

# El conocimiento de la situación espacial. Detectando riesgos

JOSÉ ALEMAÑ ASENSI  
Coronel del Ejército del Aire

Desde el lanzamiento del primer satélite artificial hace sesenta años, hemos tenido la tendencia a considerar al espacio como un entorno donde el principal riesgo eran nuestras propias limitaciones tecnológicas. Con el tiempo hemos empezado a conocer las amenazas para las numerosas tecnologías basadas en satélites, de las que cada vez dependemos en mayor medida. Si queremos seguir consolidando y expandiendo nuestras capacidades espaciales, tendremos que estar muy atentos a una serie de fenómenos, unos naturales y otros provocados por nuestras actividades, que pueden poner en riesgo servicios que hoy resultan esenciales.

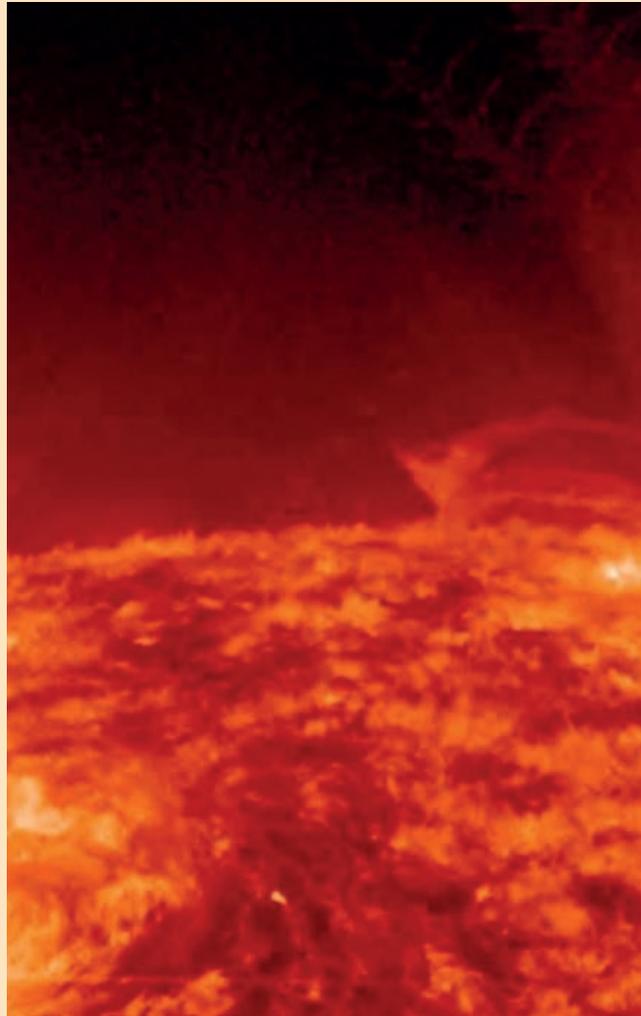
Cualquiera puede imaginar las graves consecuencias que se derivarían de una caída o disfunción de los satélites que proporcionan navegación y posicionamiento, comunicaciones, observación del clima y predicción meteorológica, alertas y avisos originados por medios de observación de la tierra, redes y otras tecnologías de la información o retransmisiones audiovisuales. Por solo enumerar algunos.

En el campo militar, y desde las fases iniciales del planeamiento, las operaciones necesitan de las capacidades de nuestros satélites para proporcionar ISR, mando y control, navegación de precisión y servicios de referencia de tiempo, SATCOM, conocimiento de la situación para el comandante y alerta temprana de lanzamientos; en una lista que no deja de crecer. Lo más importante es que las capacidades referidas están directamente ligadas a la capacidad de ejercer un mando y control efectivo de las operaciones. Además, el entorno espacial genera sus propias posibilidades de enfrentamiento con la finalidad de asegurarnos el empleo de las capacidades que operan en él y negar a los adversarios el acceso a ellas.

Así pues, el conocimiento de la situación espacial se configura desde el primer momento como un interés cívico-militar. Podríamos decir que existe un apremio común por proteger los servicios de carácter general proporcionados por los satélites, que sería el interés de la parte civil, junto a una necesidad militar de conocer las amenazas que esos servicios espaciales pueden sufrir

como consecuencia de la acción de potencias enemigas, así como el diseño de medidas para negar el acceso de esas potencias a sus propias capacidades espaciales.

Respecto al objetivo general de disponer de información precisa y oportuna sobre el ambiente espacial y particularmente en lo referido a riesgos para las infraestructuras en órbita y en tierra, se han establecido en los principales países del mundo programas de conocimiento de la situación espacial, en inglés *space situational*



*awareness* (SSA). El alcance de estos programas debe atender a tres áreas principales, todas ellas posible origen de fenómenos que pueden degradar nuestras capacidades basadas en el espacio:

- El clima espacial, *SW* (*space weather*): observar y predecir la actividad solar que pueda afectar a los sistemas en órbita y a las infraestructuras terrestres, influyendo en el funcionamiento de los servicios y amenazando la seguridad y la salud.

- Los objetos cercanos a la Tierra, *NEO* (*near-earth objects*): detectar y seguir objetos naturales, principalmente asteroides, que puedan dañar o eliminar satélites, incluso impactar contra la Tierra.

- La vigilancia y seguimiento espacial, *SST* (*space surveillance and tracking*): detectar y catalogar los satélites activos e inactivos, así como todo tipo de basura espacial que orbita alrededor de la Tierra para evitar colisiones que afecten a sistemas en servicio.

Para poner en práctica todo ello, los diferentes países están financiando programas y creando

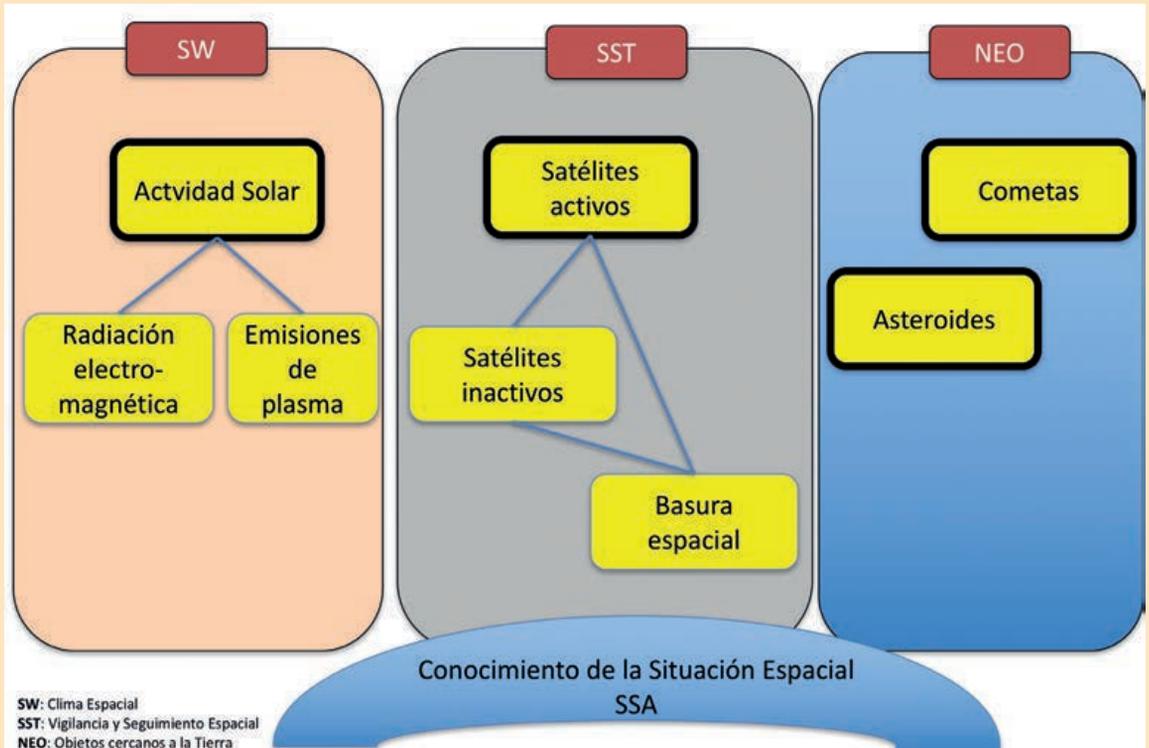
centros, con participación mixta de expertos civiles y militares, que integran la información de diferentes redes de sensores. Al tratarse de una actividad de naturaleza intrínsecamente global, se registran colaboraciones activas entre los servicios de países amigos para intercambiar información y mejorar el conocimiento, con el objeto de evitar accidentes que acabarían perjudicando a todos.

### LOS RIESGOS ORIGINADOS POR EL CLIMA ESPACIAL (SW)

A las 2:44 horas del 13 de marzo de 1989, la provincia canadiense de Quebec sufrió un apagón masivo. Durante más de doce horas, casi ocho millones de personas se quedaron sin suministro eléctrico, miles quedaron atrapados en ascensores y pasos subterráneos, sin calefacción, con los colegios y los negocios cerrados, al igual que el propio aeropuerto de Dorval. El transporte público se colapsó a causa del cierre del metro.



*Explosión solar captada por la NASA*



El fenómeno tuvo su causa en una violentísima explosión solar, ocurrida tres días antes, que lanzó billones de toneladas de gas al espacio en dirección a nuestro planeta. De forma inmediata, toda la banda de onda corta quedó inutilizable y el día 12 de marzo se pudieron ver auroras boreales en latitudes tan bajas como Florida y Cuba. Las consecuencias se agravaron cuando la enorme perturbación magnética creó intensas corrientes en el suelo de América del Norte y encontró una debilidad en la red eléctrica de Montreal. Además, hubo problemas en los sistemas de suministro de Nueva York y Nueva Inglaterra, que sufrieron graves caídas de potencia sin llegar al apagón.

En el espacio, docenas de satélites quedaron fuera de comunicación y otros experimentaron fallos en el funcionamiento de diferentes sistemas debido a la influencia de la tormenta solar en sus equipos electrónicos.

Nuestra dependencia de los satélites en 1989 era apenas una fracción de la que hoy tenemos y las consecuencias de la pérdida de comunicaciones y control podría ser muy grave si se repitiera un fenómeno similar sin tomar medidas. Conocer los ciclos de actividad solar es una necesidad creciente según aumentamos nuestra presencia en el espacio cercano, pero, como el suceso descrito indica, estos fenómenos también afectan a infraestructuras en tierra, así como da-

ñan equipos de aviones en vuelo y afectan a la salud de tripulantes y pasajeros.

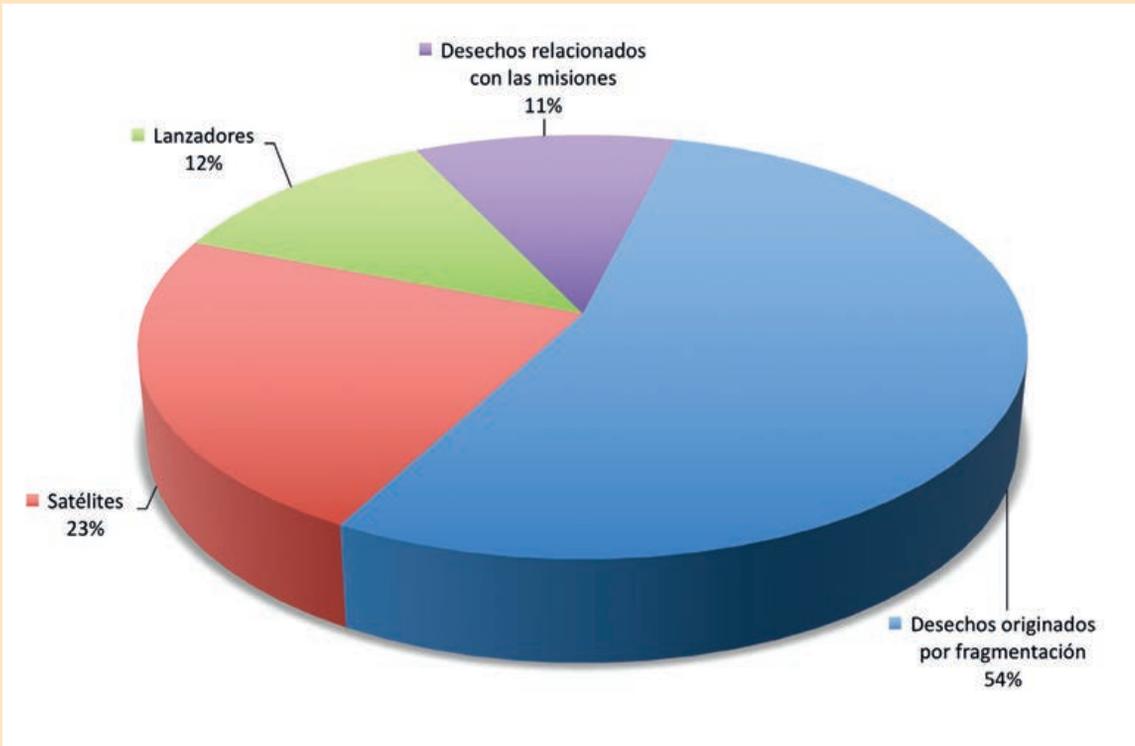
La observación del clima espacial incluye, principalmente, la actividad solar que provoca la emisión de plasma, las variaciones en los campos magnéticos y las radiaciones electromagnéticas. También, aunque de forma menos trascendente, se considera la influencia de rayos cósmicos y otras fuentes de partículas de energía.

Los fenómenos de clima espacial afectan a los sistemas electrónicos y degradan los paneles fotovoltaicos de los satélites, acortando su vida operativa. Por ello, la información sobre la actividad solar permite diseñar la protección de los sistemas

de a bordo en función de la intensidad de los fenómenos que se esperan durante la vida del satélite. Igualmente, anticiparse a la llegada de tormentas magnéticas permite que los operadores de los sistemas desactiven determinados equipos hasta que cesen las perturbaciones para evitar que resulten dañados e incluso plegar o modificar la posición de los paneles solares para reducir su exposición.

Las principales agencias y organismos relacionados con el estudio del espacio, ya tienen servicios de meteorología espacial que proporcionan información sobre la actividad solar obtenida por sus medios de observación, análisis y predicción.

### *Los fenómenos de clima espacial afectan a los sistemas electrónicos y degradan los paneles fotovoltaicos de los satélites*



El mando militar debe tener previsto el acceso a la información sobre clima espacial porque, como se ha visto, puede influir en la disponibilidad de los servicios basados en satélites y condicionar el planeamiento y la conducción de las operaciones. El personal militar de los servicios SSA proporciona el necesario enlace, así como el asesoramiento experto para incluir la influencia de este tipo de fenómenos en las decisiones que se tomen en los distintos niveles de la cadena de mando. Los planes de entrenamiento y los ejercicios tienen que empezar a incluir sucesos de este tipo para familiarizar a mandos y unidades con las consecuencias operativas que se pueden inducir.

### LOS OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA (NEO)

Los NEO son asteroides o cometas cuyo tamaño puede oscilar entre unos metros y decenas de kilómetros con órbitas que se acercan a la de la Tierra. Podríamos hablar de alrededor de 16.000 NEO entre los 60.000 asteroides de nuestro sistema solar.

El riesgo más evidente de los NEO, por haberse producido en numerosas ocasiones, es la probabilidad de impacto contra nuestro planeta, pero no hay que olvidar que un acercamiento a las órbitas utilizadas por nuestros satélites, aún sin llegar a penetrar la atmósfera, podría causar graves daños a los segmentos espaciales con consecuencias potencialmente catastróficas.



El 15 de febrero de 2013 un asteroide provocó una lluvia de meteoritos en la ciudad rusa de Cheliábinsk, causando casi 1.500 heridas y cuantiosos daños materiales. (Imagen: ESA)

### El síndrome Kessler

En 1978 el astrofísico Donald Kessler, consultor de la NASA, enunció una teoría acerca de la posibilidad de una sucesión de colisiones en cadena que afectaría a los restos de basura espacial que orbitan alrededor de nuestro planeta. Kessler imaginó que el suceso se desencadenaría por el impacto de un meteorito contra un satélite artificial. La fragmentación de este último provocaría un elevado número de restos de basura espacial que, a su vez, impactarían contra otros satélites, aumentando el número de fragmentos hasta llegar a crear una esfera de basura espacial orbitando alrededor de la tierra. El número y densidad de los fragmentos sería tal que imposibilitaría posteriores lanzamientos, impidiendo de facto el acceso al espacio durante siglos.

Los miles de fragmentos que provocó el autoderribo del satélite chino FY-1C en 2007 y el impacto entre el satélite americano Iridium 33 y el ruso Cosmos 2251 en 2009 indican que Kessler podría estar en lo cierto. En realidad, el síndrome que lleva su nombre podría iniciarse de una forma diferente, con el impacto de un fragmento de basura contra un satélite. Si el accidente provocase una explosión, los fragmentos se encontrarían en una zona mucho más saturada de satélites de lo que estaba en la época de Kessler y las probabilidades de que diese comienzo el síndrome serían mucho mayores que en 1978.

Las alertas de colisión que los servicios SST vienen proporcionando a los operadores de satélites para que los desvíen y eviten impactos con fragmentos de basura espacial se convierten en un servicio de la mayor importancia. ■

Las probabilidades de impacto de un NEO son reducidas, pero la extensión del daño es tan grande que es necesario tomar medidas para una detección y seguimiento efectivos. Los objetivos de un servicio NEO deben incluir el catálogo de los objetos y sus datos de posición actual y futura, la estimación de posibles impactos con la Tierra o satélites, la valoración de las consecuencias del impacto y el desarrollo de métodos de desvío.

Resulta evidente que el alcance de todo ello obliga a una coordinación internacional, pero cada servicio SSA debe disponer de expertos que detecten, sigan y hagan predicciones sobre los fenómenos NEO a partir de los datos obtenidos por sus respectivos sensores y medios de análisis. De ese modo, las autoridades, organismos y operadores de sistemas de satélites que puedan verse afectados recibirán con la mayor anticipación las alertas que se emitan.

Las consecuencias en el ámbito militar de una alerta NEO son todavía mayores que en lo descrito para el clima espacial porque en función del alcance del incidente podría ser necesaria la alerta e intervención de las capacidades de emergencia para apoyo en casos de catástrofe. Por ello, la parte militar del servicio SSA debe disponer de los procedimientos y medios adecuados para difundir la información sobre NEO que sea de interés en cada caso.

### LA VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO ESPACIAL (SS)

Tenemos que pensar en la gran cantidad de objetos que hemos ido poniendo en órbita desde el 4 de octubre de 1957, fecha de lanzamiento del Sputnik 1. Aquel año se lanzaron 3 satélites, durante el año siguiente se lanzaron 17 satélites

y, en estos sesenta años, hemos mantenido una asombrosa actividad que promedia más de 130 lanzamientos al año, es decir, por encima de 2 cada semana. Habitualmente, hay más de 1.000 satélites operativos.

Podemos estimar que cada lanzamiento origina alrededor de 100 elementos de basura espacial, incluyendo lanzadores que permanecen en órbita, cubiertas de protección liberadas tras cumplir su función, fragmentos producidos por los sistemas pirotécnicos de separación del lanzador y elementos diversos que se desprenden en el proceso de colocación en órbita.

Además, se han producido pequeños accidentes en los acoplamientos con las diferentes estaciones espaciales; la propia operación de los satélites ha provocado el desprendimiento de elementos que se habrían deteriorado con el paso del tiempo; fragmentaciones,

pequeñas explosiones y otros incidentes que han colocado en órbita un número creciente de objetos de manera, digamos, difícilmente evitable.

Además, hay que mencionar dos momentos funestos en la evolución de la generación de basura espacial.

El 11 de enero de 2007 China tuvo la catastrófica idea de realizar una prueba de misil antisatélite contra una de sus naves de la serie Fengyun, el FY-1C, un satélite meteorológico no operativo que orbitaba a 865 km. El impacto supuso la mayor creación de basura espacial causada por un único suceso, con más de 2.000 piezas de tamaño identificable y varias decenas de miles de fragmentos menores que seguirán en la órbita baja terrestre durante siglos.

El segundo evento fue la colisión accidental entre el satélite de comunicaciones Iridium 33 americano y el satélite militar ruso fuera de servicio Cosmos 2251. El impacto se produjo a 789

***Cada lanzamiento origina alrededor de 100 elementos de basura espacial***

km de altura y generó un millar de elementos de basura de tamaño superior a los 10 centímetros y varios miles de fragmentos menores. Más de la mitad siguen orbitando nuestro planeta y uno de los restos del Cosmos pasó en 2012 tan cerca de la Estación Espacial Internacional que los astronautas tuvieron que pasar a las naves Soyuz de emergencia en previsión de que fuera necesaria la evacuación a causa de un impacto.

En estos momentos hay más de 17.000 objetos de un tamaño superior a 10 cm, entre los que hay satélites operativos, otros que dejaron de serlo, restos de lanzadores, piezas desprendidas y hasta guantes de astronauta perdidos. El número de restos mayores de 1 cm podría superar los 750.000. Hasta un centenar de ventanas de las lanzaderas espaciales tuvieron que ser sustituidas por impactos menores y es difícil estimar cuantas averías de satélites se han producido por esa causa.

La búsqueda y catalogación de los restos de basura espacial se ha convertido en una necesidad para todos los países y agencias espaciales, así como un servicio imprescindible para que los operadores de satélites puedan evitar colisiones. En estos momentos se produce un promedio de un desvío de satélite cada semana forzado por la posibilidad de colisión.

Un servicio SST como el de nuestro país incluye una red de sensores, un centro de operaciones de vigilancia y seguimiento y los enlaces necesarios para unir todos los elementos entre sí y conectarlos con otros servicios de países amigos. Para completar la eficacia de una actividad que es obligatoriamente de dimensiones planetarias, existen acuerdos y convenios de colaboración para intercambiar información y hacer llegar las alertas a todos los interesados, especialmente los operadores de satélites, los lanzadores y las autoridades.

El trabajo de un centro de operaciones SST comienza por la detección

de un objeto, a continuación comprueba si ya está catalogado o es uno nuevo, en cuyo caso hay que calcular sus datos. Con toda esa información hay que mantener un seguimiento continuo de todo el catálogo para hacer predicciones buscando las posibles colisiones o reentradas en la atmósfera que puedan tener consecuencias en tierra o afectar a la navegación aérea. En este caso, deben poner en marcha los procedimientos para alertar a los operadores de los satélites y las autoridades. También tienen que

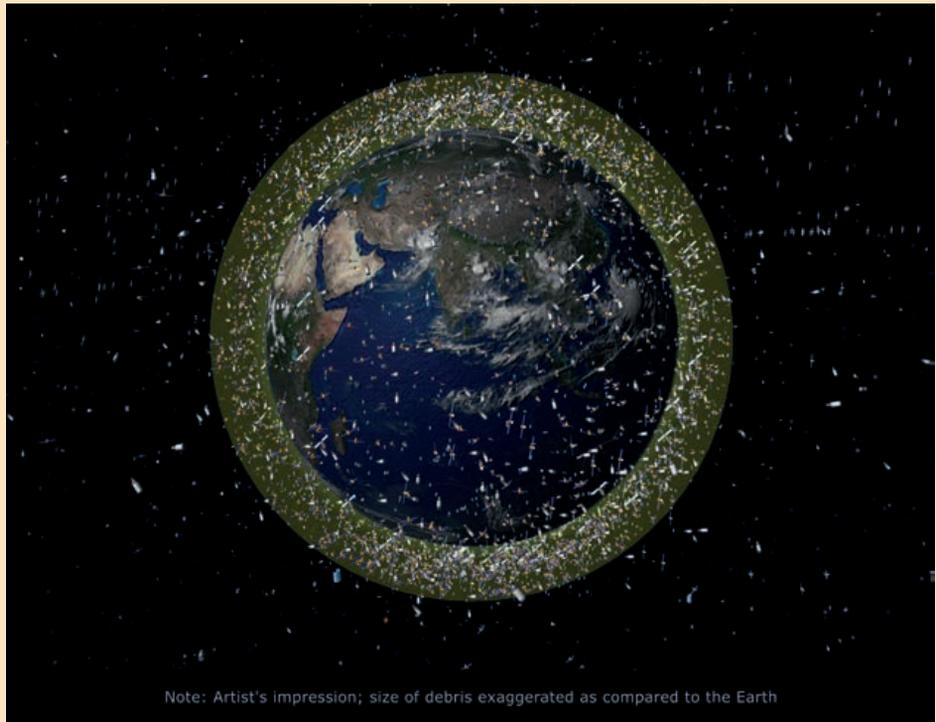
difundir la información

relativa a fragmentaciones que detecten y a los lanzamientos de satélites de su país para que el resto de servicios tengan conocimiento y puedan hacer los oportunos seguimientos y catalogar los restos que todo lanzamiento genera.

La descripción anterior de las actividades de un centro SST no es, lógicamente, exhaustiva, y solo pretende aproximarse a la complejidad y trascendencia que tiene el funcionamiento de estos organismos.

Desde el punto de vista militar, conocer las posibles alteraciones en el funcionamiento de los sistemas espaciales ya se ha destacado anteriormente, pero en el caso del SST encontramos implicaciones adicionales.

***En estos momentos hay más de 17.000 objetos de un tamaño superior a 10 cm, entre los que hay satélites operativos, otros que dejaron de serlo, restos de lanzadores, piezas desprendidas y hasta guantes de astronauta perdidos***



Note: Artist's impression; size of debris exaggerated as compared to the Earth

Imagen: ESA

Si nos referimos a un satélite operativo, nuestra necesidad de información va más allá de la mera catalogación para conocer sus datos orbitales con objeto de prevenir colisiones. Debemos realizar una caracterización completa que nos indique el país al que pertenece el satélite, su operador, el tipo de servicio que presta (comunicaciones, inteligencia, navegación, etc.), sus capacidades, segmentos terrestres y todo aquello que permita al mando valorar la posible influencia en las operaciones propias.

Esa tarea de caracterización, junto a la de proporcionar al mando militar el conocimiento de la situación espacial en relación con las operaciones, constituye el núcleo de la actividad de la parte militar del servicio SST. Además, proporciona la seguridad del conjunto de las instalaciones tanto de una parte de los sensores como del centro de operaciones y de las comunicaciones entre ellos. Este último aspecto es el primero a tener en cuenta para proteger nuestras capacidades, puesto que un sistema basado en satélites no solo es vulnerable en su segmento espacial, sino que puede ser anulado o al menos degradado, actuando contra su segmento terreno, bien sea cinéticamente o a través del ciberespacio.

#### SSA COMO ACTIVIDAD MILITAR

A lo largo del artículo se ha mencionado la importancia de las capacidades espaciales para el mando de las operaciones militares. Fruto de ello, es necesaria la participación de personal militar en todos los ámbitos de las actividades SSA para,

por un lado, complementar al personal civil y proporcionar seguridad a instalaciones y comunicaciones y, al mismo tiempo, enlazar con la cadena de mando para asegurar que el planeamiento y la conducción de las operaciones se hace desde el conocimiento de la influencia que pueden sufrir debido a un cambio en la situación espacial.

Pero hay que asumir que la propia importancia de las capacidades espaciales en el desarrollo de las operaciones convierte al ámbito espacial en un entorno de confrontación en sí mismo, puesto que los adversarios intentarán negar nuestro acceso a los servicios que recibimos desde los satélites y nosotros deberemos, por un lado, protegernos de esas acciones y, a la vez, impedir o degradar el beneficio que el enemigo obtiene del uso de sus capacidades espaciales.

Como consecuencia de todo ello se ha conformado un ámbito novedoso de operaciones militares que tienen su origen y final en las capacidades espaciales con la finalidad de disponer de un conocimiento de la situación espacial que nos permita garantizar el control del espacio de forma continuada mediante acciones ofensivas y defensivas.

Nuestro día a día cada vez depende más de tecnologías que prestan su servicio desde el espacio. En el campo de la seguridad, esta dependencia resulta especialmente intensa, desde las capacidades más operativas como la obtención de inteligencia hasta los apoyos que hoy resultan imprescindibles para operar, como los sistemas de navegación de precisión, las telecomunicaciones o las predicciones meteorológicas.



*Aurora boreal desde la Estación Espacial Internacional. Los fenómenos de meteorología espacial pueden afectar a nuestras capacidades en órbita y también a las infraestructuras terrestres. (Imagen: ESA)*