



Asamblea General

Distr. general
14 de noviembre de 2014
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio

Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos

52º período de sesiones

Viena, 2 a 13 de febrero de 2015

Tema 7 del programa provisional*

Desechos espaciales

Investigaciones nacionales sobre la cuestión de los desechos espaciales, la seguridad de los objetos espaciales con fuentes de energía nuclear a bordo y los problemas relativos a la colisión de esos objetos con los desechos espaciales

Nota de la Secretaría

I. Introducción

1. En su resolución 69/85, la Asamblea General expresó su profunda preocupación por la fragilidad del entorno espacial y los problemas de la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre, en particular el impacto de los desechos espaciales, que preocupaba a todas las naciones. Consideró indispensable que los Estados prestaran más atención al problema de las colisiones de objetos espaciales, especialmente los que utilizaban fuentes de energía nuclear, con desechos espaciales, y a otros aspectos de la cuestión de esos desechos, y pidió que continuaran las investigaciones nacionales sobre esa cuestión, que se mejorara la tecnología para la vigilancia de los desechos espaciales y que se recopilara y difundiera información sobre ese tema. La Asamblea consideró también que, en la medida de lo posible, se debería proporcionar información a ese respecto a la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos y convino en que se precisaba la cooperación internacional para divulgar estrategias apropiadas y asequibles a fin de reducir al mínimo los efectos de los desechos espaciales en futuras misiones al espacio.

* A/AC.105/C.1/L.341.



2. En su 51° período de sesiones, la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos convino en que prosiguieran las investigaciones sobre los desechos espaciales y en que los Estados Miembros pusieran los resultados de esas investigaciones, incluida información sobre las prácticas que hubieran resultado eficaces para reducir al mínimo la generación de desechos espaciales, a disposición de todos los interesados (A/AC.105/1065, párr. 103). La Subcomisión convino también en que se invitara a los Estados Miembros y a las organizaciones internacionales reconocidas como observadores permanentes por la Comisión a presentar informes acerca de las investigaciones sobre los desechos espaciales, la seguridad de los objetos espaciales con fuentes de energía nuclear a bordo, los problemas relativos a la colisión de estos con desechos espaciales y el modo en que se estaban aplicando las directrices para la reducción de los desechos espaciales (A/AC.105/1065, párr.104), y conforme a ello, en una nota verbal de fecha 31 de julio de 2014 se invitó a que se presentaran esos informes, a más tardar el 20 de octubre de 2014, para que su contenido pudiera someterse al examen de la Subcomisión en su 52° período de sesiones.

3. El presente documento fue redactado por la Secretaría sobre la base de la información recibida de tres Estados Miembros (Alemania, Austria y Suiza), y de igual número de organizaciones no gubernamentales reconocidas como observadores permanentes por la Comisión (Consejo Consultivo de la Generación Espacial, Comité de Investigaciones Espaciales (COSPAR) y Fundación Mundo Seguro (SWF)). En un documento de sesión, que se distribuirá durante el 52° período de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos, se publicará información proporcionada por el Consejo Consultivo que comprende ilustraciones y cifras relacionadas con los desechos espaciales.

II. Respuestas recibidas de los Estados Miembros

Alemania

[Original: inglés]
[27 de octubre de 2014]

En Alemania se realizan actividades de investigación sobre asuntos relativos a los desechos espaciales en todos los ámbitos pertinentes, como la modelización del entorno de los desechos espaciales, la observación de estos, estudios de los efectos de los impactos a hipervelocidad en los vehículos espaciales y la protección de los sistemas espaciales del impacto de micrometeoroides y desechos espaciales. Los expertos alemanes participan activamente en foros internacionales dedicados a la investigación de los desechos espaciales como el Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales (IADC), y en actividades internacionales de normalización en el ámbito de la reducción de los desechos espaciales.

Todos los proyectos espaciales que auspicia la Administración Espacial del Centro Aeroespacial Alemán (DLR), deben cumplir los requisitos en materia de reducción de los desechos espaciales que forman parte de las normas de garantía de la calidad y la seguridad de los productos resultantes de esos proyectos. Con esos requisitos se garantiza el cumplimiento de las medidas de reducción

internacionalmente reconocidas, como las previstas en las Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales elaboradas por el IADC y las elaboradas por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos. Los objetivos generales son limitar la creación de nuevos desechos espaciales y con ello el riesgo para las misiones espaciales en curso y futuras, así como para la vida humana. Para garantizar el cumplimiento de esos objetivos se debería evaluar oficialmente la labor de reducción de los desechos espaciales y, además, se deberían adoptar otras medidas relacionadas específicamente con el diseño de los vehículos espaciales -entre otras cosas, para prevenir la liberación de objetos durante una misión, la fragmentación, las averías y las colisiones en órbita-, así como medidas relativas a la pasivación, la eliminación al término de la vida útil y la seguridad del reingreso en la atmósfera.

En el Centro Alemán de Operaciones Espaciales se ha realizado una labor de desarrollo para mejorar el sistema de evitación de colisiones utilizado en las misiones alemanas de satélites civiles, y se dispone de varios instrumentos que ayudan a evaluar y analizar los casos críticos de posibles colisiones. A finales de 2013 se amplió el umbral de detección de la constelación de satélites TerraSAR-X/Tandem-X, lo que se reflejó en no menos de 10 advertencias diarias. Desde agosto de 2013 se han analizado 189 fenómenos críticos correspondientes a esos dos satélites y se han realizado cuatro maniobras de evitación de colisiones.

El Instituto de Física Técnica del DLR instaló con fines científicos una estación de observación óptica de los desechos espaciales. Dicha estación cuenta con un telescopio Dall-Kirkham de 17 pulgadas y varios sistemas de cámaras avanzados. Desde 2013 es posible vigilar pasivamente por medios ópticos varios objetos en órbita terrestre baja de apenas 0,1 m de tamaño. El análisis de las imágenes de trayectorias detectadas ópticamente, en particular las de objetos sin catalogar, permite deducir las órbitas iniciales para su rastreo preciso. En la modalidad de rastreo continuo, se alcanza una precisión en ciclo cerrado con un margen de error de 2 pulgadas. Se está instalando un sistema de telemetría láser por tiempo de vuelo. Ese sistema, unido al de rastreo óptico pasivo, permitirá el rastreo tridimensional de objetos orbitales durante su paso por la estación, con un margen de error de pocos metros.

Se está trabajando para perfeccionar una red de estaciones ópticas, establecida por el Centro Alemán de Operaciones Espaciales en estrecha cooperación con el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna (Suiza). Se prevé utilizarla para la vigilancia continua del anillo geoestacionario, y sus telescopios se manejan mediante telerrobótica. Los datos captados permitirán rastrear y predecir la órbita de objetos geoestacionarios de tamaño superior a unos 50 cm. Se eligió como emplazamiento del primer telescopio, que se instalará en 2015, el Observatorio de Sutherland (Sudáfrica). Se realizó satisfactoriamente una campaña de ensayos iniciales, cuyos resultados fueron mejores de lo previsto.

El objetivo de otro proyecto planificado es establecer un nodo europeo de la Red de Telescopios Falcon (FTN, por sus siglas en inglés). Mediante él se prevé dar a las instituciones académicas la posibilidad de participar en experimentos científicos auténticos, prácticos e importantes. Se considera que de ese modo se motivaría a los estudiantes para dedicarse a las ciencias, mediante diversos proyectos e iniciativas en que se emplearían los recursos extraordinarios de la Red, así como para realizar investigaciones relativas al conocimiento de la situación en el

medio espacial y mejorar los catálogos en ese ámbito. La Red de Telescopios Falcon es una red mundial de telescopios de pequeña apertura creada por el Centro de Investigación para el Conocimiento del Medio Espacial del Departamento de Física de la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, en colaboración con asociados del sector de la enseñanza. Comparten la Red asociados de universidades estadounidenses y de otros países, que la utilizan para impartir conocimientos a estudiantes de pregrado en esferas como la investigación en materia de conocimiento del medio espacial y astronomía, así como de proyección hacia la comunidad en los ámbitos de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

A fin de crear la capacidad de vigilar el espacio de manera autónoma, todo país debe tener la capacidad básica de utilizar datos de sensores, por ejemplo para establecer un catálogo de objetos espaciales. Como medida inicial, se está preparando un proyecto orientado a elaborar y utilizar tecnologías clave para catalogar los desechos espaciales. Se instalará un sensor simulado, que producirá supuestos datos de mediciones. Esos datos permitirán seguir perfeccionando funciones clave como la correlación de los objetos, la determinación de la órbita y la creación de una base de datos de los objetos. Se están investigando métodos complementarios para determinar las órbitas y observar su propagación, a fin de contar con mecanismos rápidos y exactos en la cadena de procesos de un sistema simulado de vigilancia del espacio.

En el Instituto Fraunhofer de Dinámica de Alta Velocidad prosiguen las investigaciones para mejorar la caracterización experimental de un nuevo sistema de cañones de gas liviano. Ese sistema puede impartir hipervelocidad a partículas de entre 100 μm y 2 mm. Su finalidad es acelerarlas hasta velocidades de impacto superiores a las que pueden alcanzar los cañones normales de gas liviano, y reducir al mismo tiempo su propio desgaste. De ese modo se mejorarán los resultados de las pruebas experimentales en laboratorio del efecto de los impactos en los componentes de vehículos espaciales en un entorno de desechos espaciales.

Cuando un objeto espacial entra en regiones más densas de la atmósfera terrestre, la fricción genera calor, por la gran velocidad de ese objeto espacial en órbita. La energía térmica puede fundirlo o vaporizarlo total o parcialmente. En muchos casos, el objeto se quema por completo durante su reingreso en la atmósfera, pero en otros algunas de sus piezas pueden quedar intactas y caer a tierra.

A fin de comprender mejor el proceso de fragmentación de un objeto espacial y de que los analistas puedan calcular con antelación el riesgo en tierra para las personas y los bienes, se está preparando un nuevo proyecto para elaborar métodos de validación. Sus resultados permitirán analizar el reingreso en la atmósfera de un objeto y su proceso de fragmentación, así como evaluar el riesgo que planteen las piezas subsistentes para las zonas habitadas.

Además, en el marco de un proyecto en curso de la Universidad Técnica de Braunschweig se investigan los efectos del retiro activo de órbita de los vehículos espaciales, al término de su vida útil, conforme a las Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales de la Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, así como los efectos de los desechos activos en la evolución a largo plazo de los desechos espaciales futuros. En ese contexto, se analiza la criticidad de los objetos de alto riesgo en relación con sus

efectos sobre el entorno en caso de colisión. Mediante ese enfoque se pretende reflejar con mayor exactitud las consecuencias de las colisiones en cascada. En otra actividad, se están analizando distintas estrategias de eliminación de los objetos que formen parte de constelaciones en órbita terrestre mediana. Es de especial interés el riesgo a largo plazo de colisión entre vehículos eliminados de constelaciones con otros objetos que pertenezcan o no a ellas.

Austria

[Original: inglés]
[20 de octubre de 2014]

Desde 1982, el Instituto de Investigaciones Espaciales de la Academia de Ciencias de Austria tiene en funciones una estación de telemetría láser de satélites (SLR) en el Observatorio Lustbühel, ubicado en Graz. A todas horas del día y de la noche y los siete días de la semana, esa estación mide las distancias a más de 60 satélites equipados con retrorreflectores, como los satélites geodésicos, los de los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) (Galileo, GPS, GLONASS, COMPASS etc.), los de observación de la Tierra y varios otros de carácter científico y de investigación. Las mediciones de la estación de Graz, que se realizan enviando un único pulso de láser, tienen un margen de error de 2 a 3 mm, y pueden distinguirse diferencias de distancia de un mínimo de 0,2 mm. Con esos resultados, la estación de telemetría láser de satélites de Graz se considera una de las más precisas del mundo.

En 2012 la estación de Graz empezó a hacer pruebas de telemetría láser de desechos espaciales. Se crearon nuevos detectores especializados de fotones individuales y se adaptaron las aplicaciones informáticas de telemetría láser para el rastreo de esos desechos espaciales. Por primera vez se realizaron mediciones de fotones reflejados de manera difusa por desechos espaciales, para determinar la distancia a la que se encontraban. Si bien la exactitud de esas mediciones no tiene un margen de error milimétrico, porque los desechos seleccionados tienen un tamaño de entre uno y varios metros, ese enfoque permite determinar su órbita mucho mejor.

Las órbitas pueden determinarse con mayor exactitud si otras estaciones de telemetría láser pueden detectar el reflejo difuso de los fotones de Graz. En 2012 se realizó con éxito el primer experimento de ese tipo: los fotones emitidos en Graz fueron reflejados de forma difusa por el cuerpo de un satélite y se detectaron en la estación de telemetría láser de Zimmerwald (Suiza), que se había sincronizado con la estación de Graz para ese fin. Ese método también puede utilizarse sin dificultad en varias otras estaciones exclusivamente receptoras.

La estación de telemetría láser de Graz participa desde 2013 en el programa de Conocimiento del Medio Espacial de la Agencia Espacial Europea. En los próximos años se prevé intensificar la cooperación a nivel europeo e internacional.

Suiza

[Original: inglés]
[20 de octubre de 2014]

El Instituto Astronómico de la Universidad de Berna (AIUB, por sus siglas en alemán) prosigue sus actividades de investigación para conocer mejor el entorno de los desechos espaciales cercanos a la Tierra. El AIUB utiliza su telescopio de 1 metro ZIMLAT, el pequeño telescopio robótico ZimSMART y el nuevo telescopio ZimSpace, instalados en el complejo de la Estación Óptica Terrestre y el Observatorio Geodinámico Suizos de Zimmerwald, cerca de Berna, para descubrir desechos pequeños y caracterizarlos físicamente. Uno de los resultados importantes de esa investigación ha sido la creación de un catálogo único de desechos de gran relación superficie-masa en órbita geoestacionaria y en órbitas muy elípticas. Ese catálogo se estableció y se mantiene en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Instituto Kéldysh de Matemática Aplicada de Moscú. Este último dirige la Red Científica Internacional de Observación Óptica (ISON), con la que el AIUB comparte desde hace muchos años datos de observación en el marco de una labor de colaboración científica. Recientemente la ISON ha comenzado a cooperar con la Iniciativa sobre Ciencia Espacial Básica de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre. La labor reciente del AIUB se ha centrado en estudios a fondo de los desechos pequeños en órbitas muy elípticas, como la de transferencia geoestacionaria y las de tipo Molniya. Las observaciones indican que en esas regiones orbitales hay un número considerable de objetos “desconocidos”, es decir, que no figuran en ninguno de los catálogos de órbitas a disposición del público. Caracterizar esos objetos será muy importante para determinar las fuentes de los desechos y elaborar en su momento medidas de reducción eficientes y económicamente viables. En 2010 se inició un estudio para detectar desechos de poco tamaño en la región de las constelaciones de satélites de navegación. Se trata del primero de ese tipo en dicha región orbital. Los resultados obtenidos hasta la fecha indican que se desintegró un objeto grande en las actuales constelaciones de satélites de navegación. Para demostrar la justificación de eliminar activamente los objetos grandes de las órbitas terrestres bajas, el AIUB está ejecutando un programa de observación destinado a evaluar, mediante curvas de luz ópticas, el ritmo de rotación caótica de esos grandes desechos en las órbitas ubicadas a entre 700 y 1.000 kilómetros de altitud.

En el marco de su programa Clean-mE, el Centro Espacial Suizo de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL) y sus asociados han proseguido sus actividades de investigación y desarrollo en la esfera de la eliminación activa de desechos. En 2014, su labor se centró en estudios sistémicos para hacer frente a los problemas de los encuentros fortuitos con desechos espaciales. El EPFL trabajó en el marco de un contrato con la Agencia Espacial Europea para evaluar posibles demostraciones en órbita con tecnologías de CubeSat y reducir los riesgos para grandes misiones futuras destinadas a eliminar desechos de gran tamaño. Los CubeSat son nanosatélites con masa de entre 1 kg y 10 kg. Las propuestas demostraciones en órbita mediante CubeSat comprenden el ensayo de tecnologías de sensores para el encuentro y el de la tecnología de captura con red. Las actividades de bajo nivel prosiguieron en el marco del proyecto CleanSpace One.

III. Respuestas recibidas de organizaciones internacionales

Comité de Investigaciones Espaciales

[Original: inglés]
[4 de noviembre de 2014]

Las actividades espaciales, que vienen realizándose desde hace más de 55 años tras el lanzamiento del Sputnik 1 en 1957, han generado un número considerable de objetos de fabricación humana que se encuentran en órbita terrestre. La gran mayoría de esos objetos, que no cumplen ninguna función, pertenece a la categoría de los “desechos espaciales”. Por su gran cantidad, esos desechos constituyen una amenaza cada vez más grave para los vehículos espaciales robóticos y tripulados. Las colisiones y desintegraciones ocurridas en los últimos dos decenios han ahondado el temor de que en los decenios venideros ese riesgo ambiental se convierta en uno de los problemas principales.

Aunque muchas de las entidades que realizan actividades espaciales aplican actualmente diversas medidas para reducir la creación de desechos espaciales, ello no basta para contener su aumento en el futuro, porque la cantidad de los que ya se encuentran abandonados en órbita terrestre es suficiente para que se produzcan colisiones y desintegraciones, incluso si no se pusieran en órbita nuevos objetos. Así pues, para la evolución a largo plazo del medio espacial, es de importancia primordial prevenir colisiones catastróficas, cada una de las cuales crea miles de fragmentos nuevos. Las formas de impedir esas colisiones son reducir los desechos, evitar las colisiones y eliminar los desechos del entorno espacial, medida que también se denomina eliminación activa de desechos. Las medidas para evitar colisiones requieren conocer con exactitud la trayectoria de todos los objetos que pudieran producir colisiones catastróficas. En la actualidad solo se conoce la de un número muy limitado de ellos. Para la eliminación activa de desechos, así como para la evitación de colisiones con objetos no funcionales, es necesario elaborar tecnologías nuevas que permitan modificar la trayectoria de los desechos o desorbitarlos. Para elaborar medidas eficientes y económicamente viables con las que estabilizar el número de los desechos espaciales es indispensable realizar investigaciones científicas exhaustivas.

El Comité de Investigaciones Espaciales (COSPAR) viene ocupándose del tema de los desechos espaciales desde hace más de tres decenios. Desde hace muchos años, su Subgrupo sobre Actividades Espaciales Potencialmente Perjudiciales para el Medio Ambiente celebra numerosas sesiones sobre los desechos espaciales durante cada una de las Asambleas Científicas del COSPAR, que tienen lugar cada dos años. En esas sesiones se abordan los siguientes temas: a) la caracterización del entorno actual y futuro de los desechos espaciales mediante mediciones y modelización, b) los riesgos que suponen para los vehículos espaciales las colisiones con desechos espaciales, c) los medios para proteger los vehículos espaciales, d) las estrategias y políticas para reducir la creación de nuevos desechos espaciales, y e) la base científica y el marco técnico de la labor para sanear el entorno de los desechos espaciales y limitar con ello la proliferación de estos.

En las sesiones del Subgrupo celebradas en 2014 se presentaron 38 documentos, cuyo tema general fue “Los desechos espaciales: respuesta a un

entorno dinámico”. En la 41ª Asamblea Científica del COSPAR, prevista para 2016, las sesiones del Subgrupo tendrán como tema “Los desechos espaciales: crear una base científica para la acción”, lo que refleja un avance. Habrá cuatro sesiones de medio día de duración, dedicadas a los progresos en la evaluación del riesgo de colisión para las misiones espaciales, la evaluación de las colisiones en órbita y los riesgos durante el reingreso, las técnicas de reducción de los desechos y saneamiento de su entorno, así como su eficacia en relación con la estabilidad a largo plazo de ese entorno. Se prestará atención también a temas tradicionales como las observaciones terrestres y espaciales y los métodos empleados para utilizarlas, las técnicas de medición *in situ*, los modelos del entorno de desechos y meteoroides, las normas y directrices nacionales e internacionales para la reducción de desechos, las tecnologías de los aceleradores de hipervelocidad y conceptos relativos al blindaje en órbita. Se alienta especialmente a presentar documentos sobre el clima espacial y los objetos cercanos a la Tierra.

Las dificultades para estabilizar la cantidad de desechos espaciales son sustanciales, pero los países con capacidad espacial y organizaciones científicas internacionales como el COSPAR vienen esforzándose considerablemente para promover, en beneficio de todos, la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio cercano a la Tierra.

El COSPAR sigue encabezando las iniciativas para promover una comprensión mejor de la naturaleza y los riesgos del entorno de desechos espaciales y para alentar a las naciones y organizaciones que realizan actividades espaciales a que utilicen el espacio de manera responsable en cada etapa de las misiones, incluidos el despliegue, las operaciones y la eliminación.

Consejo Consultivo de la Generación Espacial

[Original: inglés]
[7 de noviembre de 2014]

La situación de los desechos espaciales

Desde el lanzamiento del primer satélite, en 1957, la órbita terrestre ha ido quedando cada vez más congestionada. Numerosos países y empresas comerciales han lanzado a ella sus vehículos espaciales, muchos de los cuales siguen en órbita. Apenas el 6% de los objetos espaciales se halla todavía en funciones, en tanto que cerca del 60% de ellos son fragmentos producidos por explosiones y colisiones. Esos fragmentos fuera de control, sumados a otros desechos espaciales, como cuerpos de cohetes abandonados y satélites retirados, pueden chocar unos con otros y generar todavía más desechos. Ese ciclo, llamado comúnmente “síndrome de Kessler”, conduce con el tiempo al aumento exponencial de los desechos orbitales, y con ello agrava sostenidamente los riesgos para los vehículos en órbita activos.

La distribución de los desechos espaciales por altitud indica que entre comienzos de 2007 y abril de 2012 se duplicó con creces la cantidad de ellos a 1.000 kilómetros de altitud sobre la Tierra. Fueron factores importantes en ese brusco aumento los fragmentos generados por el ensayo de destrucción de satélites realizado en 2007 por China y la colisión de los satélites Iridium 33 y Cosmos 2251,

ocurrida en 2009. Casos como este último demuestran la gran incidencia de las colisiones entre desechos en la modificación del entorno de los desechos espaciales.

Actualmente la cantidad de desechos espaciales en órbita terrestre baja no es estable. Las simulaciones han demostrado que, incluso sin lanzamientos futuros, irá aumentando lentamente. Sin embargo, que no vaya a haberlos es una hipótesis optimista y poco realista, porque no se prevé ninguna suspensión próxima de ellos. Al ritmo habitual de esos lanzamientos, y sin medidas de reducción, es probable que la cantidad de desechos en órbita aumente exponencialmente.

La distribución de los 500 desechos espaciales de mayor tamaño permite determinar un riesgo elevado de colisión examinando la relación de las altitudes de apogeo y perigeo con las diversas inclinaciones de los cuerpos de cohetes y los vehículos espaciales actualmente en órbita terrestre baja con la masa y los productos indicativos de la probabilidad de colisión más elevados. Esos objetos son los que tienen mayor probabilidad de ocasionar colisiones catastróficas capaces de aumentar la cantidad de desechos espaciales en órbita terrestre baja, como se observó anteriormente en el caso de la colisión del Iridium y el Cosmos.

Vehículos espaciales con tecnología nuclear

Se señalan a continuación tres casos que se deben considerar respecto de los vehículos espaciales que utilizan fuentes de energía nuclear:

Caso 1: El vehículo espacial está equipado con un generador termoeléctrico radioisotópico, que le suministra energía a bordo y mantiene la temperatura correcta de los instrumentos (por ejemplo, las sondas del espacio interplanetario);

Caso 2: El vehículo espacial funciona con energía nuclear y se propulsa mediante ella, incluso en la etapa de lanzamiento (como en el caso del proyecto del Mars Rover y el programa del Motor Nuclear para la Aplicación en Cohetes (NERVA, por sus siglas en inglés));

Caso 3: El vehículo espacial está concebido para propulsarse con tecnología nuclear, excepto durante el lanzamiento. Solo se utiliza un sistema de propulsión nuclear cuando el vehículo espacial está en órbita.

Los casos 2 y 3 difieren en la etapa de lanzamiento, y se examinan en la sección siguiente.

El caso 1 es el más frecuente y se ha utilizado principalmente en misiones en el espacio interplanetario. La energía que los paneles solares pueden obtener de la luz del Sol disminuye conforme a la ley de la inversa del cuadrado: a medida que aumenta la distancia del Sol, se reduce la energía que recibe un vehículo espacial propulsado por energía solar. La tecnología nuclear es una fuente fiable de calor y energía para los sistemas de los vehículos espaciales cuando estos superan la distancia a la cual dejan en la práctica de funcionar los paneles solares. En lo esencial, un generador termoeléctrico radioisotópico convierte en energía eléctrica el calor que libera la desintegración natural de material radioactivo (habitualmente, Pu-238), en virtud del efecto Seebeck. Cabe señalar que no se trata de una reacción de fisión.

En misiones como la del Laboratorio Científico de Marte (*Mars Science Laboratory*), que envió a Marte el vehículo espacial todoterreno Curiosity), y en

sondas del sistema solar como Voyager 1 y 2 y Pioneer 10 y 11, se han utilizado generadores termoeléctricos radioisotópicos como sistemas fiables de suministro de energía y control de la temperatura.

En años anteriores se ha informado de algunos accidentes sufridos por vehículos espaciales propulsados con fuentes de energía nuclear. El primero ocurrió en 1964, año en que el satélite de navegación TRANSIT 5BN-3 efectuó una maniobra de reingreso no controlado en la atmósfera terrestre tras una avería de su equipo físico. El satélite se quemó totalmente en la atmósfera alta, como estaba previsto, pero los efectos a largo plazo en la población resultan difíciles de determinar. Un reingreso de ese tipo supone un aumento de la carga de radionúclidos en la atmósfera alta, y el posible descenso posterior de esa carga hasta el nivel del mar. Como el período de semidesintegración del material del generador termoeléctrico radioisotópico es habitualmente largo (miles de años), es posible que se hayan causado daños a las personas y el medio ambiente.

Otros dos casos conocidos de accidentes sufridos por vehículos espaciales con fuentes de energía nuclear son el de la misión del Apolo 13, que reingresó a la atmósfera llevando a bordo un generador termoeléctrico radioisotópico plenamente activo, y el del satélite de reconocimiento oceánico por radar Cosmos-954 (RORSAT), que efectuó un reingreso no controlado y cayó en una zona deshabitada de los Territorios del Noroeste (Canadá). El RORSAT, conforme a su diseño, debía quemarse durante el reingreso, pero ello no ocurrió, por lo que llegó a la Tierra una cantidad considerable de material nuclear. El generador termoeléctrico radioisotópico de la misión del Apolo 13 se hundió en el Pacífico sur, donde permanece hasta hoy. Sobrevivió al reingreso y el impacto, pero no se han detectado emisiones de radiación.

Esos accidentes motivaron cambios en el concepto de los sistemas de energía nuclear destinados a vehículos espaciales. Tales sistemas están hechos actualmente para resistir el reingreso y los impactos, de manera de que lleguen intactos a tierra y, lo que es más importante, sin liberar material radiactivo. El generador termoeléctrico radioisotópico del Apolo 13 ya se había concebido de ese modo, lo que demuestra la validez de dicho enfoque.

Lanzamiento

El lanzamiento se considera la etapa crítica de toda misión de un vehículo espacial de propulsión nuclear, y también la de mayor riesgo para la población general.

Es importante aquí introducir también el concepto de "criticidad". Esencialmente, el concepto se refiere al momento en que se inicia la fisión en el núcleo del reactor y comienzan a acumularse sus subproductos. Antes de ese momento de criticidad no hay subproductos presentes en el combustible nuclear. Este es relativamente benigno comparado con esos subproductos, porque por lo general se trata de un emisor de radiación alfa, que solo plantea un riesgo considerable para la salud de las personas en caso de ingestión. Sin embargo, una vez alcanzado el punto de criticidad comienzan a acumularse en el sistema los subproductos de fisión. Ello supone un riesgo mucho mayor para la salud humana, porque una parte considerable de esos subproductos emite radiación beta y gamma, que puede resultar nociva para las personas por su mera exposición externa a ella.

El caso número 2 requiere que haya criticidad antes del lanzamiento, y el calor generado por la reacción nuclear se utiliza para propulsar el ascenso del vehículo espacial. Ello se investigó y ensayó a mediados del siglo XX en el programa Rover-NERVA. En ese caso cualquier avería del cohete podría provocar la emisión de subproductos de fisión. En cambio, en el caso número 3 se presupone que el vehículo espacial se pone en órbita empleando métodos de propulsión convencionales. Como es obvio, no conviene que se libere material nuclear, ni antes ni después del punto de criticidad. Sin embargo, para que se pueda limitar la gravedad de las posibles consecuencias lo ideal es que el reactor nuclear no alcance la criticidad sino hasta después de llegar a su órbita en condiciones de seguridad.

Las misiones en órbita terrestre y el riesgo de impacto de desechos

Toda colisión con un desecho espacial debe considerarse catastrófica como peor caso posible, por las considerables energías que intervienen. Por otra parte, lo más grave sería la ruptura de las vasijas de contención del núcleo del reactor, que liberaría productos de fisión en el espacio. En el caso de un generador termoeléctrico radioisotópico, se presupone que la colisión significa su destrucción y su dispersión en forma de partículas en suspensión. Según el lugar en que ocurra esa colisión, esta no constituye necesariamente una amenaza para la población ni el medio ambiente de la Tierra, porque mientras no intervenga el arrastre atmosférico y se pueda considerar estable la órbita, cabe suponer en general que el material nuclear se quedará arriba. Como fuere, también es posible que dicha colisión imparta a un desecho energía suficiente para trasladarlo a una órbita en que sí intervenga el arrastre atmosférico, ya sea por el impacto inicial o por los impactos secundarios que ocurran después.

Por lo que se sabe de la forma en que los desechos orbitales forman una envoltura alrededor del foco de la órbita y a su altitud, este modelo podría corresponder en la práctica a una banda de radiación a determinada altitud orbital.

Ello no supondría una amenaza directa importante para los astronautas ni los vehículos espaciales, aunque podría haber riesgos sanitarios directos si se realizaran actividades extravehiculares a la altitud en cuestión. Por ello, una colisión en que se liberara material nuclear en la órbita tal vez obligaría a restringir los puntos en que pudieran llevarse a cabo esas actividades extravehiculares. Sin embargo, también se deben tener presentes las cuestiones de imagen, porque el público general tiende a desconfiar de la tecnología nuclear. Un incidente de ese tipo podría significar efectivamente la conclusión prematura de los programas actuales y futuros de utilización de vehículos espaciales con tecnología nuclear. Las consecuencias de ese incidente serían, pues, graves, incluso si no se planteara un riesgo sanitario inmediato.

Se debe evaluar también la posibilidad de una colisión con desechos. Se han realizado estudios para determinar el tamaño y la cantidad de los que se encuentran en órbita, y basándose en ellos es relativamente fácil modelizar la probabilidad del impacto de esos desechos. La probabilidad es en general baja (del orden de 10^{-5} al año). Pero, si ello se suma a las graves consecuencias posibles a que se alude más arriba, el riesgo global puede considerarse elevado, y debería significar que en todo programa de ingeniería se establecieran salvaguardias importantes para prevenir la liberación de radionúclidos en caso de colisión.

Eliminación

También se debe tener en cuenta la eliminación de un vehículo espacial tras el término de la misión. ¿Qué ocurre con el núcleo crítico?

Lo más simple es trasladar el vehículo espacial a una órbita de eliminación segura y dejarlo en ella. Sin embargo, ello significaría seguir aumentando la cantidad de desechos espaciales en órbita, y en consecuencia elevaría el riesgo de impacto de desechos espaciales para las misiones futuras. Además, las colisiones con un sistema espacial alimentado por energía nuclear que se hallara al término de su vida útil podrían tener otras consecuencias, como la liberación de material radiactivo en el espacio.

Una solución sostenible a más largo plazo es el reingreso controlado del sistema espacial. Para ello, el vehículo espacial, y en particular sus componentes nucleares, deberían estar hechos para resistir las altas temperaturas, las tensiones y los impactos del reingreso. Ello ya se ha hecho con generadores termoeléctricos radioisotópicos utilizados en la exploración planetaria, pero puede aumentar el costo del vehículo espacial.

Los reactores nucleares activos (y sus subproductos de fisión) presentan un problema mucho más difícil, porque todavía no está claro si es posible realmente construir un reactor capaz de soportar el reingreso. El riesgo de trasladar núcleos agotados a una órbita de eliminación elegida expresamente para enviar a ella vehículos espaciales de propulsión nuclear, teniendo en cuenta la baja probabilidad de colisiones futuras, sería menor que el de su reingreso. Esa órbita de eliminación debe elegirse de manera de reducir al mínimo la posibilidad de colisión con desechos espaciales y los riesgos futuros.

Misiones de exploración del espacio interplanetario

El empleo de vehículos espaciales de propulsión nuclear para explorar el espacio interplanetario es un poco más aceptable que su utilización para misiones en órbita terrestre. La mayor eficiencia de los generadores termoeléctricos radioisotópicos respecto de los paneles solares a medida que aumenta la distancia al Sol es un argumento en favor de la utilización de energía nuclear. Aunque las misiones al espacio interplanetario suponen el mismo riesgo durante su lanzamiento, pasan menos tiempo en las cercanías de la Tierra. Por ello, es menor el riesgo de que esas misiones sufran el impacto de desechos espaciales.

Sin embargo, que sea así depende del perfil de la misión. Si el vehículo espacial se lanzara desde la Tierra hacia una órbita directa de transferencia a su destino (cosa que ocurre rara vez) y se produjera un accidente, los desechos radiactivos resultantes permanecerían en una órbita que en algún momento podría intersectarse con la de la Tierra, lo que significaría en último término la llegada de desechos radiactivos a las cercanías de la Tierra.

Conclusión

En años anteriores, la energía nuclear como medio de propulsión de vehículos espaciales ha posibilitado varias misiones importantes (en particular, de exploración del espacio interplanetario), y podría seguir utilizándose si se adoptaran las

necesarias medidas de seguridad. A ese respecto, el Consejo Consultivo de la Generación Espacial recomienda lo siguiente:

- a) Si un vehículo espacial utiliza el núcleo de un reactor, debería trasladarlo a una órbita e iniciar la reacción de fisión únicamente en órbita, y no utilizar la propulsión nuclear para alcanzar esa órbita;
- b) En el caso de todos los vehículos espaciales que utilicen energía nuclear, se debe asignar importancia especial a la solidez del sistema de energía nuclear. Este debe hallarse protegido contra el impacto de desechos, la tensión del reingreso y las temperaturas extremas;
- c) Las misiones al espacio interplanetario con sistemas de energía nuclear deberían utilizar, en la medida de lo posible, órbitas de transferencia no directas;
- d) Al término de su vida útil, el reingreso de todos los vehículos espaciales en órbita terrestre baja que utilicen un generador termoeléctrico radioisotópico se debería efectuar de manera controlada y velando por que el sistema de energía nuclear no sufra ningún daño;
- e) Al término de su vida útil, todos los vehículos espaciales que utilicen reactores nucleares o un generador termoeléctrico radioisotópico en órbita geosíncrona deberían trasladarse a una órbita de eliminación. Esta debería elegirse de manera de garantizar la estabilidad (es decir, que no hubiera riesgo de desintegración ni de colisión) durante todo el período de semidesintegración del combustible nuclear, o hasta que la radiación emitida dejara de constituir un peligro para la población;
- f) En toda misión en que se estudiara la posibilidad de utilizar energía nuclear, debería contarse con un grupo independiente de expertos en seguridad nuclear (análogo al Grupo Interinstitucional de Examen de la Seguridad Nuclear de los Estados Unidos) que se ocupara de velar por que se aplicaran todos los procedimientos de seguridad;
- g) Las medidas de seguridad deberían centrarse en la planificación y la prevención antes que en la investigación de accidentes.

Información sobre el Consejo Consultivo de la Generación Espacial

El Consejo Consultivo de la Generación Espacial es una organización internacional sin fines de lucro orientada a estudiantes y profesionales jóvenes del sector espacial. Representa las opiniones de la próxima generación de líderes del ámbito espacial ante los órganos pertinentes de las Naciones Unidas y otras organizaciones espaciales.

El Consejo se creó en el entorno de las Naciones Unidas (concretamente durante la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos), y su colaboración con las Naciones Unidas, en particular con la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, es de importancia primordial en su misión. Contribuye habitualmente a la labor de la Comisión, y se ocupa de transmitir las opiniones de sus miembros.

Fundación Mundo Seguro

[Original: inglés]
[20 de octubre de 2014]

En consonancia con su orientación hacia el logro de la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales, durante 2014 la Fundación Mundo Seguro (SWF) siguió ocupándose de los desechos espaciales y la seguridad en órbita. En el marco de sus actividades de información y concienciación, la SWF prestó declaración ante la Subcomisión del Espacio de la Comisión de Ciencias, Asuntos Espaciales y Tecnología de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos, en el contexto de una audiencia sobre la forma de hacer frente a la amenaza de los desechos espaciales. En su declaración escrita, la Fundación presentó un panorama general de la situación, en que se explicaba la importancia de la reducción de los desechos espaciales, la gestión del tráfico espacial, la eliminación y el saneamiento de los desechos espaciales y el conocimiento de la situación en el medio espacial a efectos de reducir al mínimo el riesgo que suponen los desechos espaciales para las actividades en el espacio. Además, en la declaración se formularon recomendaciones a la Subcomisión sobre la forma de mejorar la aplicación por el Gobierno estadounidense de las directrices para reducir los desechos espaciales contenidas en la reglamentación nacional, y sobre el modo de perfeccionar los servicios para aumentar el conocimiento de la situación en el medio espacial, a fin de ayudar a todos los operadores de satélites a evitar las colisiones en el espacio.

De manera análoga, los funcionarios de la SWF plantean habitualmente la cuestión de los desechos espaciales en debates y conferencias sobre la utilización del espacio ultraterrestre en que, de no ser por ello, tal vez no se hubiese abordado ese asunto. Entre los ejemplos de esas iniciativas figuraban los discursos y disertaciones pronunciadas en un curso práctico sobre las nuevas economías espaciales y los próximos avances hacia la prosperidad, celebrada por el foro de debate internacional de Wilton Park; una mesa redonda sobre la promoción de la seguridad y sostenibilidad de las actividades espaciales, acogida por el Consejo de Relaciones Exteriores; y un diálogo destacado celebrado durante el Simposio Internacional sobre los Vuelos Espaciales de Carácter Personal y Comercial, en que se aludió a la responsabilidad que compete al sector en expansión de las actividades comerciales en el espacio de participar activamente en la labor de reducir los desechos espaciales.

Algunos miembros de la SWF asistieron al tercer Curso Práctico Europeo sobre Modelización y Saneamiento de los Desechos Espaciales, celebrado del 16 al 18 de junio de 2014 en París. En el marco de su participación, la Fundación copresidió la primera sesión celebrada hasta entonces sobre los problemas jurídicos, normativos y no técnicos de otra índole relativos al saneamiento de los desechos espaciales, y presentó una ponencia sobre un proyecto de protocolo mediante el cual fijar la forma de pedir autorización para interactuar con un objeto espacial a efectos de saneamiento. En ese protocolo se aplicarían los principios consagrados en los tratados existentes sobre el espacio ultraterrestre para crear una lista de las medidas que podría adoptar un Estado a fin de determinar qué Estado tiene jurisdicción sobre un objeto espacial y ejerce el control de este. En los casos en que ello no pudiera determinarse, el protocolo propondría medidas para notificar a la comunidad

mundial la intención del Estado de sanear dicho objeto espacial en forma responsable y segura.

En el marco de su labor para facilitar un debate cooperativo, la SWF ha colaborado con la Junta de Desarrollo Económico de Maui y el Foro Japonés sobre el Espacio, para celebrar dos ediciones de los Diálogos de Maui sobre Tecnologías Ópticas de Vigilancia Espacial Avanzadas (AMOS, por sus siglas en inglés). La finalidad de esos diálogos fue impulsar el debate sobre cuestiones de política relativas a la cooperación en el conocimiento de la situación en el medio espacial y al intercambio de datos. El primero de ellos se celebró el 26 de febrero de 2014 en Tokio, poco antes del tercer Simposio sobre el Desarrollo Sostenible en el Espacio y su Utilización en Beneficio de la Humanidad, del Foro Japonés sobre el Espacio. El segundo tuvo lugar en la isla de Maui (Estados Unidos) el 11 de septiembre de 2014, durante la edición de 2014 de la conferencia de AMOS. En ambos se reunieron representantes de los gobiernos y el sector privado de varios países, para examinar formas de mejorar el intercambio de datos y la cooperación en pro del conocimiento de la situación en el medio espacial.

Por último, como parte de sus iniciativas generales de divulgación relativas al problema, la SWF volvió a destacar la cuestión de los desechos espaciales en su guía práctica sobre la sostenibilidad en el espacio (*Space Sustainability: A Practical Guide*), publicación que este año se había actualizado y vuelto a editar. Ese documento puede descargarse gratuitamente del sitio web de la Fundación, http://swfound.org/media/121399/swf_space_sustainability-a_practical_guide_2014__1_.pdf.