

Perspectiva de la universidad y la industria

JOSÉ M. MARTÍNEZ CORTÉS
Coronel del Ejército del Aire

UNA VISIÓN UNIVERSITARIA

En su presentación, el profesor Alonso (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos y del Espacio, ETSIAE) destacó primero la gran relevancia del espacio en nuestras sociedades actuales y algunas consideraciones sobre su creciente militarización, continuó con algunos elementos de la llamada Ley del espacio y ejemplos de los programas de exploración, en curso y previstos. Finalmente, trató algunas cuestiones sobre iniciativas en protección planetaria. A continuación, se resumen estos aspectos:

El espacio en nuestras sociedades y creciente militarización

El sector espacial es estratégico, dado que aporta a las naciones ciencia y tecnología, capacidad industrial, retorno económico y poder militar. La industria espacial global mueve un negocio de 325 000 millones de dólares (*The Space Report, Space Foundation, 2016*). Además, hay una demanda creciente de más y más servicios, impulsada por la continua disminución

de costes, en base a la utilización de constelaciones de satélites pequeños, menos complejos y mucho más baratos que los grandes vehículos espaciales tradicionales.

Sin embargo, ello hace que el espacio se esté volviendo más accesible, pero también más competitivo, con más organizaciones privadas involucrándose en el desarrollo de parte de la infraestructura espacial (lanzadores o sondas de exploración espacial), tradicionalmente había sido un terreno limitado a organizaciones gubernamentales. Por otra parte, las sociedades modernas dependen de los servicios prestados por los satélites en actividades como transporte, negocios y comercio, servicios financieros, servicios basados en internet, radiodifusión, predicción meteorológica, gestión de desastres, agricultura, protección del medio ambiente, ciencia y actividades militares.

Continuó señalando que la guerra espacial jugará un papel cada vez más importante y que la dependencia de los satélites de nuestras sociedades convierte a



los satélites en objetivos primordiales para incapacitar al enemigo, no siendo la posibilidad de destruir o deshabilitar los vehículos espaciales excesivamente complicada, ya que los medios espaciales, tanto civiles como militares, son esencialmente vulnerables. Esta cuestión se complica con la realidad de que el acceso al espacio se está volviendo más fácil y económico, en parte gracias al desarrollo de satélites pequeños cada vez más capaces, como los Cubesats, y de menor coste que antes. En consecuencia, el espacio está cada vez más militarizado, existiendo ya múltiples opciones de ataque (armas cibernéticas, electrónicas o de energía dirigida, misiles antisatélite, armas basadas en el espacio mucho más sofisticadas, basadas en la pulverización química, brazos robóticos, etc., o bien ataques físicos o ciberataques a las estaciones terrestres).

A este respecto, señaló dos detalles importantes: El conocimiento de la situación espacial (en inglés, *space situational awareness*, SSA) es clave para cualquier fuerza espacial y las tecnologías de doble uso juegan un papel muy importante en la militarización del espacio, porque, además de constituir una oportunidad para reducir el coste del desarrollo tecnológico, desde el punto de vista militar, también pueden convertirse en una amenaza, ya que estas tecnologías de doble uso pueden llegar a estar disponibles para diferentes usuarios, pudiendo resultar muy difícil su control.

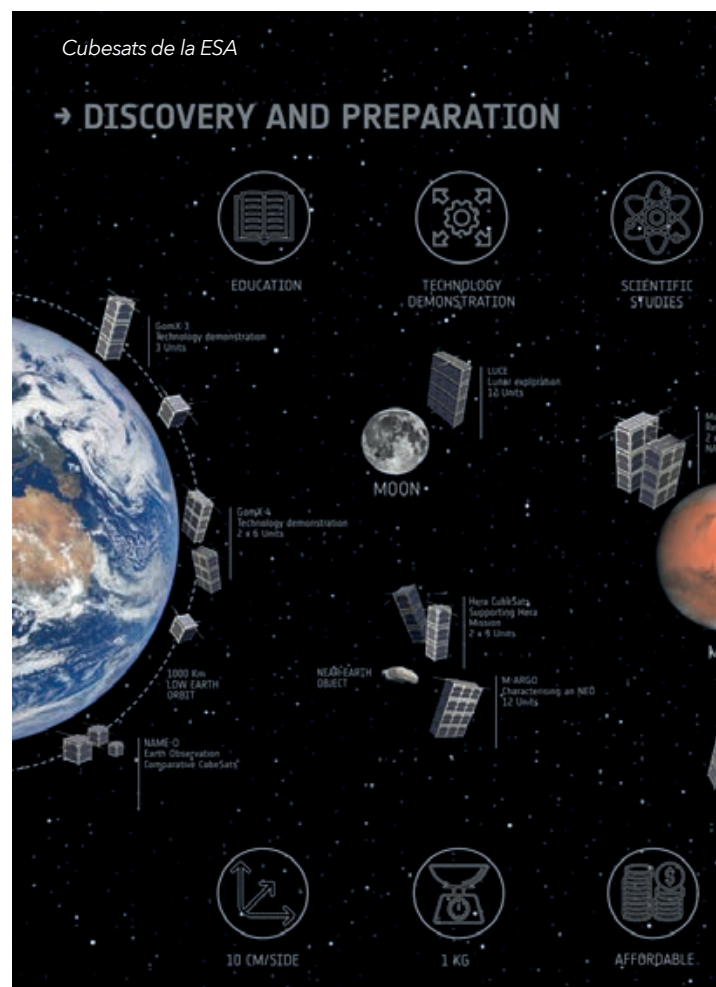
Ley del espacio

La evolución de los desarrollos tecnológicos más o menos acompañados por la normativa internacional en el espacio muestra una analogía con la evolución de la regulación del transporte aéreo. Esta tuvo una primera regulación en Francia en 1784 relativa a operaciones con globos, que abordaba el problema de responsabilidad asociado a los nuevos artefactos, llegando al establecimiento de los aspectos legales de la aviación internacional plasmados en el Convenio de Chicago de 1944.

Se denomina Ley del espacio a los acuerdos y directrices nacionales e internacionales que rigen temas como la exploración espacial, el empleo militar y de las armas, la responsabilidad por daños y cualquier otro aspecto de la ley, desde lo penal, comercial y de seguros hasta lo relativo a la propiedad y al medioambiente. Quizás, el tratado internacional más importante es el Tratado sobre los principios que rigen las actividades de los Estados en la exploración y uso del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes (el *Outer Space Treaty*, 1967). Es el tratado más ampliamente adoptado (104 signatarios) y es la base de la legislación

espacial internacional, cuyos principios rectores son que la exploración espacial debe ser una iniciativa pacífica y que todas las naciones deben tener libre acceso al espacio. Cubre elementos tales como las responsabilidades de las naciones por sus acciones en el espacio o reglas para evitar contaminar nuestro sistema solar y el empleo justo del espacio ultraterrestre. Prohíbe la «apropiación del espacio ultraterrestre, incluidos los cuerpos celestes», por parte de cualquier nación; sin embargo, respecto a la extracción de recursos existen diferentes interpretaciones, lo que crea la necesidad de nuevos acuerdos.

Cabe mencionar también el Convenio sobre responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales (*Liability Convention*, 1972), que establece que una nación es responsable de los daños causados a cualquiera por sus objetos espaciales y el Tratado sobre la prohibición de pruebas de armamento nuclear en la atmósfera, en el espacio ultraterrestre y bajo el agua (*Partial Test Ban Treaty*, 1963), que prohibió las pruebas de armas nucleares en el espacio ultraterrestre.



Un aspecto principal que requiere un acuerdo internacional es la dimensión vertical del espacio aéreo soberano, actualmente inexistente. Existen sugerencias que van desde aproximadamente los 30 km (19 millas) –techo máximo de aeronaves y globos– hasta aproximadamente los 160 km (99 millas) –nivel más bajo de órbitas estables a corto plazo–. Por su parte, la Fédération Aéronautique Internationale ha establecido la línea Kármán, a una altitud de 100 km (62 millas), como el límite entre la atmósfera terrestre y el espacio ultraterrestre, mientras EE.UU. considera astronauta a cualquier persona que haya volado por encima de 80 km (50 millas).

Los retos pendientes con respecto a la legislación sobre el espacio son la dimensión vertical del espacio aéreo soberano, las responsabilidades relacionadas con los daños causados en el espacio por la basura espacial, nuevas tecnologías y nuevos modelos comerciales y la posible apropiación de territorio en el espacio por empresas privadas o incluso individuos, la explotación de recursos naturales en el espacio y su militarización.

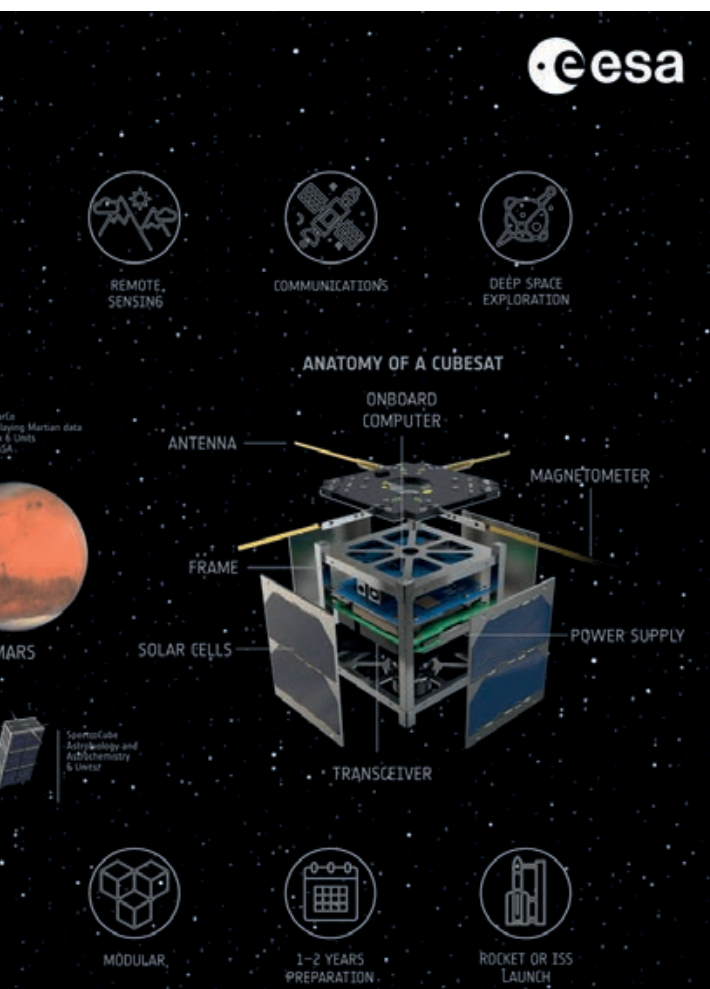
La exploración (el espacio más allá) y protección planetaria

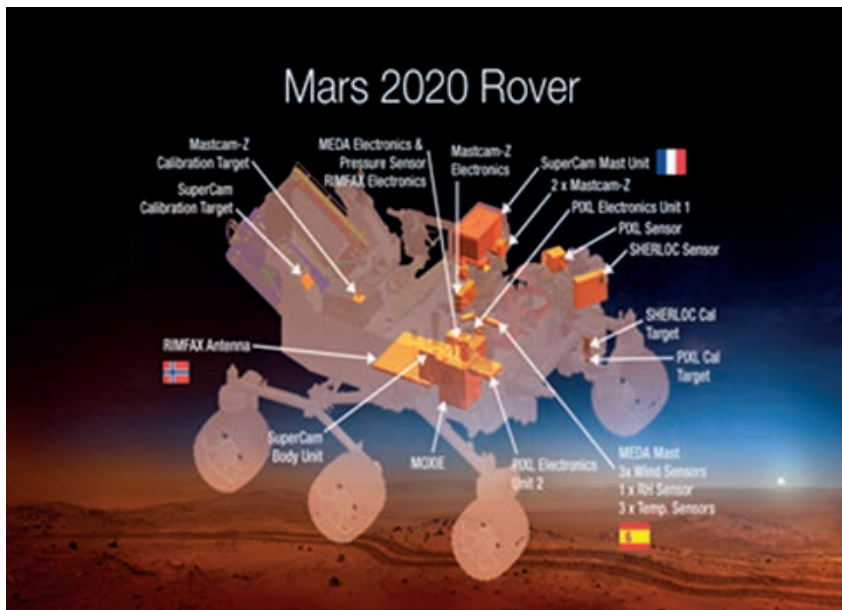
Estamos asistiendo a un renovado interés, por parte de diferentes naciones, en la Luna, Marte y otros cuerpos celestes. Existen futuras misiones (a corto plazo) de exploración a la Luna y, en relación a la exploración de Marte, ha habido misiones en el pasado, activas y otras futuras a corto plazo (Mars 2020 - NASA, ExoMars 2020 - ESA, Mars 2020 - China, y Mars Mission - UAE). Más allá de los objetivos científicos, estas misiones tienen por objeto explorar las posibilidades de obtener y utilizar recursos del espacio ultraterrestre. Puede que estemos viviendo una nueva carrera espacial con competidores diferentes, en este caso, manteniéndose EE.UU. y pasando China a ocupar el puesto de la competencia, aunque como en el siglo XX, todos estos programas tan ambiciosos necesitan también presupuestos muy ambiciosos. En este sentido, la cooperación internacional es y ha sido el medio para hacer viables ambiciosas misiones de exploración espacial. Por otra parte, debe aún debatirse el papel de la fuerza espacial en la defensa de la Tierra contra las amenazas naturales procedentes del espacio (impacto de asteroides y meteoritos), la llamada «defensa planetaria», pues tenemos evidencia de los efectos devastadores de los impactos de cuerpos extraterrestres en la superficie de la Tierra. Así mismo, tenemos buenos ejemplos de misiones dirigidas a desarrollar tecnologías que nos permitan en el futuro hacer frente a tales amenazas (Misión Rosetta, ESA, que fue capaz por primera vez de aterrizar en un cometa, o la próxima misión AIDA, NASA-ESA, con el propósito de demostrar la técnica de impacto cinético para cambiar el movimiento de asteroides en el espacio, probablemente la forma más efectiva, por el momento, de protección planetaria).

La cooperación internacional

La cooperación internacional está generalizada en las misiones científicas, con numerosos ejemplos, en particular, la Estación Espacial Internacional, una empresa conjunta de la NASA, la ESA, Roscosmos, CSA y JAXA, y otros ejemplos de cooperación entre China y la ESA o entre China y Rusia. Esta cooperación, principalmente en misiones científicas, es compatible con una fuerte competencia en los servicios de lanzamiento.

La cooperación internacional muestra en la actualidad una geometría variable. Sin embargo, podemos identificar dos partes en esta red de alianzas en misiones científicas y de exploración: el grupo de agencias alrededor de EE.UU. (Europa, Canadá, Japón y Rusia) y la red que China está desarrollando y su





space silk road. A su vez, otras potencias espaciales, especialmente India, aún no están alineadas. Está claro, por tanto, que hay fuertes intereses económicos que necesitan ser protegidos, promovidos, y puestos al alcance de una fuerza espacial.

Para concluir, el profesor Alonso, mencionó que el futuro es un desafío, como siempre lo ha sido. El entorno está cambiando, como siempre lo ha hecho. La fuerza espacial debe prepararse y anticipar esos cambios en los escenarios, misiones, tecnologías, vehículos, modelos de negocio, personas y competencias del futuro. El espacio es demasiado grande para una sola nación, por ello la cooperación internacional es esencial. Sin embargo, hay mucho en juego y la confrontación es una posibilidad. La cuestión es si la historia invita a ser optimista.

UNA VISIÓN POR PARTE DE LA INDUSTRIA

Tras una breve introducción sobre TEDAE, Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio, que integra a industrias tecnológicas españolas con presencia en estos campos de actividad (77 compañías), Potti (vicepresidente de TEDAE) introdujo el sector espacial como uno de los sectores industriales más intensivos en tecnología, con un impacto creciente en nuestro presente, pero mayor aún en el futuro.

Inversión pública en espacio e industria espacial española

Es por ello que las principales potencias económicas mundiales compiten por invertir en el espacio, con Estados Unidos liderando (más de 48 000 millones

de dólares), seguido de la Unión Europea (12 000), China (8500), Rusia (3000), Japón (1780) e India (1600). En el caso español, el nivel de inversión es cercano a los 400 millones de dólares anuales, lo que supone apenas un 0,03 % de nuestro PIB, lejos de la media europea.

La industria espacial española ocupa la cuarta posición en el ranking de la zona euro, tanto por nivel de cifra de negocios como por empleo. Es importante señalar, además, que la industria espacial española se ha multiplicado por un factor de dos en los últimos doce años, cuando en dicho periodo el conjunto de la economía española apenas creció un 20%. Así mismo, en conjunto, nuestra industria alcanzó en 2018

una productividad 3,6 veces superior a la media nacional y, en los últimos años, ha escalado muchas posiciones en la cadena de valor, pasando de ser un suministrador de pequeños elementos y equipos a liderar misiones y grandes sistemas.

Además, este sector industrial está presente en todos los segmentos de la actividad espacial, tanto en la fabricación de ingenios espaciales y sus segmentos terrestres (*upstream*) como en operaciones y aplicaciones del espacio (*downstream*). Así mismo, es activa en todo tipo de misiones, incluyendo observación de la Tierra (30%), ciencia y exploración espacial, telecomunicaciones, lanzadores, navegación por satélite y vigilancia del espacio.

El contexto global del espacio

En la actualidad, el contexto espacial global está viviendo un momento de cambio; en un crecimiento muy acusado, el espacio es cada vez más necesario para nuestra economía, seguridad y calidad de vida. Es por ello que viviremos unos años de mayor globalización del espacio y de cierta congestión. Desde el punto de vista de la defensa, cada vez es más evidente su carácter estratégico. Un aspecto asimismo singular del espacio es la dificultad de regulación al trascender fronteras. Con respecto a la evidente relación entre espacio y defensa, podemos destacar cinco áreas de actuación:

- Las comunicaciones por satélite. El espacio proporciona la posibilidad de dar cobertura global de comunicaciones de forma mucho más eficiente que las redes terrestres, en ocasiones, único medio de mando y control para los despliegues militares. Hoy existen 776 satélites de comunicaciones orbitando alrededor de



Representación del satélite Paz

la Tierra que corresponden a 49 países que disponen de dicha capacidad; en el ranking mundial, España se sitúa en 10.^a posición. De estos, la mayoría se sitúa en órbita geoestacionaria (476) y un 25% tienen un propósito dual. Spainsat NG es un programa de enorme envergadura que proporcionará tres bandas de comunicaciones (UHF, X y Ka militar) y que hoy constituye el programa de satélites de comunicaciones más avanzado en Europa.

- El posicionamiento por satélite. Los sistemas de posicionamiento, navegación y cronología (*positioning, navigation and timing*) por satélite se han desarrollado enormemente en los últimos años, hasta el punto de haberse convertido en un bien primario de consumo para el conjunto de la sociedad. En pocos años dispondremos de múltiples sistemas globales con mejoras tecnológicas que permitirán una mayor penetración de estos sistemas en la economía y en la sociedad. Los sistemas GPS militar y el PRS Galileo proporcionan encriptación, así como una mayor protección frente a interferencias, aunque requieren receptores específicos así como sistemas de gestión de claves.
- La observación de la Tierra. Los satélites de observación de la Tierra constituyen una fuente imprescindible de información para un gran número de aplicaciones que responden a necesidades de nuestra sociedad. Por ello, existe una creciente inversión en infraestructura dedicada, acompañada de una creciente inversión privada. España ha desarrollado su capacidad satelital propia en este campo con una importante participación de la industria nacional. El satélite radar Paz se encuentra actualmente en operación y el satélite

óptico Ingenio se lanzará en algunos meses para alcanzar una capacidad completa.

- La vigilancia del espacio ultraterrestre. Con un incremento exponencial del número de objetos en órbita, la utilización segura del espacio es un asunto de creciente preocupación. Se calcula que en la actualidad orbitan 29 000 objetos de más de 10 cm, 750 000 de tamaño entre 1 y 10 cm y más de 100 millones de tamaño menor de 1 cm, provocando una creciente congestión del espacio que hace necesarios los sistemas de vigilancia. España ha trabajado desde el principio con el grupo de los cinco grandes países que lideran la reciente iniciativa europea SSA/SST. Para ello, ha desarrollado con su industria su propio sistema radar y su centro de operaciones (S3TOC), operativo desde 2016, e integra un conjunto de sensores ópticos como parte de la red española de vigilancia del espacio. Los ministerios de Defensa están tomando un papel cada vez más activo en esta área.
- La defensa planetaria. La superficie de la Luna es un claro ejemplo de la frecuencia con la que los asteroides impactan planetas y satélites en nuestro sistema solar. En la actualidad, se conocen 18 000 NEO (asteroides y cometas que orbitan en cierta proximidad a la Tierra) que constituyen una amenaza potencial. Con los medios actuales se descubren nuevos NEO de tamaños mayores de un kilómetro de diámetro; el siguiente paso sería identificar aquellos que son mayores de 100 metros. Existen también desarrollos tecnológicos y misiones de demostración cuyo objetivo es demostrar que disponemos de medios para desviar asteroides que pudieran impactar la Tierra. ■