

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R S.1003-2**  
(12/2010)

**Protección medioambiental de la órbita  
de los satélites geoestacionarios**

**Serie S**  
**Servicio fijo por satélite**



Unión  
Internacional de  
Telecomunicaciones

## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

## Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión sonora
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	<b>Servicio fijo por satélite</b>
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2011

© UIT 2011

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R S.1003-2\*

**Protección medioambiental de la órbita de los satélites geoestacionarios**

(Cuestión UIT-R 34/4)

(1993-2003-2010)

**Cometido**

En esta Recomendación se ofrece orientación respecto de las órbitas de eliminación para los satélites en la órbita de los satélites geoestacionarios y comentarios sobre el incremento de los desechos debidos a los fragmentos resultantes del incremento del número de satélites y de sus correspondientes lanzamientos.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) (véase la Fig. 1) es un recurso único que ofrece beneficios considerables a los operadores desde el punto de vista de los requisitos de mantenimiento en posición de la estación, buena visibilidad y cobertura del suelo, falta de necesidad de sistemas de seguimiento en antenas de pequeñas estaciones terrenas y entorno orbital relativamente favorable;
- b) que los satélites tienen pocas posibilidades de seguir funcionando en caso de colisión en órbita;
- c) que las funciones de telecomunicaciones de un satélite se perderían o al menos se degradarían notablemente si se produce una colisión en órbita;
- d) que la desintegración de un satélite debido a una colisión o a una explosión provocaría una nube de fragmentos orbitales que se dispersarían alrededor de la órbita aumentando la probabilidad de colisión en dicha región orbital;
- e) que la deriva de un satélite en la OSG una vez finalizada su vida útil puede provocar un bloqueo en los enlaces de radiofrecuencia de los satélites activos,

*recomienda*

- 1 que durante el emplazamiento de un satélite en órbita se introduzcan en la región de la OSG el menor número posible de residuos;
- 2 que se hagan todos los esfuerzos posibles para acortar el tiempo de permanencia de los residuos en órbitas elípticas de transferencia, con los apogeos a la altitud de la OSG o próximos a ella;

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 5, 6 y 7 de Radiocomunicaciones. Se solicita que la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones considere el tema relativo a la no utilización del arco geoestacionario para depositar los vehículos espaciales o las componentes de la etapa de transferencia que representan un peligro para el funcionamiento de otros vehículos espaciales.

3 que, antes de que se agote completamente su combustible, un satélite geoestacionario al final de su vida útil debe retirarse de la región de la OSG de tal forma que bajo la influencia de las fuerzas perturbadoras en su trayectoria, se ubique posteriormente en una órbita con un perigeo mayor de 200 km por encima de la altitud geoestacionaria (véase el Anexo 1);

4 que la transferencia a la órbita de desecho se realice teniendo un cuidado especial para evitar la interferencia de radiofrecuencia con los satélites activos.

## Anexo 1

### Protección medioambiental de la OSG

En 2010, se conoce la presencia de unos 1 100 vehículos espaciales y cohetes de propulsión cerca de la OSG, aproximadamente un tercio de los cuales es actualmente operativo.

El conocimiento del entorno geoestacionario está limitado por la resolución de las observaciones efectuadas desde la Tierra. Actualmente, la dimensión más pequeña de un objeto detectable y del que es posible hacer un seguimiento (en las mejores condiciones) en la OSG, es de 1 m. A efectos comparativos, puede señalarse que en la órbita terrestre baja puede determinarse y clasificarse el número de objetos con dimensiones superiores a 30 cm y puede incluso caracterizarse estadísticamente en cuanto a altitud e inclinación el número de objetos con dimensiones que pueden descender hasta a 5 mm. El conocimiento de la posición de los vehículos espaciales u objetos no sometidos a control de radiofrecuencia no es tan bueno como el conocimiento que tienen los operadores sobre la ubicación de los vehículos espaciales activos.

El riesgo que corren los vehículos espaciales en estado operacional se debe fundamentalmente a la explosión de fragmentos de desecho causada por los combustibles y gases residuales de los dispositivos de propulsión y, con menos frecuencia, por la energía almacenada en las baterías. El riesgo también puede derivarse de los fragmentos resultantes de colisiones entre naves espaciales intactas. Además, también se producen fragmentos adicionales cuando un fragmento colisiona con una nave espacial intacta u otro fragmento. Este último riesgo se ha incrementado de manera importante en los últimos años en determinadas alturas como consecuencia de un reducido número de eventos. Aproximadamente el 60% de los objetos que figuran en el Catálogo de Vigilancia Espacial (Space Surveillance Catalogue) son residuos procedentes de fragmentación. Se han señalado dos fragmentaciones en la región geoestacionaria, ambas caracterizadas como explosiones. Es muy probable que se hayan producido otros eventos similares que no se han detectado debido a las limitaciones de los métodos de observación a esa altitud.

Si bien las colisiones en la órbita geosíncrona no tienen las graves consecuencias que las que se producen en la órbita terrestre baja, cuyas velocidades características de impacto son del orden de 500 m/s, dichas colisiones pueden ocasionar daños significativos a los sistemas en órbita.

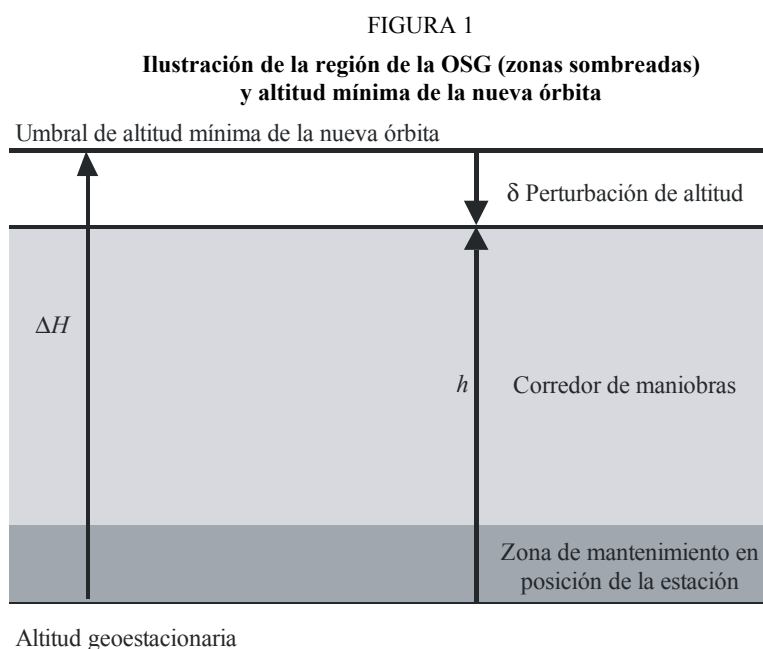
Dadas las limitaciones actuales (impulso específico principalmente) de los sistemas de propulsión espacial, resulta poco práctico retirar los objetos situados a la altitud de la OSG o devolverlos a la Tierra al final de su vida operativa. Por lo tanto, debe establecerse una región protegida por encima, por debajo y alrededor de la OSG, en la que se defina el régimen nominal orbital con arreglo al cual se ubicarán y maniobrarán los satélites operativos. A fin de evitar una acumulación de objetos inútiles en esta región, y el aumento inherente de la densidad de población de tales objetos con el posible riesgo de colisión que se originaría, deben retirarse de esta región los satélites que llegan al final de su vida operativa. Con objeto de asegurarse de que estos objetos no supongan un peligro de



colisión para los satélites que se lanzan a la OSG, deben maniobrarse a altitudes superiores a la de la región de la OSG y no a altitudes inferiores. La altitud de la «órbita de desecho» del satélite debe ser lo suficientemente elevada como para que, bajo la influencia de fuerzas perturbadoras, el satélite no pueda obstaculizar a los satélites operativos existentes en la región de la OSG. La región de la OSG abarca tanto la OSG (zona de mantenimiento en posición de la estación operativa) como el corredor de maniobra situado directamente sobre la OSG, y alcanza una altitud de 200 km sobre la altitud de la OSG (como se muestra en la Fig. 1).

El requisito fundamental es que, una vez aparcado en una órbita a mayor altitud, el vehículo espacial, que quedará bajo la influencia de fuerzas perturbadoras, no vuelva a situarse en la región de la OSG:

$$\Delta H > h + \delta \quad (1)$$



$\Delta H$ : aumento mínimo de la altitud por encima de la altitud de la OSG del vehículo espacial situado en la nueva órbita  
 $\delta$ : descenso máximo del vehículo espacial situado en la nueva órbita debido a perturbaciones  
 $h$ : altitud mínima de la región de la OSG protegida por encima de la altitud de la OSG

S.1003-02

## 1 Perturbaciones producidas a un satélite situado en una órbita supersíncrona

El movimiento de un satélite lanzado a una órbita con una altitud superior a la de la OSG queda perturbado periódicamente debido a:

- la influencia gravitacional de la esfericidad de la Tierra;
- la atracción gravitacional del Sol y de la Luna;
- la presión de radiación del Sol.

La perturbación orbital global, , puede representarse empíricamente mediante dos componentes. La influencia combinada de las perturbaciones gravitacionales periódicas no debe superar los 35 km en ningún satélite en una órbita circular (excentricidad inferior a 0,003), o:

$$\delta_{\text{grav}} < 35 \text{ km} \quad (2)$$

Para órbitas de eliminación más excéntricas, el efecto de perturbación podría ser superior a 35 km.

El grado máximo de la perturbación debida a la presión de radiación solar (PRS) depende de las características propias del satélite y se calcula en km a partir de:

$$\delta_{PRS} < 1\,000 C_r A/M \quad (3)$$

donde:

$$\delta = \delta_{grav} + \delta_{PRS}$$

siendo:

$C_r$ : coeficiente de reflectividad del satélite al inicio de su vida, que varía entre 1 y 2 en función de las características de su superficie

$A$ : área de presentación del satélite expuesta al Sol (m<sup>2</sup>)

$M$ : masa del satélite sin combustible (kg).

(Habitualmente,  $A/M$  tiene un valor entre 0,01 y 0,1 dependiendo de las características del satélite.)

La combinación de las ecuaciones (1), (2) y (3) permite calcular el requisito mínimo de altitud de la nueva órbita por encima de la altitud de la OSG a fin de asegurar que el satélite, al final de su vida útil, no vuelva a la región de la OSG protegida, que se extiende hasta 200 km por encima de la altitud geoestacionaria:

$$\Delta H > 235 + 1\,000 C_r A/M \quad (4)$$

para excentricidades  $< 0,003$ .

Alturas inferiores de perigeo de la órbita de eliminación, que seguirán evitando la región OSG por al menos 100 años son posibles en ocasiones, cuando el plano orbital y la línea de ápsides están favorablemente alineados.

## 2 Presupuesto para combustible y reservas de combustible

Se alienta a los operadores de vehículos espaciales a que supervisen la utilización del combustible a bordo a fin de garantizar la disponibilidad de la cantidad suficiente para llevar a cabo la maniobra requerida al final de su vida útil. Cabe señalar que tal vez algunos satélites operativos existentes en la OSG en 2003 tengan dificultades para lograr este objetivo, lo cual puede aumentar el riesgo de que se produzcan colisiones. Además, se recomienda añadir una reserva de combustible al presupuesto con objeto de tener en cuenta los efectos de las imprecisiones en la determinación de la órbita y los posibles errores de ejecución.

Se recomienda seguir una estrategia de maniobra múltiple para aumentar el perigeo de la órbita hasta la mínima altitud prevista, reduciendo así al mínimo las consecuencias de los fallos en el sistema de propulsión ya sea debido a un mal funcionamiento o a una reserva de combustible insuficiente.

Una vez alcanzada la mínima altitud del perigeo, se debe seguir aplicando una estrategia de maniobra múltiple, aumentando progresivamente el perigeo de la órbita y utilizando en la mayor medida posible todo el combustible y, si puede ser, los presurizantes restantes. Una vez agotados el combustible y los presurizantes restantes, deben desactivarse todas las demás fuentes de energía almacenadas a bordo (por ejemplo, baterías, giróscopos) a fin de evitar toda posibilidad de fragmentación.