



Asamblea General

Distr. LIMITADA

A/AC.105/C.1/L.214*
26 de febrero de 1997

ESPAÑOL
Original: INGLÉS

COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO
ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS
Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos
34º período de sesiones
Viena, 17 a 28 de febrero de 1997

REVISIÓN DEL INFORME TÉCNICO DE LA SUBCOMISIÓN DE ASUNTOS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS RELATIVO A LOS DESECHOS ESPACIALES**

(Los cambios figuran en **negrita**)

1. Mediciones de desechos espaciales

1.1 Mediciones con base terrestre

1.1.1 Mediciones por radar

1. Los radares con base terrestre son especialmente apropiados para observar los objetos espaciales debido a que funcionan independientemente de las condiciones meteorológicas, tanto de día como de noche. Sin embargo, la potencia del radar y la longitud de onda empleada son factores que limitan la detección de pequeños objetos a grandes distancias.

2. Para las mediciones de objetos espaciales se utilizan básicamente dos tipos de radar:

a) Radares con dirección del haz controlada mecánicamente mediante antenas parabólicas reflectoras. Sólo pueden detectarse y medirse objetos que se encuentran en el campo de visión real, dado por la dirección mecánica de la antena parabólica reflectora;

* Este documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición.

** El informe técnico inicial de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos sobre los desechos espaciales figura en el documento A/AC.105/637, párrs. 94 a 137.

b) Radares con dirección del haz controlada mecánicamente mediante antenas múltiples con mando de fase. Se pueden detectar y medir simultáneamente cientos de objetos en distintas direcciones.

3. El primer tipo de radar se utiliza principalmente para el rastreo, y el segundo, para las tareas de rastreo y búsqueda.

4. Para la observación de los desechos espaciales se utiliza las siguientes funciones de radar: función de rastreo; función de haz fijo; función mixta; función biestática.

5. En la modalidad de rastreo el radar sigue un objeto durante unos minutos obteniendo datos sobre la dirección angular, la distancia, la velocidad radial, la amplitud y la fase de los ecos de radar. A partir de la evaluación de la dirección, la velocidad y la velocidad radial como función temporal se pueden derivar los elementos orbitales.

6. En la función de haz fijo, la antena se mantiene fija en una dirección determinada y los ecos se reciben de los objetos que pasan dentro del campo de visión. Este procedimiento proporciona información estadística sobre el número y el tamaño de los objetos detectados, aunque datos menos exactos sobre su órbita.

7. En la función mixta, el radar empieza en la función de haz fijo y pasa a la de rastreo cuando un objeto atraviesa el haz, obteniendo con ello datos orbitales más exactos. Una vez reunidos los datos, el radar puede volver a la función de haz fijo.

8. En la función biestática, se utiliza una antena receptora adicional, separada de la antena emisora. Esto permite una mayor sensibilidad en la antena biestática, que por consiguiente puede detectar objetos más pequeños.

9. Sobre la base principalmente de las mediciones por radar, pueden conocerse, aunque sin certeza absoluta, las siguientes características de los objetos espaciales:

a) Los elementos orbitales que describen el movimiento del centro de masa del objeto alrededor de la Tierra;

b) La actitud que describe el movimiento del objeto alrededor de su centro de masa;

c) El tamaño y la forma del objeto;

d) La duración en órbita;

e) El coeficiente balístico, definido en el inciso f) del párrafo 127, que especifica la velocidad a la que se degrada el semieje mayor orbital;

f) La masa del objeto;

g) Características materiales.

10. Los datos de determinación pueden reunirse en un catálogo de objetos espaciales, así como constituir información estadística sobre el número de objetos de un tamaño determinado detectados en una región dada en un momento preciso.

11. Los radares actuales pueden detectar objetos mayores de 1 centímetro hasta una distancia de 1.000 kilómetros o de 1 metro en órbitas geoestacionarias. Para detectar objetos más pequeños, cabe utilizar la función biestática del radar. Utilizando esta técnica pueden detectarse objetos de 2 milímetros a distancias de 500 kilómetros. Estos parámetros de detección se aplican a objetos altamente reflectantes, como los metales. En el caso de otros materiales, como los compuestos, la reflexión de las señales de radar puede ser más débil.

12. Los Estados Unidos, utilizando radares Haystack y Goldstone, algunos radares rusos y Alemania, utilizando el radar FGAN y el radiotelescopio de Effelsberg, han efectuado mediciones por radar de las poblaciones de desechos orbitales de tamaños inferiores a 30 centímetros (el límite nominal para los catálogos de los Estados

Unidos y de la Federación de Rusia). Los radares Haystack y Goldstone han proporcionado un cuadro estadístico de los desechos en órbita terrestre baja de tamaños que llegan hasta 0,5 centímetros (con algunos datos que alcanzan hasta los 0,2 centímetros). Las mediciones por radar FGAN no han llegado a tamaños tan pequeños, pero en general coinciden con los resultados de la NASA. De estas y otras mediciones se desprende que la población de desechos excede la población meteoroidal natural en el caso de todos los tamaños superiores a aproximadamente 0,01 centímetros de diámetro.

13. El radar de la atmósfera media y alta (MU) de la Universidad de Kyoto (Japón) puede observar durante 20 segundos la variación de la sección transversal radárica (RCS) de objetos desconocidos. Un sistema de radar biestático del Instituto de Ciencias Espaciales y Astronómicas (ISAS) del Japón puede detectar objetos de un diámetro mínimo de 2 centímetros a 500 kilómetros de altitud.

1.1.2 Mediciones ópticas

14. Los desechos ópticos pueden detectarse mediante luz solar reflejada cuando el objeto que forma parte del desecho está iluminado por el sol, y la tierra por debajo está en la oscuridad. En el caso de los objetos en órbita terrestre baja este período se limita a una o dos horas justo antes de la puesta del sol o antes del amanecer. Sin embargo, en el caso de los objetos en órbita terrestre alta, tales como los objetos en órbita terrestre geosincrónica, las observaciones frecuentemente pueden continuar durante toda la noche. Otra limitación de las mediciones ópticas es la necesidad de que el cielo esté despejado y oscuro. Una ventaja de las mediciones ópticas en comparación con las mediciones de radar es que la intensidad de la señal de la luz solar reflejada disminuye únicamente en el cuadrado de la distancia o altitud, mientras que la señal de radar lo hace en la cuarta potencia de la distancia. A consecuencia de ello, un telescopio de tamaño modesto puede lograr mejores resultados que la mayor parte de los radares cuando se trata de la detección de los desechos a altitudes extremas. Algunas mediciones de pequeños desechos en órbita terrestre baja se han hecho utilizando telescopios ópticos; sin embargo, en general, los radares dan mejores resultados que los telescopios en caso de las mediciones en órbita terrestre baja.

15. El United States Space Command emplea telescopios de 1 metro de apertura dotados de detectores con vidicon intensificado para rastrear objetos en órbita terrestre alta. Estas mediciones se utilizan para mantener la parte del catálogo del Mando Espacial correspondiente a la órbita terrestre alta. La capacidad de esos telescopios se limita a la detección de objetos de 1 metro en altitudes geosincrónicas, lo cual corresponde a una magnitud estelar límite de 16. Se está proyectando desarrollar dispositivos de acoplamiento de carga para estos telescopios, que mejorarán su rendimiento. El Organismo Espacial Ruso tiene un telescopio parecido que se utiliza para mantener en su catálogo las órbitas de los objetos en órbita terrestre alta.

16. En general, los catálogos de la Comandancia Espacial de los Estados Unidos y de la Federación de Rusia versan sobre naves espaciales y cuerpos de cohetes intactos. Sin embargo, existen razones para creer que en la región de la órbita geoestacionaria también existen pequeños desechos orbitales resultantes de explosiones. En 1978 se observó la explosión de un satélite Ekran de la Federación de Rusia en la órbita geoestacionaria. Se han podido ver muchos objetos no catalogados en órbitas elípticas altas a una inclinación de 7 grados, posiblemente como consecuencia de la desintegración de la etapa de geotransferencia de un Ariane. El telescopio de la United States Space Command de Mani, Hawai, accidentalmente observó la destrucción de la última etapa del Titán 4 (1968-081E) en febrero de 1992. En la proximidad de la órbita geoestacionaria hay otras etapas finales del Titán que aún son potencialmente explosivas. Algunas de estas etapas parecen haberse perdido y es posible que ya hayan explotado.

17. Se requiere una combinación excepcional de sensibilidad y campo de visión para detectar los pequeños desechos orbitales que se supone existen en la órbita geoestacionaria. A fin de detectar desechos de dimensión inferior a un metro cerca de la altitud geosincrónica se requiere una magnitud estelar límite de 17 o mayor y para observar grandes extensiones rápidamente es necesario disponer del campo de visión más ancho posible. El campo de visión de la mayoría de los telescopios astronómicos que tienen suficiente sensibilidad es pequeño. Estos sirven para determinar con exactitud la posición de los satélites (una vez que se conozca su ubicación aproximada), pero no para observar grandes extensiones de la bóveda celeste.

18. Se han realizado algunas mediciones preliminares para determinar si en las regiones cercanas a la órbita geoestacionaria existen desechos de dimensión inferior a 1 metro. La NASA utilizó un telescopio pequeño capaz de detectar objetos de apenas 17,1 magnitudes estelares (equivalentes aproximadamente a un objeto de 0,6 metros de diámetro a una altitud geosincrónica), con un campo de visión de alrededor de 1,5 grados. Los resultados indicaron que en efecto existía una apreciable población de desechos en las inmediaciones de estas alturas. Hay fundamento para continuar las observaciones de desechos. El Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Orbitales (IADC) estudia actualmente planes para lanzar una campaña exploratoria de desechos orbitales en la órbita geoestacionaria.

19. En el cuadro 1 que figura a continuación se resumen las capacidades ópticas existentes y previstas para la observación óptica de desechos.

Cuadro 1

Instalaciones ópticas para la observación de desechos
(se completará más adelante)

País/Organización	Organización	Abertura del telescopio (metros)	Campo de visión (grados)	Tipo de detector	Magnitud límite	Situación
Japón	SUNDAI	0,75	0,04	CCD	17,0	Operacional
Japón	CRL	1,5	0,28	CCD		Operacional
ESA	ESA	1,0	1,0	CCD	19,0	Experimental
Estados Unidos	NASA	0,3	1,5	CCD	17,1	Operacional
Estados Unidos	NASA	3,0	0,3	CCD	21,5	Operacional
Federación de Rusia	RAC	1,0		CCD	20,0	Operacional
Federación de Rusia	RSA	0,6	0,2	TV	19,0	Operacional
Suiza	Universidad de Berna	1,0		CCD		Experimental
Reino Unido	Real Observatorio de Greenwich	0,2	0,25	CCD		Operacional

1.2 Mediciones desde el espacio

1.2.1 Superficies y detectores de impactos recuperados

20. Es posible obtener información sobre las partículas de tamaño inferior a 1 milímetro mediante el análisis, tras su regreso a la Tierra, de las superficies o naves espaciales expuestas al medio espacial. También puede obtenerse esta clase de información mediante detectores diseñados especialmente para atrapar desechos y polvo. La mayoría de esos detectores contienen, como elemento fundamental, una superficie de detección. Algunos de ellos están concebidos para atrapar una partícula causada por un impacto a fin de someterla a análisis posteriormente. Por razones de costo, las superficies que se recuperan para su examen ulterior proceden únicamente de órbitas terrestres bajas.

A continuación, en el cuadro 2, figuran ejemplos de naves espaciales o superficies recuperadas.

Cuadro 2

Ejemplos de naves espaciales y superficies recuperadas
 (se completará más adelante)

Nombre	Órbita	En órbita	Estabilización	Zona expuesta
LDEF (NASA)	340-470 km 28,5 grados	4/84 a 1/90	Gradiente de gravedad	151 m ²
EURECA (ESA)	520 km 28,5 grados	7/92 a 6/93	Apuntado hacia el Sol	35 m ² (naves espaciales) + 96 m ² (generadores solares)
HST con generador solar (ESA/NASA)	610 km 28,5 grados	5/90 a 12/93	Apuntado hacia el Sol	62 m ²
MIR/EUROMIR 95 (RSA/ESA)	390 km 51,6 grados	10/95 a 2/96	Gradiente de gravedad	Casete 20 x 30 cm
SFU (JAPÓN)	300-500 km 28,5 grados	3/95 a 1/96	Apuntado hacia el Sol	20 m ²
Vehículo orbital del transbordador espacial (NASA)	300-600 km 28,5 grados 51,6 grados	1992 a la actualidad	Diversos medios	100 m ²

21. Tras su exposición al medio espacial, las superficies de las naves espaciales quedan impactadas por un gran número de meteoritos y desechos. El tamaño de los cráteres y agujeros resultantes de los impactos varía desde milésimas de milímetros hasta varios milímetros. Uno de los problemas básicos es distinguir entre los impactos causados por meteoritos y los desechos generados por el hombre. Un método eficaz para determinar su origen es el análisis químico. No obstante, existen algunas dificultades asociadas con este método. Dada la alta velocidad del impacto, la parte del material impactante que se mantiene inalterada es muy pequeña. La partícula se vaporiza y luego se recondensa en las superficies circundantes. A menudo el origen de una partícula impactante no puede determinarse unívocamente (falta de residuos o análisis químico no concluyente). A fin de relacionar el tamaño de la característica del impacto con el tamaño de la partícula, se han realizado ensayos de calibración en tierra (ensayos de impacto a hipervelocidad) utilizando diferentes materiales.

22. Sobre la base de las estadísticas de impacto y de los experimentos de calibración es posible determinar el flujo de meteoritos y desechos en función del tamaño de la partícula. Una cuestión importante que ha de tenerse en cuenta es la de los impactos secundarios. Si éstos no se tratan debidamente, se obtendrá una sobreestimación de las cifras de flujo resultantes.

23. El LDEF estaba impactado por más de 30.000 cráteres visibles a simple vista, de los cuales 5.000 eran de diámetro inferior a 0,5 milímetros. El cráter más grande, de 5 milímetros de diámetro probablemente había sido causado por una partícula de 1 milímetro. El LDEF mostró que algunos grupos de impactos habían ocurrido aproximadamente al mismo tiempo y sugirió la existencia de una población de partículas submilimétricas en órbitas elípticas.

24. En el EURECA el mayor diámetro de los cráteres causados por impactos era de 6,4 milímetros. Entre las superficies recuperadas, el generador solar del Telescopio Espacial Hubble (HST) devuelto a la Tierra era la que había alcanzado la mayor altura de órbita. Un resultado interesante fue que el flujo de impacto del Telescopio Espacial Hubble era considerablemente superior (factor 2-8) al de EURECA en el caso de cráteres con una hendidura superior a 200-300 micrones.

25. El vehículo espacial de vuelo libre (SFU) lanzado en marzo de 1995 fue recuperado por el Transbordador Espacial en enero de 1996. Se está realizando el análisis postvuelo (APV).

26. Los casos examinados anteriormente demuestran el efecto del medio de partículas en las naves espaciales en órbita. En ningún caso se observó una degradación funcional de la nave espacial. La información disponible sobre la población de partículas submilimétricas se limita a alturas por debajo de los 600 kilómetros. En particular, no se dispone de información relativa a las regiones de mayor densidad de desechos espaciales en la órbita terrestre baja (a unos 800 a 1.000 kilómetros de altura) ni en la órbita geoestacionaria. En 1996 se colocó un detector de desechos y de polvo en la órbita geoestacionaria, a bordo de la nave espacial rusa Express-2.

1.2.2 Mediciones de desechos desde el espacio

27. En general, las mediciones espaciales tienen la ventaja de proporcionar más alta definición debido a la menor distancia existente entre el observador y el objeto. Además, no hay ningún efecto perturbador de la atmósfera (extinción y absorción de señales electromagnéticas). Evidentemente, el costo de los sistemas espaciales suele ser superior al de los sistemas terrestres y es necesario sopesar cuidadosamente los resultados y los costos.

28. El satélite astronómico de infrarrojo IRAS, lanzado en 1983 para realizar una observación de la bóveda celeste en un espectro de longitud de onda de 8 a 120 milésimas de milímetro, estuvo en funcionamiento durante 10 meses en una órbita solar sincrónica cercana a los 900 km de altura. El satélite apuntaba radialmente en dirección opuesta a la Tierra a fin de explorar la bóveda celeste. El conjunto completo de datos no elaborados procedentes del IRAS ha sido analizado por la Organización de Investigaciones Espaciales de los Países Bajos (SRON), en Groningen, a fin de caracterizar la emisión infrarroja de desechos y extraer un conjunto amplio de observaciones de desechos. El método para identificar las características de los desechos se basa en el reconocimiento de su trayectoria en el plano focal del IRAS. Las 200.000 observaciones de desechos potenciales están almacenadas en una base de datos. Unas 10.000 observaciones se atribuyen a objetos reales. No es posible calcular los elementos orbitales de un desecho en forma unívoca sobre la base de las observaciones de desechos.

29. En 1996, los Estados Unidos lanzaron a una órbita de 900 km una nave espacial MSX con cuyos sensores del espectro visible e infrarrojo se observan los pequeños desechos cercanos.

1.3 Catalogación y bases de datos

30. Un catálogo es un registro determinista en el que constan las características de la población en órbita obtenidas por medición o procedentes de otros registros. Los fines de un catálogo son permitir la correlación con las observaciones sobre los objetos en órbita, dar constancia histórica de la actividad orbital a efectos de la observación del medio ambiente, servir como aporte para la modelización del comportamiento de objetos en órbita, y servir de base para predecir la actividad futura en cuanto a lanzamientos y operaciones.

31. Pueden registrarse las siguientes características de los objetos en órbita:

- a) La masa: masa de lanzamiento, masa al iniciarse el tiempo de vida y masa seca (al término de la vida);
- b) El área de eco radar: la firma de retorno de un objeto en órbita partiendo de la cual puede deducirse la forma, la orientación y el tamaño;
- c) El albedo: medida de la reflectividad de un objeto que caracteriza la visibilidad óptica del mismo;
- d) Las dimensiones;
- e) La orientación;
- f) El coeficiente balístico: medida de las características aerodinámicas y geométricas de masa de un objeto que influyen en la duración en órbita del mismo hasta su entrada en la atmósfera superior;

g) El material con que están contruidos: aunque actualmente no es de importancia, representar fielmente la dispersión de microdesechos exigiría definir las características de la superficie;

h) Los vectores de estado: las características de la órbita de un objeto deducidas en un momento determinado;

i) Las características de lanzamiento: en particular el vehículo, la época y el lugar de lanzamiento.

32. Existen dos catálogos de objetos espaciales que se actualizan con frecuencia por observación: el catálogo de la Comandancia Espacial de los Estados Unidos y el Catálogo de la Federación de Rusia. Los datos se archivan también en la base de datos DISCOS de la ESA.

33. La NASDA estudia la posibilidad de crear una base informática sobre desechos, que pueda suministrar datos a la base informática internacional común sobre desechos que actualmente estudia el Comité Interinstitucional de Coordinación en Materia de Desechos Orbitales. La NASA estudia también un análisis de predicción de la trayectoria de objetos que reingresan y un análisis para evitar colisiones.

34. La NASDA depende actualmente de la información sobre elementos en órbita facilitada por Space Command de los Estados Unidos, que es la fuente de su base de datos sobre desechos. La NASDA introducirá en dicha base los datos orbitales sobre desechos de sus propias naves espaciales obtenidos en las observaciones realizadas por el Observatorio Nacional de Astronomía.

35. La información registrada en un catálogo puede almacenarse de diversas maneras. Un formato en copia impresa (papel) no se adapta bien al carácter dinámico de la población en órbita. En cambio, un formato electrónico se presta bien al registro de tal información, a la modificación y actualización de las características, a la manipulación de los datos con fines de comparación o de uso como aporte para modelos, así como al acceso mundial por medio de redes por parte de usuarios de todo el mundo con fines de interrogación y aportación.

1.4 Efectos del entorno de desechos espaciales en el funcionamiento de los sistemas espaciales.

36. Son cuatro los factores determinantes de la forma en que un entorno de desechos espaciales afecta a las operaciones de los sistemas espaciales. Se trata de la duración en órbita, la proyección del área, la altura de la órbita y la inclinación de la órbita. Entre ellos, los factores dominantes son la duración en órbita, la proyección del área y la altura de la órbita.

1.4.1 Efectos de los desechos grandes en el funcionamiento de los sistemas espaciales

37. Según una definición típica, los desechos grandes son aquellos cuyo tamaño excede de 10 cm. Tales objetos pueden ser rastreados y mantienen los elementos de su órbita. En el curso de misiones del transbordador espacial, ciertos vehículos orbitales han ejecutado maniobras para evitar colisiones catastróficas con esos grandes desechos espaciales. En 1996 se produjo la primera colisión natural registrada entre dos objetos catalogados: el satélite operacional Cerise y un fragmento de la última fase de un cohete Ariane que había explotado.

1.4.2 Efectos de los desechos pequeños en el funcionamiento de los sistemas espaciales

38. Los desechos pequeños (de tamaño inferior a unos pocos milímetros de diámetro) han causado daños a los sistemas espaciales operativos. Esos impactos no parecen haber repercutido en el éxito de las misiones. Estos daños pueden dividirse en dos categorías. La primera comprende los daños a las superficies o los subsistemas; la segunda, los efectos en las operaciones.

1.4.2.1 Daños a la superficie o los subsistemas

39. Como ejemplos de daños que afectan a la superficie de los sistemas operativos cabe citar:

- a) Los daños a las ventanas del transbordador espacial;
- b) Los daños a la antena de alta ganancia del telescopio espacial Hubble;
- c) La rotura de la amarra del sistema pequeño de despliegue no reutilizable-2 (SEDS-2);
- d) Los daños a otras superficies expuestas del transbordador espacial.

En a), b) y d), es evidente que los daños fueron causados por desechos orbitales. En cambio, en c) no se sabe con seguridad si la causa de los daños fueron desechos generados por el hombre o un micrometeoride.

1.4.2.2 Efectos de los desechos espaciales en las operaciones espaciales tripuladas

40. Se han adoptado procedimientos operativos para proteger a las tripulaciones contra los desechos durante el vuelo. En el caso del transbordador espacial, el vehículo orbital se suele orientar durante el vuelo con la cola situada en la dirección del vector de velocidad. Se optó por esta orientación para proteger a la tripulación y los sistemas sensibles del vehículo contra los daños causados por las colisiones con desechos pequeños.

41. Se han adoptado también restricciones operacionales para las actividades extravehiculares (AEV). Siempre que es posible, las AEV se ejecutan de forma que los tripulantes encargados de ellas estén protegidos contra los desechos por el vehículo orbital.

1.5 Otros efectos de los desechos espaciales

42. En la captación de imágenes con gran angular, los astrónomos observan cada vez más rastros por placa provocadas por desechos orbitales. Esos rastros merman la calidad de la observación. Los rastros dejados por los desechos orbitales anularán por completo la observación fotométrica si algún desecho cruza el campo fotométrico estrecho.