el quinto instrumento de ratificación.

4. Para los Estados cuyos instrumentos de ratificación o de adhesión se depositaren después de la entrada en vigor del presente Convenio, éste entrará en vigor en la fecha del depósito de sus instrumentos de ratificación o de adhesión.

5. El Secretario General informará sin tardanza a todos los Estados signatarios y a todos los Estados que se hayan adherido a este Convenio de la fecha de cada firma, la fecha de depósito de cada instrumento de ratificación de este

Convenio y de adhesión a este Convenio, la fecha de su entrada en vigor y cualquier otra notificación.

#### Artículo IX

Cualquier Estado Parte en el presente Convenio podrá proponer enmiendas al mismo. Las enmiendas entrarán en vigor para cada Estado Parte en el Convenio que las acepte cuando hayan sido aceptadas por la mayoría de los Estados Partes en el Convenio y, en lo sucesivo, para cada uno de los restantes Estados que sea Parte en el Convenio en la fecha en que las acepte.

#### Artículo X

Diez años después de la entrada en vigor del presente Convenio, se incluirá en el programa provisional de la Asamblea General de las Naciones Unidas la cuestión de un nuevo examen del Convenio, a fin de estudiar, habida cuenta de la anterior aplicación del Convenio, si es necesario revisarlo. No obstante, en cualquier momento una vez que el Convenio lleve cinco años en vigor, a petición de un tercio de los Estados Partes en el Convenio y con el asentimiento de la mayoría de ellos, habrá de reunirse una conferencia de los Estados Partes con miras a reexaminar este Convenio. Este nuevo examen tendrá en cuenta, en particular, todos los adelantos tecnológicos pertinentes, incluidos los relativos a la identificación de los objetos espaciales.

#### Artículo XI

Todo Estado Parte en el presente Convenio podrá comunicar su retiro del mismo al cabo de un año de su entrada en vigor, mediante notificación por escrito dirigida al Secretario General de las Naciones Unidas. Ese retiro surtirá efecto un año después de la fecha en que se reciba la notificación.

#### Artículo XII

El original del presente Convenio, cuyos textos en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en poder del Secretario General de las Naciones Unidas, quien remitirá copias certificadas del Convenio a todos los Estados signatarios y a los Estados que se adhieran a él.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, los infrascritos, debidamente autorizados al efecto por sus respectivos gobiernos, han firmado el presente Convenio, abierto a la firma en Nueva York el día catorce de enero de mil novecientos setenta y cinco.

**E. Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes**

*Los Estados Partes en el presente Acuerdo,*

*Observando* las realizaciones de los Estados en la exploración y utilización de la Luna y otros cuerpos celestes,

*Reconociendo* que la Luna, como satélite natural de la Tierra, desempeña un papel importante en la exploración del espacio ultraterrestre,

*Firmemente resueltos* a favorecer, sobre la base de la igualdad, el desarrollo de la colaboración entre los Estados a los efectos de la exploración y utilización de la Luna y otros cuerpos celestes,

*Deseando* evitar que la Luna se convierta en zona de conflictos internacionales,

*Teniendo en cuenta* los beneficios que se pueden derivar de la explotación de los recursos naturales de la Luna y otros cuerpos celestes,

*Recordando* 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, el Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre, el Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales y el Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre,

Teniendo presente la necesidad de aplicar concretamente y desarrollar, en lo concerniente a la Luna y otros cuerpos celestes, las disposiciones de esos instrumentos internacionales, habida cuenta de los futuros progresos en la exploración y utilización del espacio,

*Han convenido* en lo siguiente:

## Artículo 1

1. Las disposiciones del presente Acuerdo relativas a la Luna se aplicarán también a otros cuerpos celestes del sistema solar distintos de la Tierra, excepto en los casos en que con respecto a alguno de esos cuerpos celestes entren en vigor normas jurídicas específicas.
2. Para los fines del presente Acuerdo, las referencias a la Luna incluirán las órbitas alrededor de la Luna u otras trayectorias dirigidas hacia ella o que la rodean.
3. El presente Acuerdo no se aplica a las materias extraterrestres que llegan a la superficie de la Tierra por medios naturales.

## Artículo 2

Todas las actividades que se desarrollen en la Luna, incluso su exploración y utilización, se realizarán de conformidad con el derecho internacional, en especial la Carta de las Naciones Unidas, y teniendo en cuenta la Declaración sobre los principios de derecho internacional referentes a las relaciones de amistad y a la cooperación entre los Estados de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas, aprobada por la Asamblea General el 24 de octubre de 1970, en interés del mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales y del fomento de la cooperación internacional y la comprensión recíproca, y prestando la consideración debida a los respectivos intereses de todos los otros Estados Partes.

## Artículo 3

1. Todos los Estados Partes utilizarán la Luna exclusivamente con fines pacíficos.
2. Se prohíbe recurrir a la amenaza o al uso de la fuerza, así como a otros actos hostiles o a la amenaza de estos actos, en la Luna. Se prohíbe también utilizar la Luna para cometer tales actos o para hacer tales amenazas con respecto a la Tierra, a la Luna, a naves espaciales, a tripulaciones de naves espaciales o a objetos espaciales artificiales.

3. Los Estados Partes no pondrán en órbita alrededor de la Luna, ni en otra trayectoria hacia la Luna o alrededor de ella, objetos portadores de armas nucleares o de cualquier otro tipo de armas de destrucción en masa, ni colocarán o emplearán esas armas sobre o en la Luna.

4. Queda prohibido establecer bases, instalaciones y fortificaciones militares, efectuar ensayos de cualquier tipo de armas y realizar maniobras militares en la Luna. No se prohíbe la utilización de personal militar para investigaciones científicas ni para cualquier otro fin pacífico. Tampoco se prohíbe la utilización de cualesquier equipo o material necesarios para la exploración y utilización de la Luna con fines pacíficos.

#### Artículo 4

1. La exploración y utilización de la Luna incumbirán a toda la humanidad y se efectuarán en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico. Se tendrán debidamente en cuenta los intereses de las generaciones actuales y venideras, así como la necesidad de promover niveles de vida más altos y mejores condiciones de progreso y desarrollo económico y social de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas.

2. En todas sus actividades relativas a la exploración y utilización de la Luna, los Estados Partes se guiarán por el principio de la cooperación y la asistencia mutua. La cooperación internacional conforme al presente Acuerdo deberá ser lo más amplia posible y podrá llevarse a cabo sobre una base multilateral o bilateral o por conducto de organizaciones internacionales intergubernamentales.

#### Artículo 5

1. Los Estados Partes informarán al Secretario General de las Naciones Unidas, así como al público y a la comunidad científica internacional, en toda la medida de lo posible y practicable, de sus actividades relativas a la exploración y utilización de la Luna. Se proporcionará respecto de cada misión a la Luna, a la mayor brevedad posible después del lanzamiento, información sobre la fecha, los objetivos, las localizaciones, los parámetros

orbitales y la duración de la misión, en tanto que, después de terminada cada misión, se proporcionará información sobre sus resultados, incluidos los resultados científicos. En cada misión que dure más de sesenta días, se facilitará periódicamente, a intervalos de treinta días, información sobre el desarrollo de la misión, incluidos cualesquiera resultados científicos. En las misiones que duren más de seis meses, sólo será necesario comunicar ulteriormente las adiciones a tal información que sean significativas.

2. Todo Estado Parte que tenga noticia de que otro Estado Parte proyecta operar simultáneamente en la misma zona de la Luna, o en la misma órbita alrededor de la Luna, o en la misma trayectoria hacia la Luna o alrededor de ella, comunicará sin demora al otro Estado las fechas y los planes de sus propias operaciones.

3. Al desarrollar actividades con arreglo al presente Acuerdo, los Estados Partes informarán prontamente al Secretario General de las Naciones Unidas, así como al público y a la comunidad científica internacional, de cualquier fenómeno que descubran en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna, que pueda poner en peligro la vida o la salud humanas, así como de cualquier indicio de vida orgánica.

## Artículo 6

1. La investigación científica en la Luna será libre para todos los Estados Partes, sin discriminación de ninguna clase, sobre la base de la igualdad y de conformidad con el derecho internacional.

2. Al realizar investigaciones científicas con arreglo a las disposiciones del presente Acuerdo, los Estados Partes tendrán derecho a recoger y extraer de la Luna muestras de sus minerales y otras sustancias. Esas muestras permanecerán a disposición de los Estados Partes que las hayan hecho recoger y éstos podrán utilizarlas con fines científicos. Los Estados Partes tendrán en cuenta la conveniencia de poner parte de esas muestras a disposición de otros Estados Partes interesados y de la comunidad científica internacional para la investigación científica. Durante las investigaciones científicas, los Estados

Partes también podrán utilizar los minerales y otras sustancias de la Luna en cantidades adecuadas para el apoyo de sus misiones.

3. Los Estados Partes están de acuerdo en que conviene intercambiar personal científico y de otra índole, en toda la medida de lo posible y practicable, en las expediciones a la Luna o en las instalaciones allí situadas.

#### Artículo 7

1. Al explorar y utilizar la Luna, los Estados Partes tomarán medidas para que no se perturbe el actual equilibrio de su medio, ya por la introducción de modificaciones nocivas en ese medio, ya por su contaminación perjudicial con sustancias ajenas al medio, ya de cualquier otro modo. Los Estados Partes tomarán también medidas para no perjudicar el medio de la Tierra por la introducción de sustancias extraterrestres o de cualquier otro modo.

2. Los Estados Partes informarán al Secretario General de las Naciones Unidas de las medidas que estén adoptando de conformidad con el párrafo 1 del presente artículo y también, en la mayor medida viable, le notificarán por anticipado todos los emplazamientos que hagan de materiales radiactivos en la Luna y los fines de dichos emplazamientos.

3. Los Estados Partes informarán a los demás Estados Partes y al Secretario General acerca de las zonas de la Luna que tengan especial interés científico, a fin de que, sin perjuicio de los derechos de los demás Estados Partes, se considere la posibilidad de declarar esas zonas reservas científicas internacionales para las que han de concertarse acuerdos de protección especiales, en consulta con los órganos competentes de las Naciones Unidas.

#### Artículo 8

1. Los Estados Partes podrán desarrollar sus actividades de exploración y utilización de la Luna en cualquier punto de su superficie o bajo su superficie, sin perjuicio de las demás estipulaciones del presente Acuerdo.

2. A esos fines, los Estados Partes podrán, especialmente:

a) Hacer aterrizar sus objetos espaciales en la Luna y proceder a su lanzamiento desde la Luna;

b) Instalar su personal y colocar sus vehículos espaciales, su equipo, su material, sus estaciones y sus instalaciones en cualquier punto de la superficie o bajo la superficie de la Luna.

El personal, los vehículos espaciales, el equipo, el material, las estaciones y las instalaciones podrán moverse o ser desplazadas libremente sobre o bajo la superficie de la Luna.

3. Las actividades desarrolladas por los Estados Partes de conformidad con las disposiciones de los párrafos 1 y 2 del presente artículo no deberán entorpecer las actividades desarrolladas en la Luna por otros Estados Partes. En caso de que pudieran constituir un obstáculo, los Estados Partes interesados celebrarán consultas de conformidad con los párrafos 2 y 3 del artículo 15 del presente Acuerdo.

#### Artículo 9

1. Los Estados Partes podrán establecer en la Luna estaciones habitadas o inhabitadas. El Estado Parte que establezca una estación utilizará únicamente el área que sea precisa para las necesidades de la estación y notificará inmediatamente al Secretario General de las Naciones Unidas el emplazamiento y objeto de tal estación. Ulteriormente, cada año, dicho Estado notificará asimismo al Secretario General si la estación se sigue utilizando y si se ha modificado su objeto.

2. Las estaciones deberán estar dispuestas de modo que no entorpezcan el libre acceso a todas las zonas de la Luna del personal, los vehículos y el equipo de otros Estados Partes que desarrollan actividades en la Luna de conformidad con lo dispuesto en el presente Acuerdo o en el artículo I del 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.

#### Artículo 10

1. Los Estados Partes adoptarán todas las medidas practicables para proteger la vida y la salud de las personas que se encuentren en la Luna. A tal efecto, considerarán a toda persona que se encuentre en la Luna como un astronauta en el sentido del artículo V del 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, y como un miembro de la tripulación de una nave espacial en el sentido del Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre.
2. Los Estados Partes ofrecerán refugio en sus estaciones, instalaciones, vehículos o equipo a las personas que se encuentren en peligro en la Luna.

#### Artículo 11

1. La Luna y sus recursos naturales son patrimonio común de la humanidad conforme a lo enunciado en las disposiciones del presente Acuerdo y en particular en el párrafo 5 del presente artículo.
2. La Luna no puede ser objeto de apropiación nacional mediante reclamaciones de soberanía, por medio del uso o la ocupación, ni por ningún otro medio.
3. Ni la superficie ni la subsuperficie de la Luna, ni ninguna de sus partes o recursos naturales podrán ser propiedad de ningún Estado, organización internacional intergubernamental o no gubernamental, organización nacional o entidad no gubernamental ni de ninguna persona física. El emplazamiento de personal, vehículos espaciales, equipo, material, estaciones e instalaciones sobre o bajo la superficie de la Luna, incluidas las estructuras unidas a su superficie o la subsuperficie, no creará derechos de propiedad sobre la superficie o la subsuperficie de la Luna o parte alguna de ellas. Las disposiciones precedentes no afectan al régimen internacional a que se hace referencia en el párrafo 5 del presente artículo.

4. Los Estados Partes tienen derecho a explorar y utilizar la Luna sin discriminación de ninguna clase, sobre una base de igualdad y de conformidad con el derecho internacional y las condiciones estipuladas en el presente Acuerdo.

5. Los Estados Partes en el presente Acuerdo se comprometen a establecer un régimen internacional, incluidos los procedimientos apropiados, que rija la explotación de los recursos naturales de la Luna, cuando esa explotación esté a punto de llegar a ser viable. Esta disposición se aplicará de conformidad con el artículo 18 del presente Acuerdo.

6. A fin de facilitar el establecimiento del régimen internacional a que se hace referencia en el párrafo 5 del presente artículo, los Estados Partes informarán al Secretario General de las Naciones Unidas, así como al público y a la comunidad científica internacional, en la forma más amplia posible y viable, sobre los recursos naturales que descubran en la Luna.

7. Entre las principales finalidades del régimen internacional que se ha de establecer figurarán:

- a) El desarrollo ordenado y seguro de los recursos naturales de la Luna;
- b) La ordenación racional de esos recursos;
- c) La ampliación de las oportunidades para el uso de esos recursos;
- d) Una participación equitativa de todos los Estados Partes en los beneficios obtenidos de esos recursos, teniéndose especialmente en cuenta los intereses y necesidades de los países en desarrollo, así como los esfuerzos de los países que hayan contribuido directa o indirectamente a la explotación de la Luna.

8. Todas las actividades referentes a los recursos naturales de la Luna se realizarán en forma compatible con las finalidades especificadas en el párrafo 7 del presente artículo y con las disposiciones del párrafo 2 del artículo 6 del presente Acuerdo.

## Artículo 12

1. Los Estados Partes retendrán la jurisdicción y el control sobre el personal, los vehículos, el equipo, el material, las estaciones y las instalaciones de su pertenencia que se encuentren en la Luna. El derecho de propiedad de los vehículos espaciales, el equipo, el material, las estaciones y las instalaciones no resultará afectado por el hecho de que se hallen en la Luna.
2. Cuando esos vehículos, instalaciones y equipo o sus partes componentes sean hallados fuera del lugar para el que estaban destinados, se les aplicará el artículo 5 del Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre.
3. En caso de emergencia con peligro para la vida humana, los Estados Partes podrán utilizar el equipo, los vehículos, las instalaciones, el material o los suministros de otros Estados Partes en la Luna. Se notificará prontamente tal utilización al Secretario General de las Naciones Unidas o al Estado Parte interesado.

## Artículo 13

El Estado Parte que compruebe que un objeto espacial no lanzado por él o sus partes componentes, han aterrizado en la Luna a causa de una avería o han hecho en ella un aterrizaje forzoso o involuntario informará sin demora al Estado Parte que haya efectuado el lanzamiento y al Secretario General de las Naciones Unidas.

## Artículo 14

1. Los Estados Partes en el presente Acuerdo serán responsables internacionalmente de las actividades nacionales que realicen en la Luna los organismos gubernamentales o las entidades no gubernamentales, y deberán asegurar que dichas actividades se efectúen en conformidad con las disposiciones del presente Acuerdo. Los Estados Partes se asegurarán de que las entidades no gubernamentales que se hallen bajo su jurisdicción sólo emprendan actividades en la Luna con la autorización y bajo la constante fiscalización del pertinente Estado Parte.

2. Los Estados Partes reconocen que, además de las disposiciones del 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, y del Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales, puede ser necesario hacer arreglos detallados sobre la responsabilidad por daños causados en la Luna como consecuencia de actividades más extensas en la Luna. Esos arreglos se elaborarán de conformidad con el procedimiento estipulado en el artículo 18 del presente Acuerdo.

#### Artículo 15

1. Todo Estado Parte podrá asegurarse de que las actividades de los otros Estados Partes en la exploración y utilización de la Luna son compatibles con las disposiciones del presente Acuerdo. Con este fin, todos los vehículos espaciales, el equipo, el material, las estaciones y las instalaciones que se encuentren en la Luna serán accesibles a los otros Estados Partes. Dichos Estados Partes notificarán con antelación razonable su intención de hacer una visita, con objeto de que sea posible celebrar las consultas que procedan y adoptar un máximo de precauciones para velar por la seguridad y evitar toda perturbación del funcionamiento normal de la instalación visitada. A los efectos del presente artículo, todo Estado Parte podrá utilizar sus propios medios o podrá actuar con asistencia total o parcial de cualquier otro Estado Parte, o mediante procedimientos internacionales apropiados, dentro del marco de las Naciones Unidas y de conformidad con la Carta.

2. Todo Estado Parte que tenga motivos para creer que otro Estado Parte no cumple las disposiciones que le corresponden con arreglo al presente Acuerdo o que otro Estado Parte vulnera los derechos del primer Estado con arreglo al presente Acuerdo podrá solicitar la celebración de consultas con ese Estado Parte. El Estado Parte que reciba dicha solicitud procederá sin demora a celebrar esas consultas. Todos los Estados Partes que participen en las consultas tratarán de lograr una solución mutuamente aceptable de la controversia y tendrán presentes los derechos e intereses de todos los Estados Partes. El Secretario General de las Naciones Unidas será informado de los

resultados de las consultas y transmitirá la información recibida a todos los Estados Partes interesados.

3. Cuando las consultas no permitan llegar a una solución que sea mutuamente aceptable y respete los derechos e intereses de todos los Estados Partes, las partes interesadas tomarán todas las medidas necesarias para resolver la controversia por otros medios pacíficos de su elección adecuados a las circunstancias y a la naturaleza de la controversia. Cuando surjan dificultades en relación con la iniciación de consultas o cuando las consultas no permitan llegar a una solución mutuamente aceptable, todo Estado Parte podrá solicitar la asistencia del Secretario General, sin pedir el consentimiento de ningún otro Estado Parte interesado, para resolver la controversia. El Estado Parte que no mantenga relaciones diplomáticas con otro Estado Parte interesado participará en esas consultas, según prefiera, por sí mismo o por mediación de otro Estado Parte o del Secretario General.

#### Artículo 16

A excepción de los artículos 17 a 21, se entenderá que las referencias que se hagan en el presente Acuerdo a los Estados se aplican a cualquier organización internacional intergubernamental que realice actividades en el espacio ultraterrestre, siempre que tal organización declare que acepta los derechos y obligaciones estipulados en el presente Acuerdo y que la mayoría de los Estados miembros de la organización sean Estados Partes en el presente Acuerdo y 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. Los Estados miembros de cualquiera de tales organizaciones que sean Estados Partes en el presente Acuerdo adoptarán todas las medidas pertinentes para que la organización haga una declaración de conformidad con lo que antecede.

#### Artículo 17

Todo Estado Parte en el presente Acuerdo podrá proponer enmiendas al mismo. Las enmiendas entrarán en vigor para cada Estado Parte en el Acuerdo que las acepte cuando éstas hayan sido aceptadas por la mayoría de los Estados Partes en el Acuerdo y, en lo sucesivo, para cada Estado restante que sea Parte en el Acuerdo en la fecha en que las acepte.

## Artículo 18

Cuando hayan transcurrido diez años desde la entrada en vigor del presente Acuerdo, se incluirá la cuestión de su reexamen en el programa provisional de la Asamblea General de las Naciones Unidas a fin de considerar, a la luz de cómo se haya aplicado hasta entonces, si es preciso proceder a su revisión. Sin embargo, en cualquier momento, una vez que el presente Acuerdo lleve cinco años en vigor, el Secretario General de las Naciones Unidas, en su calidad de depositario, convocará, a petición de un tercio de los Estados Partes en el Acuerdo y con el asentimiento de la mayoría de ellos, una conferencia de los Estados Partes para reexaminar el Acuerdo. La conferencia encargada de reexaminarlo estudiará asimismo la cuestión de la aplicación de las disposiciones del párrafo 5 del artículo 11, sobre la base del principio a que se hace referencia en el párrafo 1 de ese artículo y teniendo en cuenta en particular los adelantos tecnológicos que sean pertinentes.

## Artículo 19

1. El presente Acuerdo estará abierto a la firma de todos los Estados en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York.
2. El presente Acuerdo estará sujeto a ratificación, aprobación o aceptación por los Estados signatarios. Los Estados que no firmen el presente Acuerdo antes de su entrada en vigor de conformidad con el párrafo 3 del presente artículo podrán adherirse a él en cualquier momento. Los instrumentos de ratificación, aprobación, aceptación o adhesión se depositarán ante el Secretario General de las Naciones Unidas.
3. El presente Acuerdo entrará en vigor a los treinta días de la fecha de depósito del quinto instrumento de ratificación, aprobación o aceptación.
4. Para cada uno de los Estados cuyos instrumentos de ratificación, aprobación, aceptación o adhesión se depositen después de la entrada en vigor del presente Acuerdo, éste entrará en vigor a los treinta días de la fecha del depósito del instrumento respectivo.
5. El Secretario General informará sin tardanza a todos los Estados signatarios y a todos los Estados que se hayan adherido al presente Acuerdo de la fecha

de cada firma, de la fecha de depósito de cada instrumento de ratificación, aprobación, aceptación o adhesión al Acuerdo, de la fecha de su entrada en vigor y de cualquier otra notificación.

#### Artículo 20

Todo Estado Parte en el presente Acuerdo podrá comunicar su retiro del Acuerdo al cabo de un año de su entrada en vigor, mediante notificación por escrito dirigida al Secretario General de las Naciones Unidas. Tal retiro surtirá efecto un año después de la fecha en que se reciba la notificación.

#### Artículo 21

El original del presente Acuerdo, cuyos textos en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará ante el Secretario General de las Naciones Unidas, que remitirá copias debidamente certificadas del mismo a los gobiernos de los Estados signatarios y de los Estados que se adhieran al Acuerdo.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, los infrascritos, debidamente autorizados por sus respectivos gobiernos, firman este Acuerdo, abierto a la firma en Nueva York, el día dieciocho de diciembre de mil novecientos setenta y nueve.

9.5.2. Segunda parte. Principios aprobados por la Asamblea General. <sup>[19]</sup>

**A. Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre**

*La Asamblea General,*

*Inspirándose* en las grandes posibilidades que ofrece a la humanidad la entrada del hombre en el espacio ultraterrestre,

*Reconociendo* el interés general de toda la humanidad en el progreso de la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Estimando* que el espacio ultraterrestre debe explorarse y utilizarse en bien de la humanidad y en provecho de los Estados, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico,

*Deseando* contribuir a una amplia cooperación internacional en lo que se refiere a los aspectos científicos y jurídicos de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Estimando* que tal colaboración contribuirá al desarrollo de la comprensión mutua y al afianzamiento de las relaciones amistosas entre los Estados y los pueblos,

*Recordando* su resolución 110 (II) de 3 de noviembre de 1947, por la que condenó toda propaganda destinada a provocar o alentar, o susceptible de provocar o alentar, cualquier amenaza a la paz, quebrantamiento de la paz o acto de agresión, y considerando que la citada resolución es aplicable al espacio ultraterrestre,

*Teniendo en cuenta* sus resoluciones 1721 (XVI) y 1802 (XVII) de 20 de diciembre de 1961 y 14 de diciembre de 1962, aprobadas unánimemente por los Estados Miembros de las Naciones Unidas,

*Declara solemnemente* que en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre los Estados deben guiarse por los principios siguientes:

1. La exploración y la utilización del espacio ultraterrestre deberán hacerse en provecho y en interés de toda la humanidad.

2. El espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes podrán ser libremente explorados y utilizados por todos los Estados en condiciones de igualdad y en conformidad con el derecho internacional.

3. El espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes no podrán ser objeto de apropiación nacional mediante reivindicación de soberanía, mediante el uso y la ocupación, ni de ninguna otra manera.

4. Las actividades de los Estados en materia de exploración y utilización del espacio ultraterrestre deberán realizarse de conformidad con el derecho internacional, incluida en la Carta de las Naciones Unidas, en interés del mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales y del fomento de la cooperación y la comprensión internacionales.

5. Los Estados serán responsables internacionalmente de las actividades nacionales que realicen en el espacio ultraterrestre los organismos gubernamentales o las entidades no gubernamentales, así como de asegurar la observancia, en la ejecución de esas actividades nacionales, de los principios enunciados en la presente Declaración. Las actividades de entidades no gubernamentales en el espacio ultraterrestre deberán ser autorizadas y vigiladas constantemente por el Estado interesado. Cuando se trate de actividades que realice en el espacio ultraterrestre una organización internacional, la responsabilidad en cuanto a la aplicación de los principios proclamados en la presente Declaración corresponderá a esa organización internacional y a los Estados que forman parte de ella.

6. En la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre, los Estados se guiarán por el principio de la cooperación y la asistencia mutua y en todas sus actividades en el espacio ultraterrestre deberán tener debidamente en cuenta los intereses correspondientes de los demás Estados. Si un Estado tiene motivos para creer que una actividad o un experimento en el espacio ultraterrestre, proyectado por él o por sus nacionales, crearía un obstáculo capaz de perjudicar las actividades de otros Estados en materia de exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, celebrará las consultas internacionales oportunas antes de emprender esa actividad o ese experimento. Si un Estado tiene motivos para creer que una actividad o un

experimento en el espacio ultraterrestre, proyectado por otro Estado, crearía un obstáculo capaz de perjudicar las actividades en materia de exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, podrá pedir que se celebren consultas sobre esa actividad o ese experimento.

7. En el Estado en cuyo registro figure el objeto lanzado al espacio ultraterrestre retendrá su jurisdicción y control sobre tal objeto, así como sobre todo el personal que vaya en él, mientras se encuentre en el espacio ultraterrestre. La propiedad de los objetos lanzados al espacio ultraterrestre y de sus partes componentes no se modificará con motivo de su paso por el espacio ultraterrestre ni de su regreso a la tierra. Cuando esos objetos o esas partes componentes sean hallados fuera de los límites del Estado en cuyo registro figuren, se devolverán a ese Estado, que deberá proporcionar, antes de que se efectúe la devolución, los datos de identificación que en su caso se soliciten.

8. Todo Estado que lance u ocasione el lanzamiento de un objeto al espacio ultraterrestre, y todo Estado desde cuyo territorio o cuyas instalaciones se lance un objeto, serán responsables internacionalmente de los daños causados a otro Estado extranjero o a sus personas naturales o jurídicas por dicho objeto o sus partes componentes en tierra, en el espacio aéreo o en el espacio ultraterrestre.

9. Los Estados considerarán a todos los astronautas como enviados de la humanidad en el espacio ultraterrestre, y les prestarán toda la ayuda posible en caso de accidente, peligro o aterrizaje forzoso en el territorio de un Estado extranjero o en alta mar. Los astronautas que hagan dicho aterrizaje serán devueltos por medio seguro y sin tardanza al Estado de registro de su vehículo espacial.

## **B. Principios que han de regir la utilización por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión**

*La Asamblea General,*

*Recordando* su resolución 2916 (XXVII) de 9 de noviembre de 1972, en la que destacó la necesidad de elaborar los principios que han de regir la utilización por los

Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión, y teniendo presente la importancia de concertar un acuerdo o acuerdos internacionales,

*Recordando además* sus resoluciones 3182 (XXVIII) de 18 de diciembre de 1973, 3234 (XXIX) de 12 de noviembre de 1974, 3388 (XXX) de 18 de noviembre de 1975, 31/8 de 8 de noviembre de 1976, 21/196 de 20 de diciembre de 1977, 33/16 de 10 de noviembre de 1978, 34/66 de 5 de diciembre de 1979 y 35/14 de 3 de noviembre de 1980, así como su resolución 36/35 de 18 de noviembre de 1981, en la que decidió considerar, en su trigésimo séptimo período de sesiones, la aprobación por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión,

*Tomando nota con reconocimiento* de los esfuerzos realizados en la Comisión sobre la utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y su Subcomisión de Asuntos Jurídicos para aplicar las directrices formuladas en las resoluciones mencionadas,

*Teniendo en cuenta* que se han llevado a cabo diversos experimentos de transmisión directa mediante satélites y que en algunos países se hallan en condiciones de entrar en funcionamiento varios sistemas de transmisión directa mediante satélite que pueden ser comercializados en el futuro inmediato,

*Tomando en consideración* que el funcionamiento de satélites internacionales de transmisión directa tendrá importantes consecuencias políticas, económicas, sociales y culturales internacionales,

*Estimando* que el establecimiento de principios para las transmisiones internacionales directas por televisión contribuirá al fortalecimiento de la cooperación internacional en esta esfera y a promover los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas,

*Aprueba* los Principios que han de regir la utilización por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión, enunciados en el anexo de la presente resolución.

*Anexo. Principios que han de regir la utilización por los Estados de satélites artificiales de la Tierra para las transmisiones internacionales directas por televisión*

#### A. Propósitos y objetivos

1. Las actividades en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites deberán realizarse de manera compatible con los derechos soberanos de los Estados, inclusive el principio de la no intervención, así como con el derecho de toda persona a investigar, recibir y difundir información e ideas, consagrados en los instrumentos pertinentes de las Naciones Unidas.

2. Esas actividades deberán promover la libre difusión y el intercambio mutuo de información y conocimientos en las esferas de la cultura y de la ciencia, contribuir al desarrollo educativo, social y económico, especialmente de los países en desarrollo, elevar la calidad de la vida de todos los pueblos y proporcionar esparcimiento con el debido respeto a la integridad política y cultural de los Estados.

3. Estas actividades deberán desarrollarse de manera compatible con el fomento del entendimiento mutuo y el fortalecimiento de las relaciones de amistad y cooperación entre todos los Estados y pueblos con miras al mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales.

#### B. Aplicabilidad del derecho internacional

4. Las actividades en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites deberán realizarse de conformidad con el derecho internacional, incluidos la Carta de las Naciones Unidas, 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<sup>1</sup>, de 27 de enero de 1967, las disposiciones pertinentes del Convenio Internacional de Telecomunicaciones y su reglamento de radiocomunicaciones y los instrumentos internacionales relativos a las relaciones de amistad y a la cooperación entre los Estados y a los derechos humanos.

### C. Derechos y beneficios

5. todo Estado tiene igual derecho a realizar actividades en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites y a autorizar esas actividades por parte de personas naturales y jurídicas bajo su jurisdicción. Todos los Estados y pueblos tienen derecho a gozar y deberán gozar de los beneficios de esas actividades. Todos los Estados, sin discriminación, deberán tener acceso a la tecnología en ese campo en condiciones mutuamente convenidas por todas las partes interesadas.

### D. Cooperación internacional

6. Las actividades en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites deberán estar basadas en la cooperación internacional y fomentarla. Esta cooperación deberá ser objeto de acuerdos apropiados. Deberán tenerse especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo en la utilización de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites para acelerar su desarrollo nacional.

### E. Arreglo pacífico de controversias

7. Toda controversia internacional que pueda derivarse de las actividades a que se refieren estos principios deberá resolverse mediante los procedimientos que para el arreglo pacífico de las controversias hayan establecido, de común acuerdo, las partes en la controversia, de conformidad con las disposiciones de la Carta de las Naciones Unidas.

### F. Responsabilidad de los Estados

8. Los Estados deberán ser internacionalmente responsables de las actividades emprendidas en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites que lleven a cabo o que se realicen bajo su jurisdicción, y de la conformidad de cuales quiera de esas actividades con los principios enunciados en el presente documento.

9. Cuando las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites sean efectuadas por una organización internacional intergubernamental, la responsabilidad mencionada en el párrafo 8 supra

deberá recaer sobre dicha organización y sobre los Estados que participen en ella.

#### G. Derecho y deber de consulta

10. Todo Estado transmisor o receptor, perteneciente a un servicio de transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites establecido entre Estados, celebrará con prontitud, a solicitud de cualquier otro Estado transmisor o receptor perteneciente al mismo servicio, consultas con el Estado solicitante acerca de sus actividades en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites, sin perjuicio de otras consultas que estos Estados puedan celebrar sobre este tema con cualquier otro Estado.

#### H. Derechos de autor y derechos conexos

11. Sin perjuicio de las disposiciones pertinentes del derecho internacional, los Estados deberán cooperar bilateral y multilateralmente para velar por la protección de los derechos de autor y derechos conexos mediante la concertación de acuerdos apropiados entre los Estados interesados o las personas jurídicas competentes que actúen bajo su jurisdicción. En esta cooperación deberán tener especialmente en cuenta los intereses de los países en desarrollo en la utilización de las transmisiones directas de televisión para acelerar su desarrollo nacional.

#### I. Notificación a las Naciones Unidas

12. A fin de promover la cooperación internacional en la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, los Estados que realicen o autoricen actividades en el campo de las transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites deberán informar en la mayor medida posible al Secretario General de las Naciones Unidas acerca de la índole de dichas actividades. Al recibir esa información, el Secretario General deberá darle difusión inmediata y eficaz, transmitiéndola a los organismos especializados competentes, a la comunidad científica internacional y al público en general.

## J. Consultas y acuerdos entre los Estados

13. Un Estado que se proponga establecer un servicio de transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites, o autorizar su establecimiento, notificará sin demora su intención al Estado o a los Estados receptores e iniciará prontamente consultas con cualquiera de los Estados que lo solicite.

14. Sólo se establecerá un servicio de transmisiones internacionales directas de televisión mediante satélites tras haberse cumplido las condiciones enunciadas en el párrafo 13 supra, y sobre la base de los acuerdos y/o arreglos previstos en los instrumentos pertinentes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de conformidad con estos principios.

15. Por lo que respecta al desbordamiento inevitable de la irradiación de la señal del satélite, se aplicarán exclusivamente los instrumentos pertinentes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## C. Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio

*La Asamblea General,*

*Recordando* su resolución 3234 (XXIX) de 12 de noviembre de 1974, en la que pedía a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y a su Subcomisión de Asuntos Jurídicos que examinaran la cuestión de las consecuencias jurídicas de la teleobservación de la Tierra desde el espacio, así como sus resoluciones 3388 (XXX) de 18 de noviembre de 1975, 31/8 de 8 de noviembre de 1976, 32/196 A de 20 de diciembre de 1977, 33/16 de 10 de noviembre de 1978, 34/66 de 5 de diciembre de 1979, 35/14 de 3 de noviembre de 1980, 36/35 de 18 de noviembre de 1981, 37/89 de 10 de diciembre de 1982, 38/80 de 15 de diciembre de 1983, 39/96 de 14 de diciembre de 1984 y 40/162 de 16 de diciembre de 1985, en las que pedía un examen pormenorizado de las consecuencias jurídicas de la teleobservación de la Tierra desde el espacio, con el objeto de formular proyectos de principios relativos a la teleobservación,

*Habiendo examinado* el informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos sobre la labor realizada en su 291 período de sesiones

y el texto del proyecto de principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio que figura como anexo al mismo,

*Tomando nota con satisfacción* de que la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, sobre la base de las deliberaciones de su Subcomisión de Asuntos Jurídicos, ha hecho suyo el texto del proyecto de principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio,

*Estimando* que la aprobación de los principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio contribuirá al fortalecimiento de la cooperación internacional en esa esfera,

*Aprueba* los Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio que figuran en el anexo a la presente resolución.

***Anexo. Principios relativos a la teleobservación de la Tierra desde el espacio***

Principio I

A los efectos de los presentes principios sobre las actividades de teleobservación:

- a) Por “teleobservación” se entiende la observación de la superficie terrestre desde el espacio, utilizando las propiedades de las ondas electromagnéticas emitidas, reflejadas o difractadas por los objetos observados, para fines de mejoramiento de la ordenación de los recursos naturales, de utilización de tierras y de protección del medio ambiente;
- b) Por “datos primarios” se entiende los datos brutos recogidos mediante equipos de teleobservación transportados en un objeto espacial y que se transmiten o se hacen llegar al suelo desde el espacio por telemetría, en forma de señales electromagnéticas, mediante película fotográfica, cinta magnética, o por cualquier otro medio;
- c) Por “datos elaborados” se entiende los productos resultantes de la elaboración de los datos primarios necesaria para hacer utilizables esos datos;
- d) Por “información analizada” se entiende la información resultante de la interpretación de los datos elaborados, otros datos básicos e información procedente de otras fuentes;

e) Por “actividades de teleobservación” se entiende la explotación de sistemas espaciales de teleobservación, de estaciones de recepción y archivo de datos primarios y las actividades de elaboración, interpretación y difusión de datos elaborados.

#### Principio II

Las actividades de teleobservación se realizarán en provecho e interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico, social o científico y tecnológico y teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo.

#### Principio III

Las actividades de teleobservación se realizarán de conformidad con el derecho internacional, inclusive la Carta de las Naciones Unidas, 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<sup>1</sup>, y los instrumentos pertinentes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

#### Principio IV

Las actividades de teleobservación se realizarán de conformidad con los principios contenidos en el artículo I del 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, en el cual se dispone en particular que la exploración y utilización del espacio ultraterrestre deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, y se establece el principio de que el espacio ultraterrestre estará abierto para su exploración y utilización en condiciones de igualdad. Estas actividades se realizarán sobre la base del respeto del principio de la soberanía plena y permanente de todos los Estados y pueblos sobre su propia riqueza y sus propios recursos naturales, teniendo debidamente en cuenta los derechos e intereses, conforme al derecho internacional, de otros Estados y entidades bajo la jurisdicción de éstos. Tales actividades no deberán realizarse en forma perjudicial para los legítimos derechos e intereses del Estado observado.

#### Principio V

Los Estados que realicen actividades de teleobservación promoverán la cooperación internacional en esas actividades. Con tal fin, esos Estados darán a otros Estados oportunidades de participar en esas actividades. Esa participación se basará en cada caso en condiciones equitativas y mutuamente aceptables.

#### Principio VI

Para obtener el máximo de beneficios de las actividades de teleobservación, se alienta a los Estados a que, por medio de acuerdos u otros arreglos, establezcan y exploten estaciones de recepción y archivo de datos e instalaciones de elaboración e interpretación de datos, particularmente en el marco de acuerdos o arreglos regionales, cuando ello sea posible.

#### Principio VII

Los Estados que participen en actividades de teleobservación prestarán asistencia técnica a los otros Estados interesados, en condiciones mutuamente convenidas.

#### Principio VIII

Las Naciones Unidas y los organismos pertinentes del sistema de las Naciones Unidas fomentarán la cooperación internacional, incluidas la asistencia técnica y la coordinación en la esfera de la teleobservación.

#### Principio IX

De conformidad con el artículo IV del Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre<sup>4</sup> y con el artículo XI del 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, el Estado que realice un programa de teleobservación informará de ello al Secretario General de las Naciones Unidas. Comunicará también, en la mayor medida posible dentro de lo viable y factible, toda la demás información pertinente a cualquier Estado, y especialmente a todo país en desarrollo afectado por ese programa, que lo solicite.

#### Principio X

La teleobservación deberá promover la protección del medio ambiente natural de la Tierra.

Con tal fin, los Estados que participen en actividades de teleobservación y que tengan en su poder información que pueda prevenir fenómenos perjudiciales para el medio ambiente natural de la Tierra la darán a conocer a los Estados interesados.

#### Principio XI

La teleobservación deberá promover la protección de la humanidad contra los desastres naturales.

Con tal fin, los Estados que participen en actividades de teleobservación y que tengan en su poder datos elaborados e información analizada que puedan ser útiles a Estados que hayan sido afectados por desastres naturales o probablemente hayan de ser afectados por un desastre natural inminente, los transmitirán a los Estados interesados lo antes posible.

#### Principio XII

Tan pronto como sean producidos los datos primarios y los datos elaborados que correspondan al territorio bajo su jurisdicción, el Estado objeto de la teleobservación tendrá acceso a ellos sin discriminación y a un costo razonable. Tendrá acceso asimismo, sin discriminación y en idénticas condiciones, teniendo particularmente en cuenta las necesidades y los intereses de los países en desarrollo, a la información analizada disponible que corresponda al territorio bajo su jurisdicción y que posea cualquier Estado que participe en actividades de teleobservación.

#### Principio XIII

Con el fin de promover e intensificar la cooperación internacional, especialmente en relación con las necesidades de los países en desarrollo, el Estado que realice actividades de teleobservación de la Tierra desde el espacio ultraterrestre celebrará consultas con el Estado cuyo territorio esté observando, cuando éste lo solicite, con miras a ofrecer oportunidades de participación y a aumentar los beneficios mutuos que produzcan estas actividades.

#### Principio XIV

De conformidad con el artículo VI del 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, los Estados que utilicen satélites de teleobservación serán responsables internacionalmente de sus actividades y deberán asegurar que ellas se efectúen de conformidad con los presentes principios y con las normas del derecho internacional, independientemente de que sean realizadas por organismos gubernamentales o entidades no gubernamentales o por conducto de organizaciones internacionales de las que formen parte esos Estados. El presente principio deberá entenderse sin perjuicio de la aplicabilidad de las normas del derecho internacional sobre la responsabilidad de los Estados en lo que respecta a las actividades de teleobservación.

#### Principio XV

Las controversias que surjan en relación con la aplicación de los presentes principios serán resueltas mediante los procedimientos establecidos para el arreglo pacífico de controversias.

### **D. Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre**

*La Asamblea General,*

*Habiendo examinado* el informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos sobre la labor realizada en su 351 período de sesiones y el texto de los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre aprobado por la Comisión y reproducido en el anexo de su informe,

*Reconociendo* que para algunas misiones en el espacio ultraterrestre las fuentes de energía nuclear son especialmente idóneas o incluso indispensables debido a que son compactas, de larga vida y tienen otras características apropiadas,

*Reconociendo también* que la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre debería centrarse en las aplicaciones en que se aprovechen las propiedades particulares de dichas fuentes de energía,

*Reconociendo asimismo* que la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre debe basarse en una evaluación exhaustiva en materia de seguridad, incluido el análisis probabilístico del riesgo, con especial hincapié en la reducción del riesgo de exposición accidental del público a radiación o materiales radiactivos nocivos,

*Reconociendo* la necesidad a ese respecto de un conjunto de principios que entrañe objetivos y directrices para garantizar que la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre se haga en condiciones de seguridad,

*Afirmando* que el presente conjunto de Principios se aplica a las fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre destinadas a la generación de energía eléctrica a bordo de objetos espaciales para fines distintos de la propulsión, cuyas características sean en general comparables a las de los sistemas utilizados y las misiones realizadas en el momento de la aprobación de los Principios,

*Reconociendo* que el presente conjunto de Principios estará sujeto a revisiones futuras a la luz de las nuevas aplicaciones de la energía nuclear y de las recomendaciones internacionales sobre protección radiológica que vayan surgiendo,

*Aprueba* los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre que se enuncian a continuación.

#### Principio 1. *Aplicabilidad del derecho internacional*

Las actividades relativas a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre se efectuarán de conformidad con el derecho internacional, particularmente de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y 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.

#### Principio 2. *Uso de expresiones*

1. A los efectos de los presentes Principios, las expresiones “Estado de lanzamiento” o “Estado que lance un objeto espacial” denotan el Estado que ejerza la jurisdicción y el control sobre un objeto espacial con fuentes de energía nuclear a bordo en un momento determinado, en relación con el principio de que se trate.

2. A los efectos del principio 9, se aplicará la definición de la expresión “Estado de lanzamiento” que figura en ese principio.

3. A los efectos del principio 3, los términos “previsible” y “posible” denotan un tipo de acontecimientos o circunstancias cuya probabilidad general de producirse es tal que se considera que incluye sólo posibilidades creíbles a efectos de los análisis de seguridad. La expresión “principio general de defensa en profundidad”, aplicada a fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, se refiere al uso de características de diseño y funcionamiento en la misión que sustituyan a los sistemas activos o se añadan a ellos para impedir desperfectos de los sistemas o mitigar sus consecuencias. Para lograr este fin no se requieren necesariamente sistemas de seguridad duplicados para cada componente determinado. Dadas las necesidades especiales del uso en el espacio y de las diversas misiones, ningún conjunto particular de sistemas o características puede considerarse indispensable para lograr ese objetivo. A los efectos del inciso d) del párrafo 2 del principio 3, la expresión “etapa crítica” no incluye medidas como el ensayo con potencia cero, que son fundamentales para garantizar la seguridad de los sistemas.

### *Principio 3. Directrices y criterios para la utilización en condiciones de seguridad*

A fin de reducir al mínimo la cantidad de material radiactivo en el espacio y los riesgos que éste entraña, la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre se limitará a las misiones espaciales que no puedan funcionar en forma razonable con fuentes de energía no nucleares.

#### *1. Objetivos generales de protección contra la radiación y seguridad nuclear*

a) Los Estados que lancen objetos espaciales con fuentes de energía nuclear a bordo se esforzarán por proteger a las personas, la población y la biosfera de los peligros radiológicos. El diseño y la utilización de objetos espaciales con fuentes de energía nuclear a bordo garantizarán, con un alto grado de fiabilidad, que los riesgos, en circunstancias operacionales o accidentales previsibles, se mantengan por debajo de los niveles aceptables definidos en los incisos b) y c) del párrafo 1;

Las fuentes de energía nuclear deberán diseñarse también y utilizarse de modo que se garantice con un alto grado de fiabilidad que el material radiactivo no produzca una contaminación importante del espacio ultraterrestre.

b) Durante el funcionamiento normal de objetivos espaciales con fuentes de energía nuclear a bordo, incluido el reingreso desde una órbita suficientemente alta según se define en el inciso b) del párrafo 2, deberá observarse el objetivo de la protección adecuada contra la radiación recomendado por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones. Durante dicho funcionamiento no habrá una exposición radiológica apreciable;

c) Para limitar la exposición en caso de accidente, en el diseño y la construcción de los sistemas de fuente de energía nuclear se tendrán en cuenta las directrices internacionales generalmente aceptadas y pertinentes sobre la protección contra las radiaciones;

Excepto en los casos de poca probabilidad de accidentes con consecuencias radiológicas potencialmente graves, el diseño de los sistemas de fuente de energía nuclear deberá limitar, con un alto grado de confianza, la exposición a la radiación a una región geográfica reducida y, en lo que respecta a las personas, al límite principal de 1 mSv por año. Es admisible utilizar un límite subsidiario de 5 mSv por año durante algunos años, siempre que la dosis equivalente efectiva anual media durante una vida no supere el límite principal de 1 mSv por año.

La probabilidad de accidentes con consecuencias radiológicas potencialmente graves mencionada anteriormente se mantendrá a un nivel sumamente bajo por medio del diseño del sistema.

Las modificaciones futuras de las directrices a que se hace referencia en este apartado se aplicarán lo antes posible.

d) Los sistemas importantes para la seguridad se diseñarán, construirán y utilizarán de conformidad con el principio general de defensa en profundidad. Según este principio, las fallas o desperfectos previsibles que guarden relación con la seguridad deben poder corregirse y contrarrestarse mediante una acción o un procedimiento, posiblemente automático.

La fiabilidad de los sistemas importantes para la seguridad quedará asegurada, entre otras cosas, mediante la redundancia, la separación física, el aislamiento funcional y una independencia suficiente de sus componentes.

También se adoptarán otras medidas para elevar el nivel de seguridad.

## 2. Reactores nucleares

a) Los reactores nucleares podrán funcionar:

i) En misiones interplanetarias;

ii) En órbitas suficientemente altas definidas en el inciso b) del párrafo 2;

iii) En órbitas terrestres bajas si se estacionan en una órbita suficientemente alta después de la parte operacional de su misión.

b) Una órbita suficientemente alta es aquella en que la vida orbital es lo suficientemente larga para que se produzca una desintegración suficiente de los productos de la fisión hasta llegar a una actividad del orden de la de los actínidos. La órbita debe ser tal que se reduzcan al mínimo los riesgos para las misiones a los espacios ultraterrestres actuales y futuros y los riesgos de colisión con otros objetos espaciales. Para la determinación de la altura de una órbita suficientemente alta se tendrá en cuenta la necesidad de que las piezas de un reactor destruido alcancen también el nivel necesario de desintegración antes de reingresar a la atmósfera terrestre;

c) En los reactores nucleares sólo se deberá usar como combustible uranio 235 altamente enriquecido. En la concepción deberá tenerse en cuenta la desintegración radiológica de los productos de fisión y de activación;

d) Los reactores nucleares no deberán alcanzar la etapa crítica antes de haber llegado a la órbita operacional o haber alcanzado la trayectoria interplanetaria;

e) El diseño y la construcción del reactor nuclear deberán garantizar que éste no pueda alcanzar la etapa crítica antes de llegar a la órbita operacional en todas las circunstancias posibles, entre ellas la explosión del cohete, el

reingreso, el impacto en tierra o agua, la inmersión en agua o la penetración de agua en el núcleo del reactor;

f) A fin de reducir en grado considerable la posibilidad de desperfectos en los satélites con reactores nucleares a bordo durante el funcionamiento en una órbita que tenga una vida más corta que una órbita suficientemente alta (incluido el funcionamiento durante la transferencia a la órbita suficientemente alta), deberá haber un sistema operacional muy fiable que garantice la destrucción eficaz y controlable del reactor.

### 3. *Generadores isotópicos*

a) Los generadores isotópicos podrían utilizarse para misiones interplanetarias u otras misiones más allá del campo gravitatorio de la Tierra. También pueden utilizarse en órbitas terrestres si se estacionan en una órbita alta luego de concluir la parte operacional de su misión. En todo caso, es necesario, en última instancia, destruirlos;

b) Los generadores isotópicos deberán estar protegidos por un sistema de contención concebido y construido para que soporte el calor y las fuerzas aerodinámicas durante el reingreso en la atmósfera superior en todas las condiciones orbitales previsibles, incluidas órbitas muy elípticas o hiperbólicas, en su caso. El sistema de contención y la forma física del isótopo deberán garantizar que no se produzca la dispersión de material radiactivo en el medio ambiente, de modo que la zona de impacto pueda quedar totalmente libre de radiactividad mediante una operación de recuperación.

### Principio 4. *Evaluaciones de seguridad*

1. En la etapa de lanzamiento, el Estado de lanzamiento definido en el párrafo 1 del principio 2 tomará disposiciones para que, antes del lanzamiento, se proceda a una evaluación a fondo y exhaustiva de las condiciones de seguridad, en colaboración, cuando proceda, con quienes hayan diseñado, construido o fabricado la fuente de energía nuclear o quienes hayan de encargarse del funcionamiento del objeto espacial que lleve la fuente de energía nuclear a bordo o desde cuyo territorio o instalaciones se lance ese objeto. La evaluación abarcará también todas las fases pertinentes de la

misión y todos los sistemas correspondientes, incluidos los medios de lanzamiento, la plataforma espacial, la fuente de energía nuclear y su equipo, y los medios de control y comunicación entre la Tierra y el espacio.

2. La evaluación se ajustará a las directrices y los criterios para la utilización en condiciones de seguridad enunciados en el principio 3.

3. De conformidad con el artículo XI del 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, los resultados de las evaluaciones de seguridad, junto con una indicación del período aproximado del lanzamiento, en la medida en que ello sea posible, se harán públicos antes de cada lanzamiento y se informará al Secretario General de las Naciones Unidas sobre la forma en que los Estados puedan llegar a conocer tales resultados de las evaluaciones de seguridad, a la mayor brevedad posible, antes de cada lanzamiento.

*Principio 5. Notificación del reingreso*

1. El Estado que lance un objeto espacial con fuentes de energía nuclear a bordo deberá informar oportunamente a los Estados interesados en caso de que hubiera fallas de funcionamiento que entrañaran el riesgo de reingreso a la Tierra de materiales radiactivos. La información debe ajustarse al siguiente modelo:

a) Parámetros del sistema:

i) Nombre del Estado o los Estados de lanzamiento, incluida la dirección de la autoridad a la que pudiera pedirse información adicional o asistencia en caso de accidente;

ii) Designación internacional;

iii) Fecha y territorio o lugar de lanzamiento;

iv) Información necesaria para poder predecir con la mayor exactitud posible la duración en órbita, la trayectoria y la zona de impacto;

v) Función general del vehículo espacial.

b) Información sobre los riesgos radiológicos de la fuente o las fuentes de energía nuclear:

i) Tipo de fuente (fuente radioisotópica o reactor);

ii) Forma física probable, cantidad y características radiológicas generales del combustible y de los componentes contaminados o activados que tengan probabilidades de llegar a la superficie terrestre. El término “combustible” se refiere al material nuclear utilizado como fuente de calor o de energía. Esa información deberá transmitirse también al Secretario General de las Naciones Unidas.

2. El Estado de lanzamiento deberá suministrar la información de conformidad con el formato de notificación descrito en el párrafo precedente tan pronto se tenga conocimiento del desperfecto. La información deberá actualizarse con tanta frecuencia como sea posible y la información actualizada deberá difundirse cada vez con mayor frecuencia a medida que se acerque el momento previsto de reingreso en las capas densas de la atmósfera terrestre, de manera que la comunidad internacional esté al corriente de la situación y tenga tiempo suficiente para planificar las actividades que se consideren necesarias en cada país.

3. La información actualizada deberá transmitirse también al Secretario General de las Naciones Unidas con la misma frecuencia.

#### Principio 6. *Consultas*

Los Estados que suministren información en virtud del principio 5 responderán prontamente, en la medida de lo posible, a las solicitudes de información adicional o consultas que formulen otros Estados.

#### Principio 7. Asistencia a los Estados

1. Tras la notificación del reingreso previsto en la atmósfera terrestre de un objeto espacial portador de una fuente de energía nuclear y sus componentes, todos los Estados que posean instalaciones de vigilancia y de rastreo comunicarán lo más rápidamente posible al Secretario General de las Naciones Unidas y al Estado interesado, de conformidad con el espíritu de

cooperación internacional, la información pertinente de que dispongan sobre el funcionamiento defectuoso del objeto espacial portador de una fuente de energía nuclear, a fin de que los Estados que puedan resultar afectados evalúen la situación y tomen las medidas de precaución que consideren necesarias.

2. Después del reingreso en la atmósfera terrestre de un objeto espacial portador de una fuente de energía nuclear y sus componentes:

a) El Estado de lanzamiento ofrecerá inmediatamente y, si así lo solicita el Estado afectado, prestará inmediatamente la asistencia necesaria para eliminar los efectos nocivos efectivos y posibles, incluida asistencia para determinar la ubicación de la zona de impacto de la fuente de energía nuclear en la superficie terrestre, detectar el material que reingrese y realizar operaciones de recuperación y limpieza;

b) Todos los demás Estados que tengan la capacidad técnica pertinente y las organizaciones internacionales que posean esa capacidad técnica proporcionarán, en la medida de lo posible y previa solicitud del Estado afectado, la asistencia necesaria. Cuando se facilite asistencia de conformidad con lo dispuesto en los apartados a) y b) supra, deberán tenerse en cuenta las necesidades especiales de los países en desarrollo.

#### Principio 8. *Responsabilidad*

De conformidad con el artículo VI del 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, los Estados serán responsables internacionalmente de las actividades nacionales que supongan la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, realizadas por organismos gubernamentales o entidades no gubernamentales, y deberán asegurar que dichas actividades nacionales se efectúen de conformidad con dicho Tratado y con las recomendaciones contenidas en estos Principios. Cuando una organización internacional realice en el espacio ultraterrestre actividades que supongan la utilización de fuentes de energía nuclear, la responsabilidad por la observancia de dicho Tratado y de las

recomendaciones contenidas en estos Principios corresponderá a esa organización y a los Estados que participen en ella.

*Principio 9. Responsabilidad e indemnización*

1. De conformidad con el artículo VII del Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, y las disposiciones del Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales<sup>3</sup>, cada Estado que lance un objeto espacial, o que gestione su lanzamiento, y cada Estado desde cuyo territorio o desde cuyas instalaciones se lance un objeto espacial, serán internacionalmente responsables por los daños causados por esos objetos espaciales o sus componentes. Esto se aplica plenamente al caso en que tal objeto espacial lleve a bordo una fuente de energía nuclear. Cuando dos o más Estados lancen conjuntamente un objeto espacial, serán responsables solidariamente por los daños causados, de conformidad con el artículo V del mencionado Convenio.

2. La indemnización que estarán obligados a pagar esos Estados por el daño en virtud del mencionado Convenio se determinará conforme al derecho internacional y a los principios de justicia y equidad, a fin de reparar el daño de manera tal que la persona física o jurídica, el Estado o la organización internacional en cuyo nombre se presente la demanda quede en la misma situación en que habría estado de no haber ocurrido el daño.

3. A los efectos de este principio, la indemnización incluirá el reembolso de los gastos debidamente justificados que se hayan realizado en operaciones de búsqueda, recuperación y limpieza, incluidos los gastos por concepto de asistencia recibida de terceros.

*Principio 10. Arreglo de controversias*

Las controversias que surjan en relación con la aplicación de los presentes Principios serán resueltas mediante negociaciones u otros procedimientos establecidos para el arreglo pacífico de controversias, de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas.

Principio 11. *Examen y revisión*

Los presentes Principios quedarán abiertos a la revisión por la Comisión sobre Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos a más tardar dos años después de su aprobación.

**E. Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo**

*La Asamblea General,*

*Habiendo examinado* el informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos sobre la labor realizada en su 391 período de sesiones y el texto de la Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, que fue aprobado por la Comisión y figura como anexo de su informe<sup>10</sup>,

*Teniendo presentes* las disposiciones pertinentes de la Carta de las Naciones Unidas,

*Recordando* especialmente las disposiciones del 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<sup>1</sup>,

*Recordando asimismo* sus resoluciones pertinentes relativas a las actividades en el espacio ultraterrestre,

*Teniendo presentes* las recomendaciones de la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y de las demás conferencias internacionales pertinentes sobre este tema,

*Reconociendo* el alcance e importancia cada vez mayores de la cooperación internacional entre los Estados y entre los Estados y las organizaciones internacionales en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

*Teniendo en cuenta* la experiencia adquirida en actividades internacionales de cooperación,

*Convencida* de la necesidad y de la importancia de seguir fortaleciendo la cooperación internacional a fin de establecer una colaboración amplia y eficiente en esa esfera en beneficio e interés de todas las partes involucradas,

*Deseosa* de facilitar la aplicación del principio de que la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán realizarse en beneficio e interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad,

*Aprueba* la Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, que figura en el anexo de la presente resolución.

*Anexo. Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo*

1. La cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos (en lo sucesivo “cooperación internacional”) se realizará de conformidad con las disposiciones del derecho internacional, incluidos la Carta de las Naciones Unidas y 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. La cooperación internacional se realizará en beneficio e interés de todos los Estados, sea cual fuere su grado de desarrollo económico, social, científico o técnico, e incumbirá a toda la humanidad. Deberán tenerse en cuenta especialmente las necesidades de los países en desarrollo.

2. Los Estados pueden determinar libremente todos los aspectos de su participación en la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre sobre una base equitativa y mutuamente aceptable. Los aspectos contractuales de esas actividades de cooperación deben ser equitativos y razonables, y deben respetar plenamente los derechos e intereses legítimos de las partes interesadas, como, por ejemplo, los derechos de propiedad intelectual.

3. Todos los Estados, en particular los que tienen la capacidad espacial necesaria y programas de exploración y utilización del espacio ultraterrestre, deben contribuir a promover y fomentar la cooperación internacional sobre una base equitativa y mutuamente aceptable. En este contexto, se debe prestar especial atención a los beneficios y los intereses de los países en desarrollo y los países con programas espaciales incipientes o derivados de la cooperación internacional con países con capacidad espacial más avanzada.

4. La cooperación internacional se debe llevar a cabo según las modalidades que los países interesados consideren más eficaces y adecuadas, incluidas, entre otras, la cooperación gubernamental y no gubernamental; comercial y no comercial; mundial, multilateral, regional o bilateral; y la cooperación internacional entre países de distintos niveles de desarrollo.

5. La cooperación internacional, en la que se deben tener especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, debe tener por objeto la consecución de, entre otros, los siguientes objetivos, habida cuenta de la necesidad de asistencia técnica y de asignación racional y eficiente de recursos financieros y técnicos:

a) Promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología espaciales y de sus aplicaciones;

b) Fomentar el desarrollo de una capacidad espacial pertinente y suficiente en los Estados interesados;

c) Facilitar el intercambio de conocimientos y tecnología entre los Estados, sobre una base mutuamente aceptable.

6. Los organismos nacionales e internacionales, las instituciones de investigación, las organizaciones de ayuda para el desarrollo, los países desarrollados y los países en desarrollo deben considerar la utilización adecuada de las aplicaciones de la tecnología espacial y las posibilidades que ofrece la cooperación internacional para el logro de sus objetivos de desarrollo.

7. Se debe fortalecer la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos en su función, entre otras, de foro para el intercambio de información sobre las actividades nacionales e internacionales en la esfera de la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre.

8. Se debe alentar a todos los Estados a que contribuyan al programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial y a otras iniciativas en la esfera de la cooperación internacional de conformidad con su capacidad espacial y su participación en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre.

#### *9.6. Código de buena conducta espacial* <sup>[17, 20]</sup>

Un Código de Conducta se aprobó en Europa en el año 2006, y que fue respaldado por la Agencia Espacial Europea (ESA) y por las agencias o centros de investigación espacial de Italia (ASI), Reino Unido (BNSC), Francia (CNES) y Alemania (DLR). Rusia, Japón y EEUU también han elaborado directrices sobre el diseño y la seguridad de los artefactos espaciales para evitar la proliferación de escombros.

Sobre esta materia Pons (2012), en infoespacial.com, señala que: El “Código de Buena Conducta para el Conjunto de las Actividades Espaciales” recién aprobado por el Consejo de la Unión Europea refuerza las garantías de utilización pacífica del espacio. Sin embargo, aunque cuenta con el apoyo verbal de la administración Obama (Presidente de los Estados Unidos), ha encontrado el rechazo del Senado de Estados Unidos.

El Código europeo es una iniciativa de Bruselas, que aspira a incrementar las medidas de transparencia entre los países con capacidad de acceso al espacio, busca mejorar la seguridad de las actividades que se llevan a cabo en el espacio exterior y pretende seguir evitando la militarización del cosmos. Elaborado bajo el marco de la política espacial europea, el Código de buena conducta concebido por Bruselas refuerza el Tratado del espacio extra-atmosférico, que se remonta nada menos que a 1967. Al mismo tiempo, pone en marcha medidas de confianza entre los países que ya tienen intereses espaciales y aquellos otros que puedan tenerlos en el futuro, como es el caso de Bolivia, Colombia, Chile, México, Perú o Venezuela.

Una de las novedades que contiene es que obliga a los estados firmantes a desarrollar políticas que reduzcan la posibilidad de generar basura espacial. Para ello, exige a los países y agencias espaciales, por ejemplo, a que establezcan procedimientos para evitar colisiones entre plataformas espaciales. Además, el documento elaborado por Bruselas exige aumentar la seguridad de las reparaciones en órbita de satélites y telescopios espaciales. También hace hincapié en la mejora de las operaciones de atraque de las naves de reabastecimiento logístico de los complejos orbitales, por lo que tiene una directa vinculación con la Estación Espacial Internacional (ISS) y el aprovisionamiento que realiza periódicamente la nave automática de carga europea ATV.

En el marco de la desmilitarización del espacio, el Código exige que los estados y organizaciones espaciales se abstengan de llevar a cabo actos de agresión deliberados, tanto de forma directa como indirecta, que provoquen daños o la destrucción de ingenios espaciales. Las únicas excepciones que se contemplan son las relacionadas con la reducción de los desechos espaciales o con la legítima defensa.

Las críticas norteamericanas a este nuevo código apuntan, según Pons: “En primer lugar, por sumarse a un pacto europeo que va a contar con la adhesión de Rusia y China, sus directos rivales en el espacio, que pueden establecer una alianza en el campo espacial con el beneplácito de Europa, pero en detrimento del poder de Estados Unidos. En segundo término, por admitir actividades espaciales militares solamente por razones imperativas de seguridad”.

### 9.7. Control de la Basura Espacial <sup>[17]</sup>

Los organismos, especialistas y expertos internacionales coinciden que en la actualidad no hay mecanismos legales para controlar el problema, cuyo objetivo central es evitar la proliferación de los fragmentos que dejan las naves siderales en órbita, y reducir al mínimo la existencia de un gran vertedero espacial. Actualmente, el principal organismo internacional para controlar la basura espacial es el IADC (Inter-Agency Debris Coordination Committee), un comité que desde 1993 coordina, desarrolla y fomenta las investigaciones y los trabajos de las agencias espaciales del mundo.

Dentro de las agencias espaciales responsables para manejar, planificar y controlar sus actividades en el espacio, se pueden mencionar las siguientes: Agencia Norteamericana Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), Agencia Espacial Rusa (POCKOMOC), Agencia Espacial Europea (ESA), Administración Espacial Nacional China (CNSA), Agencia de Exploración Espacial Japonesa (JAXA), Agencia Espacial Brasileira (AEB), Agencia Espacial Canadiense (CSA), Agencia Espacial Italiana (ASI), Agencia Espacial de Sudáfrica (SANSA), Agencia Espacial del Reino Unido (BNSC), Agencia Espacial Alemana (DLR), Agencia Espacial de Galicia (HUGELL), Agencia Espacial Mexicana (AEXA), Agencia Espacial de Francia (CNES), entre otras.



Ilustración 24: Logo de las principales Agencias Espaciales Mundiales.

Fuente: [http://misredes.com.ve/v2.0/wp-content/uploads/2016/05/nota\\_10.pdf](http://misredes.com.ve/v2.0/wp-content/uploads/2016/05/nota_10.pdf)



## 10. COLISIÓN DE SATÉLITES <sup>[21]</sup>

El 10 de febrero del 2009, se produce por primera vez en la historia un hecho que causó un gran revuelo. Se trataba del choque directo entre dos satélites, uno ya inactivo de la serie COSMOS (Cosmos 2251) lanzado por Rusia en 1993 y otro de la Constelación IRIDIUM (Iridium 33), activo, dedicado a las comunicaciones tanto telefónicas como de datos.

El impacto se descubrió al perderse la señal del Iridium. Se calculó su posición en su órbita en el momento de perder contacto y además, se comprobó la situación en ese instante de tiempo de otros satélites que tenían que estar cercanos. Resultó que el Cosmos estaba ahí en ese instante. La conclusión lógica fue que ambos satélites habían colisionado. Observaciones de esa región con posterioridad, detectaron restos de los satélites. El hecho no admitía dudas, se había producido un impacto entre los dos satélites a unos 300 km de altura sobre Siberia y a una velocidad de unos 9500 km/h.

Si como hemos dicho, éste es el primer impacto directo entre dos satélites, impactos de satélites con restos de menor tamaño son frecuentes, pues tras la puesta en órbita del primer satélite (Sputnik 1) en 1957, hasta el 2007 inclusive, ha habido 4559 lanzamientos que han puesto en órbita 6601 satélites. De ellos, todavía permanecen en el espacio 3252, de los que 900 están operativos. Así pues, el espacio se ha ido llenando de fragmento de distintos tamaños, que pueden poner en peligro la vida de satélites activos, o de los transbordadores espaciales e incluso de la Estación Espacial. Estos objetos se conocen con el nombre de *basura espacial* (space debris en inglés) y son objeto de enorme preocupación entre las agencias y compañías espaciales que tienen su inversión en el espacio. Muchos de los satélites y basura espacial vuelven a entrar en la atmósfera que por rozamiento los desintegra totalmente o bien parcialmente, en cuyo caso el tamaño del objeto que cae a la superficie terrestre disminuye considerablemente de tamaño.

El objeto más antiguo en órbita es el Vanguard 1, lanzado en 1958, y el trozo más antiguo de basura data de 1959 y corresponde a la fase final del cohete con que se puso en órbita el Vanguard 2R/B. Sin embargo, hay millones de pequeñas partículas que pueden dañar los satélites, por lo que se hace preciso el monitorizarlos, es decir, catalogarlos y calcular sus órbitas permanentemente. Esta tarea la hacen varios centros, en particular el US SPACE COMMAND, que tiene catalogados unos 15.000 objetos de tamaño mayor que 10 centímetros. De ellos el 7% son satélites operativos, el 18% son satélites no operativos,

el 14% son restos de las fases finales de los cohetes y el 41% restante son partículas más reducidas. Hay unos 350,000 objetos de tamaño mayor que un centímetro y unos 500 millones mayores de un milímetro, casi todos en órbitas bajas (a menos de 2.000 km. de altura), aunque también hay gran abundancia en la zona geoestacionaria (aproximadamente a 36.000 km.) donde están localizados los satélites de comunicaciones y meteorológicos.

¿De dónde proceden todos estos objetos? Principalmente de satélites que han explotado. El primer caso conocido se produjo el 20 de junio de 1961, en que explotó la parte final del cohete Transit A4 (precursor de los actuales GPS); se calcula que ha habido unas 200 explosiones de objetos orbitando, de las que aproximadamente el 30% fue intencionadas. En otros casos se deben a un mal funcionamiento de los motores, lo que produce que se dispersen fragmentos del satélite, pero también del carburante que suele ser sólido. Hay también basura espacial por desprendimiento de sensores de satélite, y por descuidos humanos que en sus viajes espaciales han perdido destornilladores e incluso guantes.

Quizás el caso más irresponsable fue el del satélite chino Feng Yun 1C, que fue destruido el 11 de enero de 2007 mediante un misil balístico por el gobierno chino para probar su capacidad balística. El impacto se produjo a elevada altitud, por lo que la labor limpiadora de la atmósfera apenas tiene efecto. En julio de 2007 se habían catalogado más de 3.700 objetos procedentes tan solo de este impacto.

Se hace por tanto necesaria la aplicación de las leyes internacionales del espacio que obligan a que la última maniobra de la vida del satélite lo lleve de nuevo a la atmósfera o bien a una zona llamada de aparcamiento, donde bien evolucione a órbitas elevadas o no pueda interactuar ni dañar a los satélites operativos.

## 11. EFECTOS DE LA BASURA ESPACIAL EN LA TIERRA?

Desecho Orbital trimestral Noticias (ODQN) es una publicación trimestral de la Oficina del Programa de Escombros Orbitales de la NASA. El ODQN publica algunos de los acontecimientos más recientes en la investigación de los desechos orbitales, ofrece noticias de desechos orbitales y las estadísticas, y presenta la revisión de proyectos e informes de reuniones, así como los próximos eventos. Gráficos que ilustran, gráficos, fotografías, dibujos y apoyan los artículos y ofrecer un conocimiento detallado de los temas. Cada número está disponible como un archivo PDF. [22]

- **1997:** impacto en Georgetown, Texas. Parte del cohete Delta II de 225 kg de peso, se estrelló a 50 metros de una granja de Texas. [23]



*Ilustración 25: Parte del cohete Delta II.*

Fuente: <http://www.juventudrebelde.cu/file/img/fotografia/2014/10/40726-fotografia-g.jpg>

- **2001:** un fragmento de un cohete de la familia Delta 2, conocido como PAM–D, hizo su entrada en la atmósfera sobre la región de Oriente Medio. La cubierta del motor de titanio del PAM–D (que pesaba 70 kilogramos) aterrizó en Arabia Saudita a unos 240 kilómetros de la capital, Riad. [23]



*Ilustración 26: Fragmento de un cohete de la familia Delta 2.*

Fuente: <https://www.bgeneral.com/Revista/articulos/2011/2011-09/images/tierra3a.jpg>

- **2004:** Se haya basura espacial en Corrientes (Argentina) de 3 metros de largo por 1,70 de ancho y que pesa cerca de los 70 kilos.<sup>[24]</sup>



*Ilustración 27: Basura espacial en Corrientes (Argentina).*

*Fuente: <http://bucket1.glanacion.com/anexos/fotos/46/268446w280.JPG>*

- **2008:** en la ciudad de Charleville (Australia), en el sureste de Queensland.<sup>[23]</sup>



*Ilustración 28: Basura espacial en Charleville (Australia).*

*Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/-s7v2NIRoQMk/TmgMnimbqI/AAAAAAAAAFs/6nPLmQR1mKo/s1600/It+came+from+outer+space+James+Stirton+surveys+the+lump+of+twisted+metal%252C+which+he+found+on+his+cattle+farm+in+Queensland%252C+Australia.jpg>*

Suining (China) campesinos se reúnen el motor de un cohete chino cayó en su campo.



*Ilustración 29: Suining (China) cae un motor de un cohete.*

*Fuente: [http://www.liberation.fr/planete/2013/06/03/en-chine-attention-aux-chute-de-fusees\\_907888](http://www.liberation.fr/planete/2013/06/03/en-chine-attention-aux-chute-de-fusees_907888)*

- **2010:** Dos objetos no identificados se estrellaron en el suelo cerca de la ciudad Ullan Bator capital de Mongolia. Uno de ellos pesa menos de 10 kg, otro entorno a las 2 toneladas.<sup>[25]</sup>



*Ilustración 30: Basura espacial en la ciudad de Ullan Bator (Mongolia).*

*Fuente: <http://www.ikerjimenez.com/noticias/misteriosos-objetos-se-estrellan-sobre-Mongolia/franja-objetos-mongolia.jpg>*

Restos de la estructura del cohete que transporto la sonda Chang'e II, caída en una aldea de China. [23]



*Ilustración 31: Estructura de cohete.*

*Fuente: <http://www.juventudrebelde.cu/ciencia-tecnica/2014-10-01/basura-espacial-en-casa-fotos/>*

- **2011:** en una aldea remota del norte de Namibia (África), a unos 750 kilómetros de la capital, Windhoek, se encontró una bola de metal de unos 35 centímetros de circunferencia y unos 6 kilos de peso. [26]



*Ilustración 32: Esfera cae en el norte de Namibia (África).*

*Fuente: <http://www.astrociencia.com/wp-content/uploads/2011/12/bola-espacial-namibia.jpg>*

El objeto hallado en un establecimiento rural de Artigas (Uruguay) muestra las huellas del fuego y el impacto habría caído sobre un cerro. [27]



*Ilustración 33: Basura espacial encontrada en Artigas (Uruguay)*

*Fuente: <http://www.diarioelpueblo.com.uy/wp-content/uploads/2011/04/1-213.jpg>*

- **2012:** Resto de cohete en los bosques que hay en la frontera de Rusia con Kazajistán. En esa zona suelen caer muchos restos de basura espacial por el cosmódromo próximo. [28]



*Ilustración 34: Resto de cohete caído entre la frontera de Rusia con Kazajistán.*

*Fuente: [http://statics.cribeo.com/m/b736/68146\\_111289\\_captura-de-pantalla-2015-11-06-a-la-s-12-44-14\\_458\\_257.jpg](http://statics.cribeo.com/m/b736/68146_111289_captura-de-pantalla-2015-11-06-a-la-s-12-44-14_458_257.jpg)*

Se encontró con una bola de metal en Riacho dos Poços – Anapurus (Brasil) que mide aproximadamente 1 metro de diámetro y un peso aproximado de 50 kg. [29]



*Ilustración 35: Bola de metal cae en Brasil.*

*Fuente:* <http://marcianitosverdes.haaan.com/wp-content/uploads/2012/02/Anapurus1.jpg>

Caen en Guangxi (China) restos de un cohete portador de satélites de navegación. [30]



*Ilustración 36: Restos de un cohete en Guangxi (China).*

*Fuente:*  
<http://spanish.peopledaily.com.cn/mediafile/201205/02/F201205021634022706354059.jpg>

- **2013:** Quintana Roo (México), en donde se logró recuperar partes de la nave espacial rusa Soyuz-2-1A. Este pedazo de basura espacial fue encontrado en la playa por unos lugareños en 2013, pero no reportaron su hallazgo hasta el 2016 ante las autoridades, ni a los propios medios de comunicación, por lo que nunca se supo sobre esta pieza de basura espacial en particular.<sup>[31]</sup>



*Ilustración 37: Basura espacial cae en Quintana Roo (México).*

*Fuente: <http://belduque.blogspot.com.es/2016/05/cae-basura-espacial-en-mexico.html>*

- **2014:** chatarra espacial que fue encontrado flotando en un remoto río en el municipio de Salinópolis (Brasil)<sup>[32]</sup>



*Ilustración 38: Chatarra espacial caída en el municipio de Salinópolis (Brasil).*

*Fuente: <http://www.buscandoladolaverdad.com/2014/04/pescador-brasileno-encuentra-restos-de.html#.WVK2Q9yF7IU>*

Basura espacial se estrella en una localidad de China. <sup>[33]</sup>



*Ilustración 39: Basura espacial se estrella en una localidad de China.*

*Fuente: <https://hir.ma/kulfold/szines-hirek/kinaban-ismeretlen-objektumok-zuhantak-le/377947>*

- **2015:** esferas caídas en Calasparra (España), tienen unos 2 metros de diámetro y pesan entre 15 y 20 kilos. <sup>[34]</sup>



*Ilustración 40: Esferas caídas en Calasparra (España).*

*Fuente: <http://www.laopiniondemurcia.es/municipios/2015/11/08/descubren-bola-espacial-cerca-cayo/690680.html#!kalooga-14122/~%22Guardia%20Civil%22%20~Calasparra%5E0.75>*

Esfera caída en Mula (España), de unos 80 centímetros de diámetro. <sup>[35]</sup>



*Ilustración 41: Esfera caída en Mula (España).*

*Fuente:*

*[http://www.laopiniondemurcia.es/elementosWeb/gestionCajas/OMU/Image/abc\\_29.jpg](http://www.laopiniondemurcia.es/elementosWeb/gestionCajas/OMU/Image/abc_29.jpg)*

Pozorrubio de Santiago (Cuenca) halló un objeto metálico no identificado, de un peso aproximado de 20 kilogramos, en una parcela de cereal situada a unos tres kilómetros de la localidad. <sup>[36]</sup>



*Ilustración 42: Objeto metálico localizado en Pozorrubio de Santiago (Cuenca).*

*Fuente: <http://i.promecal.es/IMG/2015/1A3981E6-001C-E522-AB9F5A330D727615.JPG>*

Aparecen los restos de un cohete espacial estadounidense en la costa sur de Inglaterra. [37]



*Ilustración 43: Cohete espacial.*

*Fuente:*

[https://ichef.bbci.co.uk/news/ws/660/amz/worldservice/live/assets/images/2015/11/27/151127182255\\_sp\\_rocket\\_debris\\_2\\_624x351\\_agenciamartimaydeguardacostas\\_nocredit.jpg](https://ichef.bbci.co.uk/news/ws/660/amz/worldservice/live/assets/images/2015/11/27/151127182255_sp_rocket_debris_2_624x351_agenciamartimaydeguardacostas_nocredit.jpg)

- **2016:** en Hallín (España), este depósito de 80 centímetros de diámetro y 10 kilos de peso se encontraba recubierto de un material aislante. [38]



*Ilustración 44: Basura espacial caída en Hallín (España).*

*Fuente:* [http://img.europapress.net/fotoweb/fotonoticia\\_20160309105831\\_1280.jpg](http://img.europapress.net/fotoweb/fotonoticia_20160309105831_1280.jpg)

En Vietnam se inició una investigación para intentar explicar el misterio de las “bolas espaciales” que cayeron en zonas del país. El ejército local afirmó que algunas de ellas pesaron 45 kilos y midieron unos 80 centímetros de diámetros. [39]



*Ilustración 45: Bolas espaciales caídas en Vietnam.*

*Fuente: <http://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2016/01/08/767477/Ejercito-vietnamita-investiga-la-procedencia-de-misteriosas-bolas-espaciales.html>*

Un gran objeto de metal ha caído del cielo en un área minera en el norte de Myanmar. Los restos, de forma cilíndrica, miden 4,5 metros de largo y 1,2 de ancho y cayeron en un terreno propiedad de la compañía de minería de jade en el pueblo de Hpakant. [40]



*Ilustración 46: Gran objeto de metal caída al norte de Myanmar.*

*Fuente: [http://ep01.epimg.net/elpais/imagenes/2016/11/11/ciencia/1478870358\\_154886\\_1478875466\\_noticia\\_normal.jpg](http://ep01.epimg.net/elpais/imagenes/2016/11/11/ciencia/1478870358_154886_1478875466_noticia_normal.jpg)*

Un enorme pedazo de escombros del cohete se estrelló en el techo de una casa en Hongjun cerca de la ciudad de Ankang, en la provincia China de Shaanxi. [28]



*Ilustración 47: Cohete se estrella en una casa en Hongjun.*

*Fuente: <http://www.lanueva.com/sociedad/828177/china--parte-de-un-cohete-espacial-cayo-en-una-casa-y-perforo-el-techo.html>*

## 12. ESPACIO LIMPIO, RECUPERACIÓN Y/O ELIMINACIÓN DE LA BASURA ESPACIAL

La mayoría de las agencias y centros espaciales han venido estudiando técnicas sobre las posibilidades de recuperar y/o eliminar la basura espacial dispersa en zona sideral, y son muchos los proyectos en vías de desarrollo para tales fines, y cuyos resultados favorables podrían permitir evitar, en cierta forma, que el síndrome Kessler o cascada de ablación (efecto dominó) siga incrementándose; por igual permitiría reducir -minimizar- la cantidad de satélites, naves, cohetes, cápsulas, módulos, entre otros equipos espaciales dañados, fragmentados, explotados y averiados, y lograr así recuperar materiales, piezas u otros objetos o fragmentos que se encuentran en órbita, e incluso brindarle su cuidado y mantenimiento. Entre estos avances de algunos países de carrera espacial destacan los siguientes: <sup>[17]</sup>

- Alemania: Una solución es el proyecto alemán DEOS (Deutsche Orbitale Servicing Mission), que consiste en un satélite pequeño capaz de capturar, reparar y recargar de combustible otros satélites fuera de servicio. DEOS incorporaría un brazo robot para agarrarse y, o bien reparar el satélite objetivo (denominado “cliente”) si fuera necesario, o bien deorbitarlo. El programa planea lanzar un satélite activo y otro pasivo que simularía ser un vehículo fuera de servicio para demostrar las tecnologías asociadas. DEOS está siendo desarrollado por la agencia espacial alemana (DLR) y la empresa Astrium. Se espera que un prototipo formado por un satélite activo y uno pasivo pueda despegar en 2018. <sup>[41]</sup>

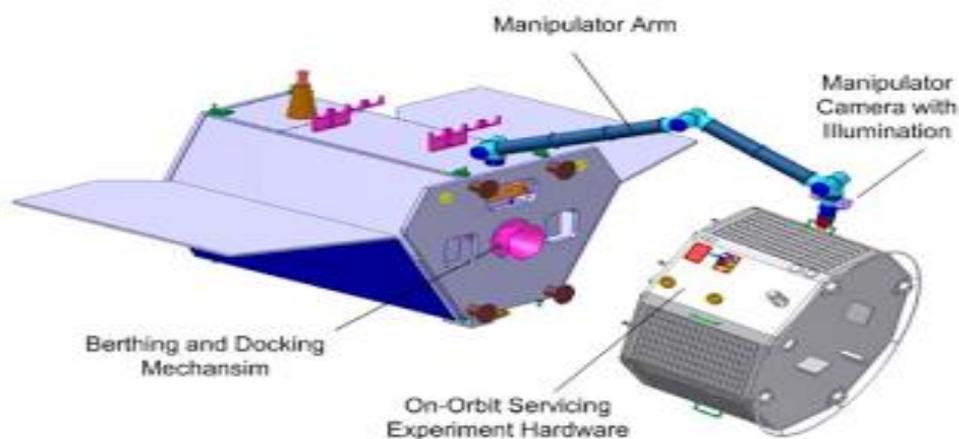


Ilustración 48: Proyecto alemán DEOS.

Fuente: <http://danielmarin.naukas.com/2013/02/24/limpiando-el-espacio-remolcadores-contra-la-chatarra-espacial/>

- Francia: está desarrollando el programa X-OTV, un demostrador tecnológico de pequeño tamaño para crear las tecnologías asociadas con la captura y deorbitado de satélites fuera de servicio. Si la misión X-OTV sale adelante, el CNES francés planea lanzar el Y-OTV, una misión plenamente funcional que podría retirar algún satélite europeo fuera de servicio como el Envisat o alguna etapa superior del cohete Ariane. El OTV operativo estaría basado en la nave de carga ATV de la ISS y tendría una masa de 17 toneladas y unas dimensiones de 4,5x 6 metros. Poseería un brazo robot en un extremo y sería capaz de sacar fuera de la órbita múltiples objetivos, para lo cual llevaría una gran cantidad de combustible. [41]



Ilustración 49: El programa X-OTV.

Fuente: <http://danielmarin.naukas.com/2013/02/24/limpiando-el-espacio-remolcadores-contra-la-chatarra-espacial/>

- Canadá: la nave SIS (Space Infrastructure Servicing), desarrollada por la empresa canadiense MacDonald Dettwiler. SIS pretende recargar de combustible los satélites de comunicaciones en GEO para poder alargar su vida útil. No se trata de un programa para retirar la basura espacial propiamente dicho, pero si podemos prolongar el funcionamiento de los satélites de comunicaciones en GEO obviamente se necesitarán menos lanzamientos en el futuro. [41]



Ilustración 50: La nave SIS.

Fuente: <http://danielmarin.naukas.com/2013/02/24/limpiando-el-espacio-remolcadores-contra-la-chatarra-espacial/>

- Estados Unidos: el programa Phoenix de la agencia militar estadounidense DARPA. Esta curiosa iniciativa de reciclaje espacial pasa por usar los elementos de antiguos satélites situados en GEO de una forma muy ingeniosa. Una flota de pequeños satélites o *satlets* podría acoplarse a antiguos satélites no operativos para aprovechar sus antenas y otros sistemas con el fin de crear un nuevo aparato totalmente operativo con fines civiles o militares. DARPA pretende realizar una primera misión de prueba en 2015. Como otros proyectos de DARPA, se trata de un concepto que bordea la ciencia ficción, pero obviamente es sumamente interesante. Por supuesto, este programa tiene una aplicación un tanto más oscura y es que podría ser usado para inspeccionar y/o inhabilitar satélites enemigos, algo así como un proyecto Prowler 2.0. [41]

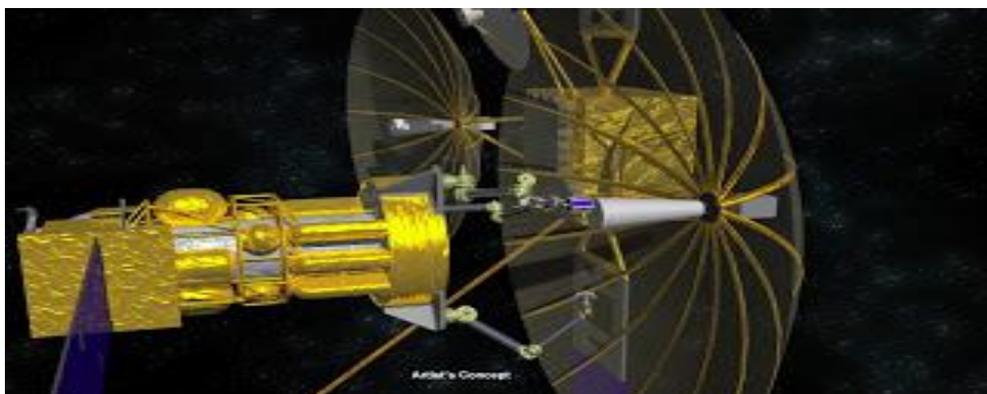


Ilustración 51: El programa Phoenix de la agencia militar estadounidense DARPA.

Fuente: <http://danielmarin.naukas.com/2013/02/24/limpiando-el-espacio-remolcadores-contra-la-chatarra-espacial/>

- Rusia: la empresa NPO Lávochkin. Esta empresa sugiere usar la plataforma multiuso Flagman o MKTM (Многоцелевой Космический Транспортный Модуль) como sistema para reducir la chatarra espacial. Flagman es básicamente una plataforma Navigator -probada con éxito en satélites como el Elektro-L o el Spektr-R- unida a una etapa superior Fregat. Flagman debutó el año pasado de forma poco brillante en la misión Fobos-Grunt, pero Lávochkin considera que los problemas de esta plataforma ya han sido superados (aunque todavía no se han identificado las causas de la pérdida de esta sonda al 100%). El remolcador orbital Flagman viene en tres variantes: Flagman a secas, (para órbitas altas), Flagman-M (para la órbita baja y sin etapa Fregat) y Flagman-SB (con una etapa Fregat-SB dotada de tanques de combustible adicionales para la órbita geoestacionaria). [41]



Ilustración 52: Detalle de la plataforma Flagman (NPO Lávochkin).

Fuente: <http://danielmarin.naukas.com/2013/02/24/limpiando-el-espacio-remolcadores-contra-la-chatarra-espacial/>

- La Agencia Espacial Europea (ESA): El sistema del arpón ya ha sido sometido a un primer análisis por Airbus Defensa y Espacio en Stevenage (Reino Unido), informa la ESA en un comunicado. Los arpones necesitan realizar tres acciones físicas independientes para garantizar una captura limpia y segura: impactar con alta energía contra el objetivo, perforar su estructura y recoger el cabo para acercarlo a la nave nodriza.

Durante los estudios preliminares se disparó un prototipo de arpón contra la maqueta de un satélite para evaluar su capacidad de perforación, la resistencia mientras cobraba el cabo y la generación de fragmentos adicionales que pudieran poner en peligro al satélite e.DeOrbit. La ESA tiene previsto desarrollar un prototipo completo de este sistema para realizar nuevos ensayos que permitirán incorporar el concepto a la misión. [42]

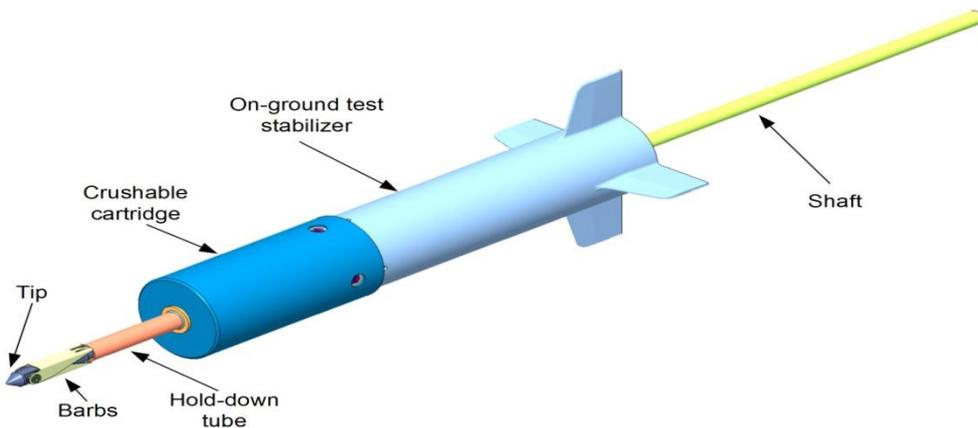
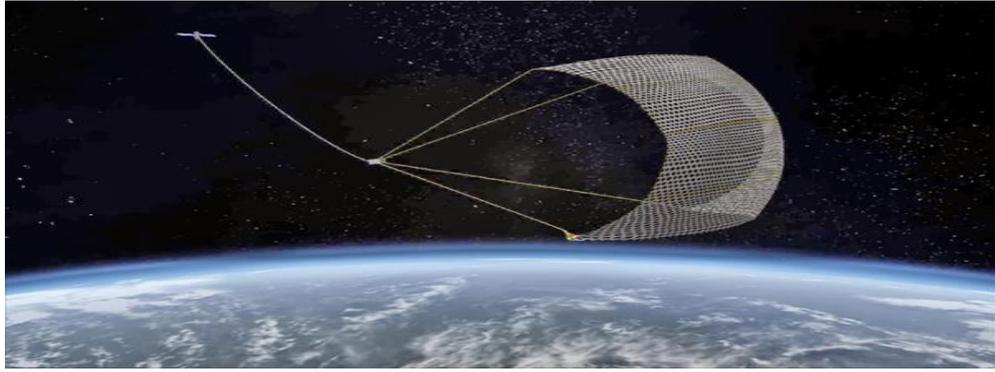


Ilustración 53: Arpón de la ESA.

Fuente: [http://www.tendencias21.net/La-ESA-quiere-usar-un-arpón-para-recuperar-la-basura-espacial\\_a35059.html](http://www.tendencias21.net/La-ESA-quiere-usar-un-arpón-para-recuperar-la-basura-espacial_a35059.html)

- Japón: La Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y Nitto Seimo Co, una empresa que fabrica redes de pesca, desarrollaron una red espacial que mide un kilómetro de largo y 30 centímetros de ancho. La tarea de esa 'red magnética' es despejar la órbita de la Tierra de unos 100 millones de piezas de basura que flotan ahí.

Esta inusual red está hecha de tres capas fuertes y flexibles de fibra de metal. Se probará por primera vez en la órbita este mes de febrero. Durante la primera fase de 'pesca' de la basura, el campo magnético de la red recolectará los escombros justo encima de la atmósfera. [43]



*Ilustración 54: La agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA).*

*Fuente: <http://www.applelianos.com/wp-content/uploads/2016/03/japon-plan-basura-espacial-1-300x169.jpg>*

- China: buscan por medio de equipos de alta tecnología recuperar las chatarras espaciales y ponen a disposición del mundo terrestre un libro blanco que confirma las ambiciones espaciales de China y levanta el velo sobre sus proyectos de futuro en el campo de los vuelos espaciales tripulados en particular. <sup>[17]</sup>
- Suiza: este satélite de limpieza espacial desarrollado por la Escuela Politécnica Federal de Lausanne (Suiza) y llamado proyecto Clean Space One, que pretende capturar con una red cónica al pequeño satélite SwissCube, para después destruirlo en la atmósfera de la Tierra.

Está provisto de cámaras que detectan los restos de forma autónoma. Una vez hecho esto podría maniobrar con ellos o lanzarlos hacia la Tierra para que se desintegren. La compañía anunció que invertirá 10 millones de libras en el proyecto. Sus creadores esperan poder poner el primer CleanSpace One en órbita hacia 2018. <sup>[44]</sup>



*Ilustración 55: El pequeño satélite SwissCube.*

*Fuente: [https://i.blogs.es/de7054/article-2429933-1831c9c900000578-797\\_634x473/650\\_1200.jpg](https://i.blogs.es/de7054/article-2429933-1831c9c900000578-797_634x473/650_1200.jpg)*

- La empresa Astroscale, con sede en Singapur, prevé lanzar su primer satélite con el fin de "demostrar nuestras tecnologías clave para futuras misiones" y con la intención de establecer un servicio de limpieza en 2020, explicó la compañía en su centro de desarrollo y producción en Tokio, según consignó EFE.

El sistema ideado por el empresario y fundador de Astroscale, el japonés Nobu Okada, consiste en un satélite bautizado como "madre", que contiene seis dispositivos de retiro de escombros, llamados "niños", que recolectan fragmentos gracias a un adhesivo especial.

Una vez recolectado un volumen de desechos determinado, que se fijan a los dispositivos magnéticamente, los "niños" entran en la atmósfera terrestre y se desintegran junto con ellos. <sup>[44]</sup>

La mayoría de los estudios e investigaciones realizadas hasta ahora apuntan, que si bien es cierto se debe reducir o minimizar la exagerada producción y/o generación de chatarras orbitales, desperdicios siderales o basura espacial, la actual debe ser recuperada y/o eliminada. Así, los grandes proyectos y retos inmediatos de las Agencias Espaciales y sus diversos Centros, Oficinas y Laboratorios, se encuentran actualmente en una constante lucha por cumplir dos (2) grandes objetivos que se deben llevar a cabo para lograr el éxito dicho proceso: (1) la mitigación de la proliferación de la basura espacial (evitar crear basura espacial nueva) y (2) la eliminación de la basura espacial ya existente. <sup>[17]</sup>

### **1.- En El Primer Caso, la Mitigación de la Proliferación de la Basura Espacial**

<sup>[17]</sup>: el IADC asesora directamente a la ONU a través de su comité para el uso pacífico del espacio exterior (United Nations Committee on the Peaceful Uses of OuterSpace, UN-CUPOUS) que de esta manera ha publicado diversas guías para mitigar la proliferación de basura espacial y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio. Estas guías están destinadas principalmente a que:

- se evite que se liberen piezas de los satélites,
- se minimice el riesgo de explosiones en el espacio,
- se analice y limite el riesgo de colisión de la misión con otros objetos,

- se estudie la manera de eliminar la misión al final de su vida útil (recuperación directa, reentrada en menos de 25 años o llevar a una órbita cementerio fuera de las zonas orbitales de mayor interés).

**2.- En El Segundo Caso, la Eliminación de la Basura Espacial ya Existente**<sup>[17]</sup>: Tanto la NASA como la ESA, han hecho numerosos estudios para predecir la población y el riesgo de colisión futura y se ha visto que eliminando unos 5 objetos de gran tamaño (1000 -3000kg) de las zonas críticas de riesgo se puede estabilizar esa probabilidad de colisión. Pero ésta es una tarea complicada, ya que nos encontramos con varios problemas, tanto políticos como económicos y legales.

**Problemas políticos.** Pocos países tienen capacidad de hacerlo (EE.UU., Rusia, China, Europa) y hay suspicacias de que el desarrollo de tecnologías de este tipo pueda ser usadas para eliminar misiones operacionales de potenciales enemigos. En el fondo, estas tecnologías pueden convertirse en precursores de armas espaciales “anti-satélite”. Esto nos rememora la “guerra de las galaxias” que tan de moda estaba durante los últimos años de la guerra fría entre EE.UU. y la URSS. Este tipo de suspicacias se han acrecentado últimamente debido a los numerosos fallos de lanzamientos rusos durante el año 2011 (GLONASS, Molniya, Phobos-Grunt).

**Problemas económicos.** Es muy caro desarrollar tecnologías para eliminar esta basura espacial y no es algo para lo que se ven beneficios a corto plazo. Los votantes ven las carreteras, pero no ven lo que sucede en el espacio y es difícil que sean conscientes los beneficios que la explotación del entorno espacial tiene para nuestra sociedad.

**Problemas legales.** Es muy difícil legislar en un entorno que es de todos y no es de nadie. No hay soberanías definidas en el espacio exterior.

Debido a todos estos problemas, no hay actualmente misiones operativas de eliminación de basura espacial ni ha habido verdaderos intentos serios para conseguirlo, pero sí que se están desarrollando muchos conceptos para conseguir “empujar” un satélite no-operativo a una región menos peligrosa y hacia su re-entrada en la tierra:

- Cables electrodinámicos;
- Velas solares;
- Dispositivos de aumento de la resistencia atmosférica;

- Satélites que se acoplen a estos objetos y los “empujen”;
- Satélites “pastores” que enciendan un motor y dirijan el chorro al objeto para “empujarlo”;
- Láseres en tierra o en el espacio (ablación del material que dé empuje) para objetos pequeños;
- Grandes “caza-mariposas” que atrapen pequeños objetos;



### **13. CONCLUSIONES**

Los satélites son importante y necesarios por sus funciones: astronómicos, científicos, navegación, comunicación, etc...A raíz de éstas, cada vez son más los satélites artificiales que llegado a su fin, no abandonan el espacio de inmediato, quedando acumulados en tres bandas de altitud: LEO (satélites de reconocimiento, observación de la Tierra), MEO (navegación global) y la GEO (alberga la gran mayoría de los satélites y de telecomunicaciones).

A mayor altura que se encuentre el satélite, menor es el rozamiento con las capas altas de la atmosfera, por tanto, el tiempo que tarda el satélite en perder altura y caer a causa de la fricción, es mayor. Es decir, un objeto puede estar en órbita años, décadas y hasta siglos. Como consecuencia, el aumento de la “basura espacial” puede dejar inservible las bandas y causar graves problemas.

Por todo ello, tenemos que garantizar el acceso seguro, sustentable y sostenible del uso del espacio ultraterrestre, para evitar las consecuencias en la Tierra. La mitigación de los desechos espaciales se encuentra en el centro de las iniciativas que se han tomado a nivel internacional durante los últimos dos años, y es la base para la remediación para garantizar el futuro de la exploración del espacio y la ayuda al mejoramiento de la vida humana.



## 14. BIBLIOGRAFIA

1. Real Academia Española:  
<http://dle.rae.es/srv/fetch?id=XKhtxMH#CP97Qiv>
2. Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Basura\\_espacial](https://es.wikipedia.org/wiki/Basura_espacial)
3. Benveniste, E.R | Cubino, Oscar. Microondas y recepción satelital. Editorial Hispano Americana (Tema 5)
4. Digital mantenimientos:  
<http://www.digitalmantenimientos.com/servicios/antenas-parabolicas/la-historia-de-los-satelites-de-telecomunicaciones/>
5. Documento en PDF:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/peredo\\_a\\_s/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo2.pdf)
6. GeoEnciclopedia: <http://www.geoenciclopedia.com/satelites-artificiales/>
7. Documento PDF: <http://cursa.ihmc.us/rid=1QNM8DVRZ-242X98S-2SG5/satelites.pdf>
8. Documento PDF: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-3-GPS-Reuter.PDF>
9. Tipos de satélites artificiales: <http://www.tipos.co/tipos-de-satelites-artificiales/>
10. Presentación Satélites Artificiales:  
<http://www.slideboom.com/presentations/603898/Sat%C3%A9lites-Artificiales>
11. Órbitas principales: <http://curioseantes.blogspot.com.es/2015/10/leo-meo-geo-heo-y-sso.html>
12. Wikipedia:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita\\_geoc%C3%A9ntrica](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93rbita_geoc%C3%A9ntrica)
13. Universidad del Perú:  
<https://www.universidadvirtualdelperu.edu.pe/unit/historia-de-las-comunicaciones-satelitales/>
14. Documento en PDF:  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78948/Memoria.pdf>
15. Ángel Corbasí Ortín. Sistemas de navegación. Editorial: Mc Graw Hill
16. Tipos de Basura Espacial: <http://esc-org.tripod.com/tipos/tipos.html>
17. Los Deschos Espaciales. Documento PDF: [http://misredes.com.ve/v2.0/wp-content/uploads/2016/05/nota\\_10.pdf](http://misredes.com.ve/v2.0/wp-content/uploads/2016/05/nota_10.pdf)

18. Directrices para la reducción de desechos espaciales de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos:  
<http://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf>
19. Tratado y Principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre. Documento PDF:  
<http://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>
20. Código espacial europeo:  
<http://www.infoespacial.com/mundo/2012/03/31/noticia-el-nuevo-codigo-espacial-europeo-de-buenas-practicas-provoca-las-criticas-del-senado-norteamericano.html>
21. Colisión de satélites:  
[http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/idear/colision-satelites-espacio\\_478382.html](http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/idear/colision-satelites-espacio_478382.html)
22. Oficina del programa de desechos orbitales:  
<https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/newsletter.html/>
23. Basura espacial: <http://www.juventudrebelde.cu/ciencia-tecnica/2014-10-01/basura-espacial-en-casa-fotos/>
24. Artefacto espacial: <http://www.geocities.ws/nottas203/19eneovni.html>
25. Chatarra espacial: <http://marcianitosverdes.haaan.com/2010/02/chatarra-espacial-el-roswell-de-mongolia/>
26. Esfera cae del espacio:  
<http://www.astrociencia.com/page/8?s=cr%C3%A1ter>
27. Chatarra espacial: <http://www.diarioelpueblo.com.uy/generales/la-chatarra-espacial-habia-caido-en-campo-de-artigas.html>
28. Basura espacial que cayó en la Tierra:  
<http://cribeo.lavanguardia.com/geek/8975/7-ocasiones-que-basura-espacial-cayo-en-la-tierra-como-en-murcia-y-la-gente-creyo-que-eran-ovnis/mejores>
29. Objeto cae en el pueblo Riacho dos Poços:  
<http://marcianitosverdes.haaan.com/2012/02/ovni-boludo-en-anapurus/>
30. Restos de un cohete: <http://spanish.peopledaily.com.cn/31616/7805486.html>
31. Cae basura espacial en México:  
<http://belduque.blogspot.com.es/2016/05/cae-basura-espacial-en-mexico.html>
32. Chatarra espacial:  
<http://www.buscandoladolaverdad.com/2014/04/pescador-brasileno-encuentra-restos-de.html#.WVK2Q9yF7IU>

33. Basura en China: <https://hir.ma/kulfold/szines-hirek/kinaban-ismeretlen-objektumok-zuhantak-le/377947>
34. Basura espacial caída en España: <http://www.laopiniondemurcia.es/municipios/2015/11/08/descubren-bola-espacial-cerca-cayo/690680.html>
35. Chatarra espacial caída en España: <http://www.20minutos.es/noticia/2599893/0/cae/segundo-objeto-espacial/calasparra-murcia/>
36. Objeto caído en Cuenca: <http://www.latribunadecuenca.es/noticia/Z178B8A4C-E5E8-B2FD-57F8E998AC948707/20151114/agricultor/halla/pozorrubio/santiago/objeto/20/kilos/podria/ser/basura/espacial>
37. Cohete estadounidense: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151127\\_eeuu\\_cohete\\_restos\\_i\\_nglaterra\\_ep](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151127_eeuu_cohete_restos_i_nglaterra_ep)
38. Basura espacial en Hallín: <http://www.europapress.es/castilla-lamanca/noticia-hallan-fragmento-aeroespacial-hellin-albacete-20160309105831.html>
39. Bolas espaciales en Vietnam: <http://www.24horas.cl/internacional/ejercito-de-vietnam-abre-investigacion-por-el-misterio-de-las-bolas-espaciales-1894278>
40. Gran objeto caído en un área minera: [http://elpais.com/elpais/2016/11/11/ciencia/1478870358\\_154886.html](http://elpais.com/elpais/2016/11/11/ciencia/1478870358_154886.html)
41. Limpiando el espacio: <http://danielmarin.naukas.com/2013/02/24/limpiando-el-espacio-remolcadores-contr-la-chatarra-espacial/>
42. Arpón de la ESA: [http://www.tendencias21.net/La-ESA-quiere-usar-un-aron-para-recuperar-la-basura-espacial\\_a35059.html](http://www.tendencias21.net/La-ESA-quiere-usar-un-aron-para-recuperar-la-basura-espacial_a35059.html)
43. La agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA): <https://actualidad.rt.com/ciencias/view/117047-japon-basura-espacial-red-magnetica-pesca>
44. Suiza: <https://www.xatakaciencia.com/astronomia/suiza-desarrolla-un-satelite-de-limpieza-para-recoger-basura-espacial>
45. El primer sistema de limpieza de basura espacial con adhesivos: <http://www.telam.com.ar/notas/201704/186235-lanzaran-el-primer-sistema-de-limpieza-de-basura-espaciales.html>
46. Motor de un cohete: [http://www.liberation.fr/planete/2013/06/03/en-chine-attention-aux-chute-de-fusees\\_907888](http://www.liberation.fr/planete/2013/06/03/en-chine-attention-aux-chute-de-fusees_907888)

