



## **INVESTIGA I+D+i 2017/2018**

### **GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "BASURA ESPACIAL"**

**Texto de D<sup>a</sup>. Eva Vega**

**Octubre de 2017**

#### **Introducción**

---

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 pequeños.

Las colisiones con grandes trozos de basura pueden inutilizar o incluso destruir las naves espaciales, como sucedió con el satélite francés Cerise en 1996. Los desechos más pequeños también pueden provocar grandes daños o amenazar a los astronautas en sus paseos espaciales.

Cuando los paneles solares del telescopio espacial Hubble fueron trasladados de vuelta a la Tierra en 2002, estaban acribillados por impactos de hasta 8 mm de ancho.

Más de 500.000 piezas de basura espacial orbital alrededor de la Tierra. Normalmente, esos no representarían amenaza alguna, pero en el espacio los desechos se desplazan

a gran velocidad. Hasta las partículas de polvo actúan como proyectiles diminutos. El aumento de la basura espacial supone un riesgo para todos los vehículos espaciales, y resulta especialmente preocupante en el caso de vehículos con seres humanos a bordo como la Estación Espacial Internacional, transbordadores espaciales y otras naves espaciales tripuladas.

## ¿Qué es la basura espacial?

---

De forma muy general, la denominación basura espacial podría incluir tanto objetos naturales como partículas artificiales, hechas por el hombre. Sin embargo como los meteoritos generalmente orbitan alrededor del Sol; solemos usar el término basura espacial para los objetos artificiales que orbitan alrededor de la Tierra.

Por lo tanto, se le llama basura espacial o chatarra espacial a cualquier objeto artificial sin utilidad que orbita alrededor de 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.

Hay más de 20.000 piezas de basura más grande que una pelota de espuma orbitando alrededor de la tierra y unos 500.000 pedazos de basura del tamaño de una pequeña piedra. También se sabe que hay millones de pedazos que son tan pequeños que no son detectados desde la Tierra.

Para que nos hagamos una idea del impacto de estas pequeñas partículas orbitando alrededor de la Tierra, las ventanas de los transbordadores espaciales de la NASA se han debido reparar varias veces tras sufrir impactos con un material que tras analizarlos se ha descubierto que eran motas de pintura.

Ahora entenderemos mejor, las palabras científico jefe para la basura espacial de la NASA “el gran riesgo para las misiones espaciales viene de la basura no detectable”.

La basura espacial se ha convertido en una preocupación cada vez mayor en estos últimos años, puesto que las colisiones a velocidades orbitales pueden ser altamente perjudiciales para el funcionamiento de los satélites y pueden también producir aún más basura espacial en un proceso llamado Síndrome de Kessler. Con tanta basura espacial, de hecho, es sorprendente que haya tan pocas colisiones desastrosas en el espacio.

## Los Problemas generados por la Basura Espacial

---

La basura espacial no es solo una probabilidad teórica de que ocurra una colisión, es un riesgo real y ha habido diferentes misiones afectadas. A continuación se listan los hechos históricos más significativos relacionados con la Basura Espacial:

- La primera maniobra oficial para evitar una colisión se realizó en septiembre de 1991. La lanzadera espacial STS-48 encendió su sistema de control durante 7 segundos para evitar un posible encuentro con restos del satélite 955 de Cosmos.
- Una de las primeras colisiones espaciales se produjo en 1996, cuando el satélite Francés Cerise fue dañado por los restos de un lanzador francés que había sido usado una década antes.
- La colisión espacial más importante se produjo el 10 de febrero de 2009, a las 16:56 a 776 km sobre la península de Taimyr (Siberia) un satélite ruso estropeado (Cosmos 2251) colisionó y destruyó un satélite comercial americano de la red Iridium, el Iridium 33. La colisión, además de los daños evidentes para la constelación, generó más de 2000 piezas de basura rastreable desde la tierra.
- En 2007 china realizó un ensayo anti-satélites que consistía en lanzar un misil para destruir un viejo satélite meteorológico. Este ensayo añadió 3000 piezas al problema de la basura espacial.
- La basura espacial ha puesto en peligro incluso a los tripulantes de la Estación Espacial Internacional. Aunque los desperdicios pasaron a 250 metros, los seis astronautas que permanecían a bordo se vieron obligados a realizar una evacuación de emergencia y a refugiarse en las dos naves Soyuz acopladas a la estación.

## La basura espacial y la Mecánica orbital

---

El principio por el que los objetos orbitan en el espacio es el mismo por el que el movimiento giratorio de una piedra atado de una cuerda, solo que en el caso de los objetos orbitales la cuerda es la gravedad terrestre.

Otra particularidad del caso del espacio, es que la casi total ausencia de atmosfera elimina en gran medida las fuerzas de rozamiento. Por este motivo, una vez que situamos un objeto en órbita a una altura y velocidades determinadas, el objeto permanecería idealmente orbitando permanentemente.

Obviamente, esto es una simplificación, porque existen perturbaciones que afectan a la órbita ideal como son que el campo gravitatorio terrestre no es realmente esférico, la atracción del Sol y la Luna, la existencia de un pequeño rozamiento atmosférico, el viento solar.... Sin embargo su efecto se aprecia en largos periodos de tiempo, por lo que no las vamos a tener en cuenta.

Por lo tanto, ya sabemos que una vez que un objeto ha alcanzado su órbita en el espacio permanecerá en ella sin necesidad de usar motores o de maniobrar, tan solo por la gravitación. Este hecho supone una ventaja para las misiones espaciales, de hecho hay multitud de satélites de bajo coste que no tienen motores y que permanecen en órbita múltiples años.

En este punto cabría preguntarse, ¿para que usan los motores los vehículos espaciales?, pues bien, lo usan para realizar maniobras que corrijan los efectos de las pequeñas perturbaciones y para realizar maniobras para evitar colisiones con otros objetos. Si pensamos en que estas mismas reglas aplican a todos los objetos del espacio, identificaremos el primer problema de la basura espacial; una vez que una pieza de basura se suelta en el espacio permanecerá orbitando durante largos periodos de tiempo.

Ahora supongamos el caso de una colisión en el espacio, los miles de fragmento que se generan son de nuevo basura espacial que seguirán orbitando durante largos periodos y generando más colisiones.

## El Síndrome de Kessler

---

Cada día es más fácil y barato poner un objeto en órbita. Esto es muy bueno para la ciencia y las comunicaciones, pero si no somos lo suficientemente cuidadosos con la forma en que manejamos estos cacharros una vez que han terminado su misión, podríamos convertir la órbita baja de la tierra en un verdadero cementerio espacial inutilizable. Este problema ha sido analizado en profundidad por el consultor de la NASA Donald J. Kessler.

Según Kessler, en algún momento del futuro cercano, el volumen de basura espacial en la órbita baja terrestre será tan alto, que los objetos en órbita tendrán una gran probabilidad de ser impactados por los escombros. Este proceso creará aún más basura, lo que a su vez aumentará el riesgo de que otros satélites sean impactados, creándose un perjudicial círculo vicioso. A medida que el número de satélites en órbita crece y se vuelven viejos, la probabilidad de sufrir el Síndrome de Kessler se hace mayor, ya que la mayoría de los satélites “jubilados” no poseen combustible que les permita “correrse” en caso de que se vean amenazados por algún trozo de basura.

Lo que hace tan peligroso al Síndrome de Kessler es el “efecto dominó”, ya que los impactos que se produzcan entre dos objetos de masa importante creará mucha basura adicional como resultado de la colisión. Cada pedazo de metralla posee el potencial de causar daño a otros objetos que se encuentren en órbita, lo que a su vez crea más basura espacial. Si ocurriese una colisión lo bastante grande -entre la estación espacial y un satélite, por ejemplo- la cantidad de basura generada podría ser lo suficientemente alta como para que la órbita baja de la tierra quede inutilizable.

La basura espacial viaja a velocidades demasiado altas como para intentar recogerlas. Además, su gran número y pequeño tamaño hacen inviable el diseño de misiones

específicas para sacarlas de órbita. Por supuesto, todos estos objetos, en algún momento, sucumbirán a la resistencia del aire en la extremadamente tenue alta atmósfera y se quemarán durante el reingreso, pero es un proceso muy lento que requerirá cientos (o miles) de años. Algunos trozos de metal ferrosos que pueden interactuar con el campo magnético terrestre caerán primero, dentro de algunas décadas.

Las agencias espaciales conocen bien este problema, y diseñan las misiones teniendo en cuenta todo lo necesario para que los objetos que se envían al espacio no terminen dañando otros vehículos. Por ejemplo, los satélites pueden ser desechados de forma segura al final de su vida útil, ya sea por medio de un reingreso controlado en la atmosférica (en caso de órbitas bajas) o enviándolos a una “órbita cementerio” en el caso de que sean del tipo “geoestacionarios”. Sabemos que la fricción de la atmósfera mantiene las órbitas más bajas limpias. Todo lo que gire a menos de 500 kilómetros de altura y no disponga de combustible para hacer correcciones, será barrido en pocos meses. Pero las orbitas altas, en las que se encuentran los satélites de comunicaciones, no disponen de este “asistente de limpieza” natural. Todo esto debería ser tenido muy en cuenta en los próximos años, cuando empresas como Interorbital Systems comiencen a lanzar sus satélites al espacio. En principio, por razones de costo y disponibilidad de las tecnologías necesarias, estas empresas enviarán sus objetos a las orbitas bajas, pero seguramente en 5 o 10 años serán capaces de enviar sus chismes bastante más alto, poniendo al Síndrome de Kessler en la tapa de todos los diarios.

## Rastreando la Basura Espacial

---

Existe un Red de Vigilancia Espacial que rastrea todos los objetos espaciales. La red es capaz de detectar objetos de 5 centímetros de diámetro en el caso de órbitas cercanas a la tierra (700 km) y de 1 metro para órbitas geosincrónicas (36.000 km). Actualmente, de los más de 21.000 objetos que han sido catalogados desde los inicios de esta red, 15.000 están todavía en órbita.

Para realizar este seguimiento, la red de vigilancia del espacio tiene numerosos sensores terrenos distribuidos en diferentes partes del mundo.

La información de estos sensores (radares y telescopios), junto con las inspecciones que se hacen a las piezas que retornan del espacio, es la base para el inventario de basura espacial.

Los riesgos de colisión entre objetos Espaciales se categorizan en función del tamaño de objeto que se colisiona, así para objetos que por su tamaño pueden ser rastreados desde la Tierra, la mejor manera de evitar el riesgo es mediante maniobras de evasión. Para objetos no detectables, la situación es más compleja ya que sólo para objetos de tamaño inferior a 1 centímetro de diámetro, un escudo protector es útil para proteger al vehículo espacial de impacto.

## Planificación y reacción contra la Basura Espacial

---

Los organismos internacionales tienen un conjunto de estándares y guías que se usan para evaluar si una partícula va a pasar lo suficientemente cerca como para realizar una maniobra evasiva u otra medida de seguridad en el caso de misiones con tripulación.

De forma gráfica, podemos decir que la base de estas evaluaciones es suponer una caja imaginaria de 1.5 kilómetros de profundidad y 50 kilómetros de ancho y 50 kilómetros de largo (llamada la caja de pizza) alrededor del vehículo espacial. Cuando una predicción indica que la basura espacial pasará cerca de esta caja y la calidad del dato de rastreo de la particular es suficientemente bueno, se trabaja para desarrollar un plan de acción.

Algunas veces, estos encuentros se conocen con suficiente antelación y hay tiempo para mover el vehículo espacial un poco y así conseguir que la basura esté siempre fuera de la caja, esto es lo que se conoce como “maniobra evasiva de basura espacial”.

Otras veces, en cambio, los datos de rastreo no son lo suficientemente precisos para asegurar que se puede hacer esta maniobra o el riesgo de colisión se conoce con poca antelación y no da tiempo a preparar la maniobra. En estos casos, se acuerda las acciones a tomar para minimizar los efectos de la posible colisión. Por ejemplo estas medidas en el caso de la Estación Espacial Internacional, puede ser mover la tripulación a la Soyuz que es la sonda que transporta a los astronautas a la estación o bien, tomar precauciones adicionales.

## Maniobrando un Satélite para Evitar una Colisión

---

La maniobra para evitar una colisión se planea cuando la probabilidad de la comisión es mayor que 1 sobre 100.000. Si la probabilidad es mayor que 1 sobre 10.000 la ejecución de una maniobra es totalmente necesaria. Estas maniobras son normalmente pequeñas y ocurren como mínimo 1 hora antes del tiempo de previsto para la colisión.

JSpOC es el centro del Departamento de Defensa Americano que es el responsable de analizar el riesgo de colisiones entre todos los objetos en el espacio. JSpoc emite avisos de colisión a todas las misiones.

Las misiones afectadas pueden asumir el riesgo o decidir hacer una maniobra. En caso de hacer una maniobrar esta debe ser enviada otra vez a JSpOC para que aseguren que la maniobra a realizar es correcta y que no supone un riesgo de colisión con otro objeto espacial.

## Reducción la basura espacial

---

La primera medida para reducir la basura espacial es eliminar el satélite que ya no están operativos del espacio.

El primer enfoque para retirar un satélite es esperar. La atmósfera de la Tierra no termina abruptamente a una altitud bien definida: gradualmente se desvanece, hasta que se vuelve tan dispersa para ser insignificante.

La actividad solar expande y contrae la atmósfera, por lo que la densidad atmosférica en las capas superiores de la atmósfera cambia con el tiempo. El resultado es que los objetos orbitando alrededor de la Tierra siguen sujetos a cierta cantidad de resistencia atmosférica, cuya intensidad depende de la altitud y de las características geométricas del cuerpo. Este arrastre erosiona lentamente la órbita del satélite hasta que sea lo suficientemente bajo como para ser capturado por la atmósfera.

Cuando un satélite vuelve a entrar en la atmósfera, se rompe con las capas superiores de la atmósfera a una velocidad lo suficientemente alta como para romperla y quemarla.

Para los satélites que vuelan por debajo de 600 km, la decadencia natural puede tardar hasta dos décadas. Entre 600 km y 2000 km, la decadencia puede tardar hasta un par de siglos, y para los satélites que vuelan a unos 35.000 km en la llamada órbita geostacionaria (GEO), la decadencia natural puede tardar miles de años.

Para las naves espaciales que vuelan en órbita terrestre baja (2.000 km o menos), podemos reducir significativamente este tiempo realizando una maniobra de reducción de perigeo, que sería el segundo enfoque de reducción de la basura.

En términos simples, aplicando una cierta cantidad de empuje en la dirección opuesta al vector de velocidad, puede cambiar la órbita de circular a elíptica, bajando un lado de la órbita hasta una altitud caracterizada por una mayor resistencia atmosférica. Esta maniobra reduce la desintegración orbital a un tiempo de 25 años o menos, como lo exige la normativa sobre desechos espaciales.

La principal razón por la cual las regulaciones establecen un límite de 25 años en lugar de una reentrada directa es porque los sistemas de propulsión a bordo de la mayoría

de las naves espaciales están diseñados para ejecutar sólo maniobras de empuje bajo para mantener una nave espacial dentro de su trayectoria orbital durante el transcurso de la misión. Una maniobra de desmantelamiento con este tipo de propulsión toma mucho tiempo y consume mucho propulsor, reduciendo así la vida de una nave espacial por varios meses.

En el caso de misiones geoestacionarias (36.000 km) estos métodos no son aplicables y se tiende a hacer maniobras que los saquen de su órbita lanzándolos a alturas más elevadas. En este caso, el gran problema es que existen gran cantidad de misiones en el cinturón geoestacionario y una vez que la misión deja de funcionar, debe dejar sus posición a otro satélite.

## Bibliografía

---

- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/news/orbital\\_debris.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Basura\\_espacial](https://es.wikipedia.org/wiki/Basura_espacial)
- [https://www.esa.int/esaKIDSes/SEM7PJXDE2E\\_Technology\\_0.html](https://www.esa.int/esaKIDSes/SEM7PJXDE2E_Technology_0.html)
- <http://www.neoteo.com/el-sindrome-de-kessler-y-la-exploracion-espacial/>