Cuadernos de Estrategia 170
El sector espacial en España. Evolución y perspectivas

Instituto Español de Estudios Estratégicos

ieee.es
Instituto Español de Estudios Estratégicos

MINISTERIO DE DEFENSA

Cuadernos de Estrategia 170
El sector espacial en España. Evolución y perspectivas

Instituto Español de Estudios Estratégicos

ieee.es
Instituto Español de Estudios Estratégicos

MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http://publicacionesoficiales.boe.es/

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

http://publicaciones.defensa.gob.es/

© Autor y editor, 2014

NIPO: 083-14-236-5 (edición papel)
ISBN: 978-84-9091-006-1 (edición papel)
Depósito Legal: M-30595-2014

Fecha de edición: diciembre 2014

Imprime: Imprenta del Ministerio de Defensa

NIPO: 083-14-235-X (edición libro-e)
ISBN: 978-84-9091-005-4 (edición libro-e)

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad de los autores de la misma. Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

En esta edición se ha utilizado papel 100% reciclado libre de cloro.

ÍNDICE

Página

Introducción
Vicente Gómez Domínguez

Sinopsis 15

Resumen de los capítulos 16

Capítulo primero

Evolución del sector espacial en España. el entorno industrial y científico 21
Fernando Davara Rodríguez
David Ramírez Morán

Introducción 23

Cronología de la evolución española en el sector 23
- ***1er período: los orígenes*** 23
- ***2º período: consolidación*** 28
- ***Observación de la Tierra*** 28
- ***Comunicaciones*** 33
- ***Navegación y posicionamiento*** 36
- ***Meteorología*** 39
- ***Acceso al espacio*** 40
- ***Otros programas y actividades espaciales*** 41

Síntesis del estado actual 43

Perspectivas de futuro 45

Conclusiones 50

Capítulo segundo

Sistemas espaciales: aplicaciones y servicios 53
Fernando Davara Rodríguez

Introducción 55

Sistemas espaciales 56
- ***Observación de la Tierra (EO)*** 60

Página

Comunicaciones ... 63
Navegación y posicionamiento (GNSS) ... 66

El espacio de seguridad y defensa ... 68
Observación de la Tierra (EO) ... 69
Comunicaciones ... 71
Navegación y posicionamiento ... 73

Otras aplicaciones y servicios ... 73
Infraestructuras de datos espaciales ... 74
Inteligencia Geoespacial o GeoInt ... 78
Otras aplicaciones y servicios de seguridad y defensa ... 80

Tendencias ... 83
Uso dual ... 84
Arquitecturas abiertas y distribuidas ... 86
Interoperabilidad ... 88

Conclusiones ... 89

Capítulo tercero

Cooperación internacional ... 93
Luis Mayo Muñiz

Breve historia de la regulación espacial internacional ... 95

UNCOPUOS ... 96

UIT ... 97
La Unión Europea ... 99
Otros organismos internacionales relevantes ... 100

España y la cooperación espacial internacional ... 103
Participación española en las organizaciones internacionales ... 103
Otros acuerdos de colaboración bilateral y multilateral ... 106
Las empresas españolas y la cooperación industrial ... 108
Cooperación científica ... 110

El futuro de la cooperación internacional en espacio. Una propuesta de estrategia nacional ... 111
¿Qué podemos aprender de la experiencia anterior? ... 111
Una propuesta de estrategia nacional de cooperación internacional ... 115

Capítulo cuarto

El espacio, una realidad económica ... 119
Fernando García Martínez-Peñalver,
Manuel Gago Areces y Eugenio Fontán Oñate

La economía del espacio ... 121

El sector espacial en el mundo ... 123

Tendencias de la economía del espacio ... 127
Crece el interés por la inversión en el espacio ... 127
Aumenta la cooperación internacional ... 129
Nuevas tecnologías, nuevos jugadores, menores costes ... 130

Europa y el espacio ... 132

El sector espacial en España ... 137
Caracterización del sector ... 137
La participación española en la ESA ... 144
Aporte del sector espacial a la productividad y las exportaciones ... 146
Empleo espacial en España ... 148

Mirando hacia el futuro ... 152

Página

Oportunidades para el sector industrial del espacio en España 152
Inversión pública en la economía del espacio. Instrumentos para una economía del espacio 155

Capítulo quinto

El (posible) futuro del espacio 161
Álvaro Azcárraga

Introducción 164
El futuro empieza ayer 165
Murmullos y maquinaciones: el complejo industrial y su relación con la seguridad 168
Ética, estética y legislación vigente: el *corpus juris spatialis* y sus consecuencias 172
La actividad espacial en el futuro próximo y su impacto en la vida diaria 174
Mirada especial sobre seguridad y defensa: la clave del desarrollo espacial 177
La privatización y la gobernanza del espacio: una obra para titanes 180
Una mirada desenfadada a un futuro posible 182
Algunas reflexiones sobre el futuro de la actividad espacial en España ... 190

Anexo I

Infraestructuras espaciales en España 193
David Ramírez Morán

Introducción 193
Centro espacial de Canarias 193
European Space Astronomy Centre (ESAC). Estación de Villafranca del Castillo 194
Estación de Robledo de Chavela 195
Estación de Fresnedillas-Navalagamella 196
Estación de Cebreros 196
Centro de satélites de la Unión Europea 197
Centro de Sistemas Aeroespaciales de Observación (CESAEROB) 198
Centro europeo de servicios de sistemas de navegación global por satélite (GSC) 198
Centro de ensayos del programa Ariane 199
Campo de experimentación de El Arenosillo (CEDEA) 199
Estación de Sardina del Sur 200
Instalaciones colaboradoras con la Agencia Espacial Europea 200
Laboratorio Spasolab 200
Laboratorio Melissa 201
Laboratorio de radiofrecuencia de alta potencia 201
Spanish User Support and Operation Center 202
Estación de seguimiento de Arganda 202
Estaciones de control de Valladolid y Puertollano 202

Anexo II

Centros públicos de investigación espacial 205
David Ramírez Morán

Introducción 205

Página

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas» 205

Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC 206
Instituto de Ciencias del Mar ICM 207
Instituto de Estructura de la Materia IEM 207
Instituto de Astrofísica de Andalucía IAA 208
Instituto de Astrofísica de Canarias IAC 208
Instituto de Física de Cantabria IFCA 209
Centro de Astrobiología CAB 209
Laboratorio de Astrobiología Espacial y Física Fundamental 210
Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña IEEC 210

Centro de Investigación de la Energía y los Materiales CIEMAT 210

Universidades con capacidades en el sector espacial 211

Anexo III

Programas espaciales científicos en España 213
David Ramírez Morán

Introducción 213

INTASAT 214

UPM-Sat1 215

Minisat 01 215

Nanosat 1 217

Nanosat 1B 218

XatCobeo 219

UPM-Sat 2 220

Participación en el programa científico de la ESA 220

Mars Science Laboratory (MSL-NASA) 224

Meiga-Metnet 224

Composición del grupo de trabajo 227

Cuadernos de Estrategia 229

Vicente Gómez Domínguez

Introducción

Este cuaderno sobre el espacio se enmarca en los estudios sobre temas de interés para la defensa que el CESEDEN realiza dentro de sus funciones, en concreto, como parte del eje de investigación correspondiente a «Recursos. Industria de Defensa. I+D+i». Su objetivo no es otro que contribuir a la creación y difusión de la cultura de defensa y aportar ideas que puedan ser aprovechadas por terceros en sus responsabilidades de decisión y de gestión.

Su contenido intenta proporcionar una idea de la importancia que la actividad espacial tiene para la sociedad y la economía, y en particular para la defensa y la seguridad. También expone brevemente los sistemas espaciales utilizados, el valor esencial de la cooperación internacional y algunos datos acerca de las capacidades del sector y su posible evolución.

La justificación de la actividad espacial ha ido variando con el tiempo y, en general, ha sido fiel reflejo de las necesidades de cada época. Superadas las grandes gestas de los comienzos de la carrera espacial, destino de ingentes presupuestos que, comparativamente, nunca más se han vuelto a alcanzar, y que pretendían mostrar la supremacía de un sistema social y militar sobre otro, hoy la justificación de la actividad espacial viene dada por la utilidad de sus aplicaciones para satisfacer las demandas de la sociedad y por la rentabilidad de las inversiones.

En la actualidad es impensable una sociedad sin el *espacio*. Los servicios y los productos espaciales son utilizados por todos nosotros de forma

habitual y juegan un papel primordial y cada vez mayor en nuestra actividad cotidiana, aunque frecuentemente no seamos conscientes de ello. Las infraestructuras y los servicios espaciales son fundamentales para ayudar a resolver muchos de los nuevos y crecientes retos, esenciales, que la sociedad tiene planteados. Las comunicaciones, la seguridad y la defensa, la gestión del medio ambiente, el control de los recursos naturales o de las catástrofes, la movilidad de personas y bienes y la salud son algunos de ellos.

Para dar respuesta a dichas necesidades, las agencias espaciales han ido creando sistemas cada vez más complejos y precisos, demandantes de avanzadas y novedosas tecnologías que garanticen su funcionamiento a enormes distancias y en condiciones ambientales extremas.

El *espacio* es, pues, fuente de innovación y tecnología, elementos que constituyen las bases del éxito en el mundo moderno. En un mundo globalizado como el que vivimos, caracterizado por una competencia cada vez mayor y más dura, que llega incluso a modificar las costumbres y la estructura social de los países desarrollados, estos ya no pueden competir por precio y precisan basar las ventajas competitivas de sus productos en la calidad, la funcionalidad y la tecnología que incorporan. Disponer de estos sistemas cada vez más complejos y avanzados requiere presupuestos elevados, lo que convierte a la cooperación internacional en imprescindible.

En todo caso, el desarrollo de la actividad espacial ha requerido siempre de la cooperación internacional. Ya en los años de la lucha por la supremacía las dos grandes potencias trataban, a su vez, de llegar a acuerdos en los correspondientes comités de las Naciones Unidas sobre el uso pacífico del espacio exterior y la regulación de las actividades de exploración y utilización del espacio ultraterrestre (UNCOPUOS). Materias más prácticas como el vertiginoso crecimiento de las telecomunicaciones, condujeron al establecimiento de acuerdos y mecanismos internacionales para asegurar la explotación coordinada de los recursos espaciales, tales como las posiciones a ocupar en la órbita geoestacionaria y las frecuencias empleadas por los satélites (UIT). Al mismo tiempo, las naciones europeas, incapaces en solitario de destinar a la carrera espacial cantidades equiparables a las dedicadas por EE.UU. o por la extinta Unión Soviética, establecieron dos organizaciones intergubernamentales, ESRO para la investigación espacial y ELDO para el desarrollo de lanzadores, las cuales en 1975 se fusionaron en la Agencia Espacial Europea (ESA), organismo que ha venido desarrollando con éxito las actividades espaciales europeas hasta la fecha.

La creciente importancia estratégica y económica del espacio ha llevado a Europa a aprobar en 2007 una política europea global que le permita ejercer un liderazgo mundial en el sector. Dicha política, fruto de

la colaboración entre la ESA y la Unión Europea, está dotando a Europa de sistemas e infraestructuras espaciales propios que satisfarán las necesidades de las empresas y de los ciudadanos europeos, fomentará la investigación espacial y apoyará la competitividad de la industria. Otras finalidades fundamentales son aumentar las sinergias y la interoperabilidad de los programas e infraestructuras civiles y militares, para evitar duplicidades y obtener ahorros, asegurar la autonomía de acceso al espacio y fomentar las relaciones con otras potencias espaciales. Todo ello, junto con el enorme mercado previsto en aplicaciones y servicios derivados de estas infraestructuras y la conveniencia de asegurarse un servicio independiente, han animado a la Unión Europea a desarrollar, en colaboración con la ESA, un sistema de navegación por satélite propio, el Galileo, que mejorará las características del sistema estadounidense GPS (Global Positioning System), actualmente en funcionamiento, y otorgará a Europa autonomía en este dominio. Igualmente ocurre con el programa Copernicus de observación de la Tierra que dará a Europa la capacidad necesaria para gestionar mejor el medio ambiente y asegurar la seguridad civil.

Hoy, la colaboración internacional viene obligada además de por el alto coste de los programas espaciales, por las limitaciones presupuestarias de las naciones, lo que refuerza la conveniencia de pertenecer y participar activamente en los organismos internacionales correspondientes y de forjar alianzas y acuerdos con otros países. Muchos países europeos cuentan con agencias espaciales propias que gestionan las inversiones nacionales en materia espacial y hacen de interlocutor ante la ESA, ante otras agencias nacionales y ante las autoridades relacionadas con el espacio en la Unión Europea, UE, y otros organismos.

El medio espacial es además esencial para la defensa, al ofrecer capacidades únicas e indispensables como facilitar las comunicaciones en cualquier lugar y circunstancia o la obtención y difusión de información de áreas concretas en cualquier lugar y de forma repetida. Su carácter global y no agresivo y su libertad para franquear fronteras con total independencia, con discreción y en el estricto respeto de las leyes internacionales lo hace especialmente indicado para los conflictos asimétricos y regionales actuales. Constituyen también un valioso complemento para el resto de medios de defensa disponibles pues permiten proporcionar información crítica para la preparación de las operaciones y para la utilización de los modernos sistemas de armas. La capacidad de lanzamiento de satélites y las aplicaciones de observación de la Tierra, comunicaciones y navegación son consideradas por los principales gobiernos del mundo como estratégicas para preservar la soberanía y la autonomía de un país y garantizar su defensa y su seguridad.

Muchas aplicaciones, como por ejemplo la observación de la Tierra o la navegación por satélite, nacieron y crecieron con una fuerte vocación

de uso militar pero la demanda civil crece constantemente basada en el desarrollo de un número creciente de servicios de alto valor añadido que cada vez más utilizan la información proporcionada por los sistemas espaciales en sectores, como el del transporte o el del control de tráfico aéreo, fundamentales para la economía.

El hecho de que los requisitos y la tecnología de los sistemas espaciales para usos comerciales y para los de seguridad y defensa sean cada vez más parecidos, junto a la sempiterna escasez presupuestaria, está dando origen a la aparición de los llamados sistemas de uso dual. Estos son resultado de la integración y de la utilización combinada de sistemas civiles, militares y comerciales independientes o bien se conciben y diseñan desde un principio para satisfacer conjuntamente dichas necesidades.

Bajo el paraguas de las infraestructuras espaciales se generan a su vez nuevas infraestructuras y servicios. La utilización conjunta de las capacidades proporcionadas por los sistemas espaciales origina las llamadas Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y la Inteligencia Geoespacial. Las IDE facilitan el acceso y la integración de la información espacial mediante tecnologías interconectadas en red, a usuarios institucionales, empresariales y particulares reduciendo costes y evitando duplicar esfuerzos. La Inteligencia Geoespacial, que se va introduciendo paulatinamente en los países más avanzados, analiza y combina las imágenes de satélite con la información geoespacial disponible, y mediante su tratamiento preparar productos geográficamente referenciados, útiles a los usuarios en apoyo a la toma de decisiones.

Todas estas aplicaciones mejoran la productividad y la eficiencia de muchos sectores económicos, a veces ajenos al espacial, como por ejemplo la pesca, la agricultura o el transporte, dando lugar a nuevas actividades y negocios de alto valor añadido que son prestados por nuevas empresas creadas al efecto, muy diferentes a las tradicionales del sector.

Con ello, el sector espacial actual queda configurado por el sector industrial tradicional, productor de equipos de vuelo y de tierra, los operadores y los suministradores de servicios y aplicaciones comerciales; y caracterizado por la generación y el empleo intensivo de tecnología, la innovación y la creación de puestos de trabajo altamente cualificados.

El enorme crecimiento de la demanda de servicios comerciales estimula la competencia, lo que exige desarrollar nuevas tecnologías para obtener mejores aplicaciones e infraestructuras más baratas y permite la entrada a nuevos profesionales procedentes del mundo universitario y del emprendedor, que generan a su vez nuevos productos y servicios.

Invertir en el espacio es, pues, hacerlo en I+D, innovación, crecimiento y empleo. Pero la producción de servicios y elementos espaciales, principalmente los del segmento de vuelo, está sujeta a elevadas exigencias

tecnológicas y largos plazos de ejecución que implican la necesidad de inversiones elevadas, lo que hace que los inversores privados sean escasos; y mucho más en momentos de restricciones crediticias. Por ello es imprescindible una inversión pública estable y continuada para que la actividad espacial funcione, no solo en aquellas áreas de interés gubernamental mayoritario sino también en las de rentabilidad comercial incierta, las cuales podrán ser transferidas posteriormente al sector privado una vez que las incertidumbres se hayan solventado.

En Europa, aproximadamente el 50% del presupuesto espacial es de origen público, representando la Agencia Espacial Europea (ESA) dos tercios de dicha cifra y las ventas de sistemas espaciales militares en 2012 un 10% de la actividad total. La inversión continuada en espacio ha contribuido a crear una industria sólida y competitiva, que posee una importante cuota del mercado comercial mundial de satélites de comunicaciones y del de lanzamientos y factura más de 6.000 millones de euros anuales; genera empleo directo para unas 35.000 personas, el 70% de las cuales tiene título universitario en carreras técnicas de alta especialización, e indirecto en un orden de magnitud mayor.

Pero el efecto global del sector espacial en la economía europea es de varias veces la inversión. A modo de ejemplo, el mercado originado por los satélites de comunicaciones fuera de la industria espacial genera ingresos que suponen 27 veces la inversión realizada para su fabricación y puesta en funcionamiento. Algo similar ocurre en el mercado de la navegación por satélite, en continua expansión, en el que las previsiones de la Unión Europea cifran en varios miles de millones los usuarios potenciales del sistema Galileo y en unos 244.000 millones de euros el mercado anual en 2020. Además, este permitirá generar numerosos empleos de alta cualificación en Europa debido a sus múltiples aplicaciones.

Así pues, la inversión en espacio tiene un enorme impacto en la sociedad, estimula numerosas áreas económicas y contribuye al crecimiento regional y nacional de forma significativa y sostenible, lo que hace que crezca el número de los países que destinan presupuestos a programas espaciales civiles o militares y que la actividad espacial esté dejando de ser patrimonio exclusivo de las economías más desarrolladas.

España tiene una larga tradición espacial pues ha estado ligada a esta actividad desde sus inicios, hace más de 50 años, y ha participado en la mayoría de las iniciativas europeas. Al igual que sucede en Europa, la ESA es el principal mercado de la industria española. La participación continuada en los programas de la ESA, de la que España es hoy el quinto contribuyente, la colaboración internacional en programas de defensa como el Helios y un programa de I+D nacional propio han sido los pilares sobre los que se ha creado y desarrollado el sector espacial español. Este sector está formado por empresas, operadores de satélites y cen-

tros científicos, reputados internacionalmente y capaces de generar empleo altamente cualificado, así como por infraestructuras permanentes ubicadas en territorio español que complementan y afianzan la actividad espacial, dan imagen y visibilidad al país y crean riqueza. Sin duda, una gran experiencia exitosa que bajo ningún concepto se debe interrumpir.

Una parte importante de esta infraestructura tuvo su origen en la colaboración bilateral con Estados Unidos, en los años 60, en virtud de la cual fueron instaladas en España las estaciones de Robledo de Chavela, Fresnedillas y Cebreros para el seguimiento y adquisición de datos de las misiones espaciales de la NASA, entre ellas la Apolo XI, que fue la primera misión tripulada a la Luna.

Por aquel entonces, España era ya miembro de ESRO convirtiéndose en 1975 en socio fundador de la Agencia Espacial Europea (ESA), su sucesora. En aquella época la ESA construyó la estación de seguimiento de satélites de Villafranca del Castillo, hoy convertida en el Centro Europeo de Astronomía Espacial, uno de los cinco Establecimientos que la Agencia tiene en Europa, centro de referencia que alberga los Centros de Operaciones Científicas de las misiones de Astronomía y del Sistema Solar de la ESA así como sus archivos científicos. Actualmente dichas estaciones de seguimiento siguen en pleno funcionamiento, si bien la de Cebreros forma parte de la Red de Espacio Profundo de la ESA y la de Fresnedillas está dedicada a comunicaciones militares y de seguridad nacionales. A estas instalaciones hay que añadir el Centro de Satélites de la Unión Europea, creado en 2001 y ubicado en Torrejón de Ardoz, especializado en el análisis de imágenes obtenidas por satélite y aéreas y pieza clave para la Política Exterior y de Seguridad Común (PESC) de la Unión.

La importante inversión efectuada durante todos estos años, aunque desafortunadamente siempre inferior al nivel que correspondería por el PIB de nuestro país en el concierto europeo, ha permitido configurar un sólido tejido industrial constituido hoy por una veintena de empresas de diversos tamaños y capacidades, algunas centros de excelencia en áreas avanzadas. Las empresas españolas compiten con éxito en el mercado comercial internacional, suministrando a veces sistemas espaciales completos, difunden sus conocimientos y tecnología a otros sectores empresariales y satisfacen gran parte de las necesidades nacionales gubernamentales, incluidas las de seguridad y defensa. De igual forma, la comunidad científica española lidera instrumentos que vuelan en misiones internacionales de astrofísica, ciencia de materiales o estudio del medio ambiente.

España es una de las pocas naciones que disponen de infraestructura propia de comunicaciones por satélite, rápidas, seguras, flexibles e interoperables en beneficio de la defensa y de los servicios comerciales, que se verá complementada en breve con el lanzamiento y puesta en

funcionamiento de los satélites propios de observación, Paz e Ingenio. Hispasat, Hisdesat y Deimos son empresas que proporcionan servicios de televisión, telefonía y banda ancha a más de 30 millones de hogares de tres continentes, así como imágenes y comunicaciones a organismos gubernamentales españoles y de otros países, tanto en el ámbito civil como en el militar. Esta infraestructura se completa mediante la presencia de España como socio, bien directamente o a través de sus empresas, de operadores internacionales de satélites de observación (Eumetsat) y de lanzadores de satélites (Arianespace), este último comercial.

En resumen, podemos decir que España dispone de un sector espacial digno, de tamaño y capacidades adecuadas al nivel de la inversión realizada pero sujeto a una fuerte competencia internacional y, sobre todo, a las políticas y a los movimientos empresariales europeos, lo que hace necesaria una atención constante de las instancias públicas para defender la posición conseguida y favorecer el crecimiento del sector. Al igual que hacen el resto de países, socios y competidores del nuestro.

Dicha atención debería materializarse en la definición de planes plurianuales orientados principalmente a satisfacer las necesidades nacionales, que marquen objetivos precisos y estrategias claras para conseguirlos, incluyendo las de actuación en los organismos internacionales. Tales planes deben estar dotados con presupuestos suficientes y sostenidos en el tiempo, adecuados a los objetivos, eventualmente complementados con beneficios fiscales a la I+D. El marco de referencia estable así creado facilitaría la inversión privada. La eficiencia del sistema se vería ampliamente mejorada si la gestión y la coordinación de las actividades, hoy diluidas entre varios departamentos, se concentraran en una única instancia gubernamental.

El espacio es un ámbito de la actividad humana que complementa a los tradicionales terrestre, marítimo y aéreo y al que no se puede renunciar. Y no solamente por los beneficios actualmente aportados aquí descritos sino porque su importancia para la sociedad, la economía, la seguridad y la defensa irá en aumento hasta llegar a condicionar el futuro de los países.

Sinopsis

Este Cuaderno de Estrategia se ha estructurado en cinco capítulos en los que se analiza la actividad espacial española desde distintas perspectivas.

El primer capítulo describe la evolución del sector en términos de capacidades técnicas, tecnológicas e industriales, así como las infraestructuras, los organismos y las empresas que lo constituyen y que respaldan la participación española en el espacio. También presenta los logros alcanzados por España y las capacidades de que dispone para afrontar actividades futuras.

El segundo capítulo presenta las aplicaciones y los servicios espaciales, analizando sus diferentes campos de aplicación, civiles y militares, y las tendencias nacionales e internacionales previstas.

La naturaleza global del espacio y las características de los proyectos espaciales hacen imprescindible la colaboración internacional para abordarlos y para que países con capacidad limitada de inversión, como el nuestro, puedan disponer de las capacidades y de las herramientas que aportan los sistemas espaciales. El tercer capítulo analiza esta colaboración y propone considerar algunas alternativas para que España mantenga el nivel de relevancia adquirido y mejore la eficacia de sus inversiones.

El cuarto capítulo aborda los aspectos económicos de la actividad, aportando información sobre los resultados derivados de la inversión efectuada, la generación de puestos de trabajo y la naturaleza estratégica de las inversiones realizadas.

Finalmente, el quinto capítulo plantea posibles escenarios de futuro hacia los que puede tender la actividad y el tipo de hallazgos, sobre todo tecnológicos, que pueden dar lugar a cambios profundos en los modelos de cooperación y de inversión, y a la aparición de nuevas aplicaciones y mercados.

Resumen de los capítulos

En el primer capítulo, Fernando Davara y David Ramírez hacen un breve repaso de los comienzos de la actividad en España para, a continuación, describir la situación actual del sector, las principales infraestructuras, los centros de investigación y el sector industrial con los que cuenta el país. Desde los inicios de la actividad, España ha estado presente, de una forma u otra, en prácticamente todos los programas: científicos, de lanzadores, de comunicaciones, de observación de la Tierra y de posicionamiento. Esta participación ha permitido a los actores directamente involucrados —administraciones públicas, centros de investigación, industria y usuarios— obtener las capacidades necesarias para desarrollar, fabricar, implantar y explotar sistemas espaciales y ha dado origen a la relevante posición que España ocupa en la escena espacial internacional. El capítulo trata también de la distribución de responsabilidades entre las distintas instancias de la Administración y hace un análisis de la situación actual y de los posibles escenarios hacia los que puede evolucionar el sector.

El capítulo elaborado por Fernando Davara está dedicado a los sistemas, aplicaciones y servicios espaciales. Comienza haciendo una descripción de los diversos sistemas espaciales y sus arquitecturas, en particular de los de Observación de la Tierra (EO), Comunicaciones y Navegación y posicionamiento (GNSS) para dar paso a una descripción más detallada

de sus aplicaciones más relevantes, tanto civiles como de seguridad y defensa, sector este último al que se dedica un apartado específico.

También expone otras aplicaciones derivadas del uso del espacio, como las Infraestructuras de datos espaciales, la Inteligencia Geoespacial o GeoInt o las iniciativas Galileo y Copernicus de la Unión Europa y la Agencia Espacial Europea (ESA), destacando, en el caso de la seguridad y defensa, el Centro de Satélites de la Unión Europea (EUSC) y los conceptos ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance; Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de objetivos y Reconocimiento), y NEC (Network Enabled Capability; Capacidad Centrada en Red o Concepto de Información en Red) basados en la utilización conjunta de todo tipo de tecnologías de la información y comunicaciones (incluidas las espaciales) que han surgido en el ámbito de la defensa y se van extendiendo de forma paulatina al sector civil, particularmente en el empresarial y estratégico.

Finaliza el capítulo con un análisis de las tendencias tecnológicas actuales o de futuro más próximo en el campo de los sistemas espaciales, en combinación con las TIC, que considera el autor del capítulo deberían adoptarse en todos los sectores sin exclusión. Entre ellas destacan las siguientes: el uso dual, resultado de la integración y utilización combinada de sistemas civiles, militares y comerciales o cuyo diseño se orienta a satisfacer necesidades conjuntas; las arquitecturas abiertas y distribuidas, orientadas a servicios y basadas principalmente en servidores web especializados en tecnologías espaciales y de geoprocesamiento que pueden proporcionar los medios necesarios para facilitar el acceso y tratamiento a todo tipo de datos y favorecer el uso de aplicaciones de usuario y la difusión de productos de valor añadido; y, finalmente, la interoperabilidad, caracterizada en este caso por la necesidad y posibilidad de transmitir, recibir, compartir e intercambiar datos, informaciones y procesos entre sistemas heterogéneos, autónomos y distribuidos, independientemente de las características técnicas del sistema en que se encuentran almacenados, que se considera como uno de los mayores desafíos actuales tanto para los usuarios como para desarrolladores y proveedores de servicios y aplicaciones espaciales.

El desarrollo de la actividad espacial en la etapa posterior a la Guerra Fría requiere de la cooperación internacional, tema que ha sido tratado en el capítulo elaborado por Luis Mayo. Superado el período en que las grandes potencias globales se disputaron la supremacía espacial, las limitaciones presupuestarias de las naciones con ambiciones en este campo obligan a forjar alianzas y acuerdos que permitan avanzar a la ciencia y a la tecnología. Más allá de las puras restricciones económicas, la necesidad de establecer acuerdos para asegurar la coordinación internacional en la explotación de los recursos espaciales, refuerza la conveniencia de no solo pertenecer sino participar activamente en los organismos internacionales que tratan de regular la actividad espacial.

España nunca ha permanecido ajena a estos, pero hoy más que nunca debe asegurar su relevancia en estos foros. Para lograrlo son necesarias estrategias y políticas estables a largo plazo, una coordinación muy estrecha de las administraciones públicas implicadas, y un desarrollo equilibrado de los tres pilares de la colaboración: el institucional, el industrial y el científico. La participación activa en organismos internacionales –en el caso español, en particular la Agencia Europea del Espacio y la Unión Europea– y sus programas favorece la continuidad de las estrategias y de las inversiones, lo que sin duda resulta factor determinante para asegurar la cooperación.

En el capítulo realizado por Fernando García Martínez-Peñalver, Manuel Gago y Eugenio Fontán, partiendo de la definición de economía del espacio, su composición y el origen de los fondos aplicados, se describe la importancia del sector espacial en el mundo, el valor de la inversión global, las infraestructuras y productos industriales y los servicios derivados de la actividad espacial, constatando que en los países líderes la investigación dedicada al espacio supone entre un 4% y un 13% de la investigación aeroespacial y que el mercado mundial del espacio ha sido capaz de mantener crecimientos relevantes en medio de la reciente crisis.

De los 220.000 millones de euros invertidos en espacio, 71.000 corresponden a *upstream*, 13.000 a operadores y 136.000 a *downstream*, siendo el segmento vuelo un 24% de los ingresos de *upstream* y el segmento terreno un 11%, y concentrando el segmento de investigación, defensa y seguridad, con 46.000 millones de euros, el otro 65%, dejando constancia de que la coordinación de actividades civiles y militares están muy presentes en Europa y del papel fundamental que el espacio juega en la sociedad moderna con un creciente impacto en nuestra forma de vida. Al mismo tiempo el espacio contribuye a multiplicar el crecimiento y el desarrollo económico en otros sectores con un factor de hasta 60 veces la inversión, aun coincidiendo con Einstein en que «no todo lo que cuenta se puede contar», en un entorno en el que la cooperación internacional en programas espaciales sigue creciendo para compartir costes de investigación y proporcionar acceso a nuevas capacidades, siendo la Agencia Espacial Europea el ejemplo más claro de ese tipo de cooperación y sus efectos.

Asimismo, el capítulo recoge la incidencia en nuevas tecnologías, nuevos jugadores, menores costes y refleja la posición de Europa en el espacio cuyo sector industrial representó 6.555 millones de euros en 2012, donde el 52% proviene de fondos públicos, representando la Agencia Espacial Europea (ESA) dos tercios del total.

Se analiza el sector en España, en el que participa desde 1951 y cuenta en la actualidad con más de veinte empresas (TEDAE agrupa gran parte) que en 2012, a pesar de la caída de la inversión pública, alcanzaron

una facturación de 737 millones de euros, lo que representa una tasa de crecimiento anual del 14% en el período 2004-2010, que se ralentiza en el período 2010-2013 a consecuencia del ciclo económico adverso, pero demuestra madurez, capacidad de resistencia y fortaleza en la escena europea y mundial con un empleo que alcanzó 3.337 empleados y exportó en 2012 el 71% de su actividad.

Mirando hacia el futuro, el documento refleja las oportunidades para el sector industrial del espacio en España, que en 2013 superó los 410 millones de euros y, según TEDAE, dispondrá de un mercado accesible en 2020 cercano a los trece mil millones de euros.

Como colofón de este capítulo se analizan instrumentos para una economía del espacio dado el presente contexto de crisis económica. Se pone de manifiesto que la inversión pública es imprescindible para la continuidad de este modelo, básico en la pirámide de la innovación, materializada mediante la incorporación al presupuesto del Estado y debe constituir un compromiso estable.

Se informa que la Comisión Europea anima a usar y mejorar los incentivos fiscales a las actividades de I+D+i, proponiendo una deducción fiscal asociada a la inversión en I+D+i con límite en la cuota del impuesto sobre sociedades por la vía de crédito fiscal. Esta fórmula tiene ventajas frente al gasto público directo al no computar como gasto para medir el déficit público y permitir la recuperación financiera inmediata por deducción en el impuesto correspondiente, así como ser de aplicabilidad universal. Países como Francia, EE.UU., Japón, Australia, Holanda, Irlanda y el Reino Unido cuentan con este tipo de créditos fiscales.

En el último capítulo, elaborado por Álvaro Azcárraga, se describe cómo el futuro de la actividad espacial es impresionante y optimista. Impresionante, porque el espacio es la llave de nuestro futuro, al abrirnos unas posibilidades de desarrollo sin las cuales la humanidad solo podría esperar su colapso. Hablamos de la gestión eficaz de nuestro planeta Tierra y de la posibilidad de sacar al exterior una serie de funciones vitales, la más importante, pero no la única, la generación de energía. Si no se hiciera así se acabarían estrangulando las posibilidades de mejora de la calidad de vida de todos los habitantes de nuestro planeta, humanos y otros. Optimista, porque esa mejor gestión traerá una mayor integración de todos los seres vivos y un mayor entendimiento de lo mucho que dependemos los unos de los otros.

Además, y sin que ello sea lo más importante para la supervivencia pero sí lo más excitante desde un punto de vista intelectual, nos permitirá explorar nuestro entorno próximo y conocer mejor la inmensidad del Universo que nos rodea. Y tanto para la gestión de la Tierra como para la ampliación de nuestras fronteras es precisa una cooperación leal y sin cortapisas entre todos los pueblos de la Tierra, con lo que a los beneficios

de la exploración espacial habrá que añadir una paz y un entendimiento, aun con todos los problemas que la convivencia conlleva, entre todos los humanos.

Alcanzar este futuro mediante la actividad espacial es el mayor y, sin duda, el mejor reto que tenemos por delante.

Capítulo primero

Evolución del sector espacial en España. el entorno industrial y científico

Fernando Davara Rodríguez

David Ramírez Morán

Resumen

España dispone en la actualidad de un amplio catálogo de medios en forma de infraestructuras, centros de investigación, tejido industrial y sistemas en funcionamiento que la sitúan entre los principales actores del sector espacial internacional. Con esta capacidad se ha conseguido responder a las necesidades de organizaciones públicas y privadas y de los ciudadanos, y, en particular, a aquellas relacionadas con la defensa y la seguridad.

En este ámbito se cuenta con sistemas de comunicaciones seguras, de observación de la Tierra y de posicionamiento por satélite cuya provisión se ha conseguido mediante el uso de diferentes alternativas.

Esta situación se ha alcanzado gracias a la evolución que ha experimentado el sector respaldado por la inversión, que ha provenido, en su gran mayoría, de las administraciones públicas, las cuales juegan un papel muy importante si bien, fruto del reparto de responsabilidades entre varios departamentos, no existe una guía que aglutine los esfuerzos y permita un mejor aprovechamiento de los limitados recursos disponibles.

Este primer capítulo presenta un análisis de la evolución española en el sector con especial énfasis en los entornos industrial y científico mediante una revisión cronológica desde los orígenes hasta la actualidad a la vez que se presentan unas estimaciones de futuro.

Palabras clave:

Infraestructuras espaciales, centros de investigación, evolución del sector industrial espacial, ProEspacio, ESA, INTA, CDTI.

Abstract

Currently, in Spain, there exists a wide catalog of resources such as infrastructures, research centers, industrial base and working space systems that place the country among the main actors of the international space sector. With these resources, the necessities of space systems for the organizations, public and private, and the citizens have been covered, particularly those related to defence and security.

In this field, Spain owns secure communication, Earth observation and satellite positioning systems for which different procurement alternatives have been applied.

This situation has been reached thanks to the evolution experienced by the sector backed by the investment provided, mainly, by the public administration. This administration plays an important role, although, as a result of the share of responsibilities among several different departments, there is no guide to join the individual efforts and make a better use of the scarcely available financial resources.

This first chapter shows an analysis of the evolution of the space sector in Spain, focusing on the industrial and scientific environments by means of a chronological review from the origins to the present as well as presenting future expectations.

Keywords:

Space infrastructures, Research centres, space industrial sector evolution, Proespacio, ESA, INTA, CDTI.

Introducción

España ha estado involucrada en el desarrollo del sector espacial prácticamente desde los orígenes de este mediante una inversión constante para formar profesionales, crear, dotar y mantener centros de investigación, generar tejido industrial, participar en organismos internacionales y desarrollar los programas que han permitido acceder a sus tecnologías así como poder utilizarlas de forma independiente.

Dada esta implicación, parece conveniente hacer un análisis de cómo se ha producido en nuestro país la evolución en dicho sector espacial y utilizarlo como una herramienta imprescindible para diagnosticar la situación en la que se encuentra y estudiar las opciones que se presentan para el futuro.

Tratando de aportar alguna respuesta a esta cuestión se dedica este primer capítulo a hacer un examen de la progresión experimentada por España en los campos industrial y científico del sector espacial, desde sus inicios hasta el momento actual, planteando asimismo una primera estimación de las perspectivas a corto plazo, a modo de introducción que facilite la lectura del resto de capítulos.

Para ello, en los siguientes apartados se propone un examen cronológico de la evolución sufrida en ambos entornos, desde el comienzo de la actividad en la década de los años 40 del pasado siglo hasta nuestros días, finalizando con unas breves consideraciones respecto a la situación actual y futuro previsible.

Cronología de la evolución española en el sector

La evolución del entorno industrial y científico español en el sector espacial puede sintetizarse dividiéndola cronológicamente en dos etapas que transcurren sin solución de continuidad desde 1942, año que se identifica como el de inicio de la actividad, hasta nuestros días, solapándose parcialmente a finales del siglo XX y principios del XXI.

La primera de ellas, que se corresponde con los orígenes y desarrollo de los primeros programas, abarca aproximadamente medio siglo, mientras que la segunda, considerada como la de consolidación de la tarea realizada en las cinco décadas anteriores, comprende desde principios del siglo XXI hasta nuestros días.

1er período: los orígenes

Las primeras actividades españolas en el sector espacial comienzan a partir de la creación en 1942 del Instituto Nacional de Técnica Aeroespa-

cial «Esteban Terradas»[1] (INTA) como organismo asesor y centro técnico en los campos de la aeronáutica y el espacio en España, el cual desde muy pronto estableció una estrecha colaboración con la Agencia Nacional del Espacio Norteamericana (NASA) y posteriormente con la Agencia Espacial Europea (ESA), a la vez que comenzó a impulsar diversas iniciativas cuyo ejemplo más característico fue la puesta en órbita en 1974 del primer satélite español, denominado INTASAT, dotado de una carga útil experimental y desarrollado en colaboración con la NASA en sus etapas de diseño y lanzamiento.

Desde entonces el INTA, que actualmente es un organismo autónomo del Ministerio de Defensa, participa en numerosos proyectos espaciales, siendo a su vez la entidad nacional facultada para las pruebas y certificación de sistemas espaciales, convirtiéndose en el principal punto de referencia del sector público español.

En cuanto a la cooperación internacional, a principios de los años 60 comenzó la actividad española en el sector mediante la incorporación a la COPERS (Commision Préparatoire Européenne de Recherche Spatiale), donde se manifestó el interés de contar en territorio nacional con uno de los centros de la European Space Research Organization (ESRO), creada en 1962 con la finalidad de establecer una colaboración conjunta a nivel europeo en la investigación en el sector espacial con fines únicamente científicos. España participó en esta organización desde sus orígenes siendo uno de los países fundadores junto a Francia, Suiza, Reino Unido, Bélgica, Holanda, la República Federal Alemana, Italia, Suecia y Dinamarca.

En paralelo con la fundación de ESRO, se puso en marcha la iniciativa European Launcher Development Organization (ELDO), cuyo objetivo era el desarrollo de un organismo con el que dotar a Europa de la capacidad de poner en órbita sus propios sistemas espaciales. En el marco de ELDO se desarrolló el proyecto de los lanzadores «Europa», con los que se pretendía alcanzar la órbita geoestacionaria, cuyos sucesivos fallos de lanzamiento provocaron que países como Reino Unido o Italia abandonaran la organización.

Estas renuncias, unidas a problemas de financiación, condujeron a los responsables de ELDO a su integración en ESRO, sembrando la simiente de la que sería una decisión fundamental para el futuro del sector espacial en Europa: la creación en 1973 de la Agencia Espacial Europea, que entró en funcionamiento en el año 1975, donde España adquiría una posición privilegiada al formar parte de los 10 miembros fundadores.

---

[1] Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas» (INTA [2014]) http://www.inta.es.

En esta primera época la participación española se hacía a través del INTA y al crear la Agencia se hizo cargo de esta responsabilidad la Comisión Nacional de Investigación Espacial (CONIE), hasta que en abril de 1986 la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Ley 13/1986), conocida como *Ley de la Ciencia*, dio por extinguida esta Comisión y por ello a partir de esa fecha es el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) quien coordina y gestiona dicha participación y asume la responsabilidad de representación de la delegación española.

Sin embargo, la actividad espacial española no se limitaba a estas iniciativas pues se ampliaba mediante colaboraciones llevadas a cabo fuera del seno de las organizaciones europeas. Durante la década de los años 60 la NASA mostró interés en implantar en territorio español centros de seguimiento y operación para sus misiones espaciales, el primero de los cuales se estableció el año 1960 en la isla de Gran Canaria como centro de apoyo a las misiones norteamericanas Gemini y Mercury.

Poco tiempo después esta agencia espacial norteamericana construiría la Estación Espacial de Robledo de Chavela, donde se integraron diversas instalaciones para dar apoyo a misiones del espacio profundo, como la Saturn o Voyager, que requerían de grandes antenas para recibir las señales emitidas desde los objetos más lejanos del sistema solar a visitar por los artificios espaciales de estas misiones.

Finalmente, en los años 70 se creó el Centro de Control de Satélites de Villafranca del Castillo, donde se ubicaron los centros de operaciones de las misiones IUE e ISO desarrolladas mediante la colaboración entre la NASA y la ESRO[2]. Este centro ha ido evolucionado a lo largo de los años hasta convertirse actualmente en el Centro Europeo de Astronomía Espacial (ESA/ESAC), uno de los cinco establecimientos más importantes de la Agencia Espacial Europea.

En la década de los 80 se manifiesta un fuerte impulso industrial, que alcanza un cierto desarrollo tecnológico y permite comenzar a competir con posibilidades de éxito. Tal impulso se debe al efecto combinado de la creciente inversión pública en los presupuestos de la ESA y de una eficaz gestión de los retornos asociados a los programas que comenzaron a desarrollarse a partir de las decisiones del Consejo ministerial de la Agencia celebrado en La Haya en noviembre de 1987 donde se adoptó el plan espacial europeo a largo plazo.

Otro factor de importancia en esta evolución fue la creación en 1986, por la mencionada Ley de la Ciencia, de la Comisión Interministerial de Cien-

[2] Claros, Valeriano y León, Rafael (2011), Historia de la Estación de Seguimiento de Satélites de Villafranca del Castillo «VILSPA» (1975-2009), INTA/INSA, diciembre 2011. http://www.inta.es/noticias/documentos/LibroVILSPAr.pdf.

cia y Tecnología (CICYT) que pasó a asumir las funciones de la CONIE, correspondiendo al CDTI la colaboración con esta en la obtención de los adecuados retornos científicos, tecnológicos e industriales de los Programas de la Agencia Europea del Espacio con participación española.

Es a finales de esa década cuando se producen los mayores avances; los programas de comunicaciones Hispasat y de observación de la Tierra Helios, así como la activa participación en el Grupo de estudios espaciales de la Unión Europea Occidental y el establecimiento en España en 1992 del Centro de Satélites de esta organización europea, fueron los elementos iniciadores de un creciente interés en mejorar y aumentar las capacidades operativas en dos de los campos de aplicación más importantes,

Se daba así respuesta a las nuevas necesidades que estaban surgiendo, a semejanza de las naciones vecinas, que requerían la adquisición de estas competencias mediante las distintas alternativas de obtención disponibles, como son el desarrollo propio, la colaboración internacional o la adquisición directa en el mercado.

Así mismo se contribuía a potenciar la capacidad industrial al adquirir nuevas tecnologías y perfeccionar las ya existentes con el resultado del considerable aumento del número de empresas del sector, pasando de las 2 únicas que existían en los años 70 a las 11 con las que finalizaba la década siguiente.

En el primero de los campos, las telecomunicaciones por satélite, la necesidad de dotarse de esta potencialidad comenzó a analizarse en los años 80, para plasmarse a finales de la década al poner en marcha el programa Hispasat, de uso civil, que además incorporaba las capacidades de comunicación segura necesarias para el Gobierno, las Fuerzas Armadas y las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.

El proyecto se puso en marcha mediante la creación de la sociedad Hispasat S.A., que se encargaría de gestionar la posición orbital y proporcionaría los servicios de comunicaciones que requería el Gobierno español, cuyo accionariado estaba compuesto en un 71,54% por capital privado (Retevisión/Auna 30,32%, Telefónica 22,74% y Caja Postal/BBVA 18,48%) y el resto por capital público (INTA 18,20%, INI/SEPI 8,21% y CDTI 2,05%).

En 1992 se puso en órbita geoestacionaria a 30º W el primer satélite, el Hispasat 1A, por medio de un lanzador Ariane 4, con una carga de pago formada por 11 transpondedores de banda Ku, para difusión de televisión y de contenidos, y dos transpondedores en banda X dedicados a las comunicaciones gubernamentales y militares.

Al año siguiente se puso en órbita el satélite Hispasat 1B, de características similares al anterior y ubicado en la misma posición orbital a 30º W sobre el ecuador. La plataforma espacial se basaba en una estructura de la familia Eurostar 2000 de Matra Marconi Space, empresa que poste-

riormente se fusionaría con la inglesa BAE Systems y, finalmente, sería absorbida por EADS Astrium, actual Airbus Defense and Security.

Para gestionar la carga gubernamental, el Ministerio de Defensa, a través de la Dirección General de Armamento y Material, constituyó en los años 90 el programa «Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite» (SECOMSAT) cuyo objeto era constituir la infraestructura terrestre para establecer y operar medios de comunicaciones seguras, de gran capacidad y con alto grado de fiabilidad, en beneficio de las fuerzas desplegadas en territorio nacional o en el extranjero, apoyando a los órganos de mando y de apoyo logístico integrados en el Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares (SCTM).

Los dos transpondedores en banda X (la conocida como banda militar o segura) adecuados para comunicaciones fijas y móviles, estaban dotados de características tales como la interoperabilidad con otros satélites o la posibilidad de operar con satélites comerciales, en banda Ku, en aquellos lugares situados fuera del área de cobertura de la banda X.

De esta forma, contando con esta capacidad y la infraestructura proporcionada por el programa SECOMSAT, España se constituía así en uno de los primeros países del mundo en disponer de capacidades propias de comunicaciones gubernamentales seguras en banda X.

Respecto a la observación de la Tierra destaca en este primer período el programa Helios, que supuso el inicio del caminar español en la utilización del espacio con fines de defensa. En 1988 se adquirió el compromiso de participar (con un 7%) junto con Francia e Italia en dicho programa que tenía por objeto desarrollar, poner en órbita y operar un sistema gubernamental de observación por satélite.

Después de un largo espacio de tiempo dedicado a estudios y desarrollos en julio de 1995 comenzó su actividad el sistema Helios con la puesta en órbita del primer satélite de la serie, el Helios 1A que, situado a una altura de unos 700 kilómetros, llevaba a bordo una carga útil dotada de un sensor óptico visible con una gran resolución espacial en comparación con la que se disponía en la época a partir de satélites civiles.

En 1999 se completó la serie al poner en órbita y explotar el satélite Helios 1B, que complementaba al anterior y lo mejoraba en cuanto a su capacidad de almacenamiento y la flexibilidad de descarga de datos.

El sistema Helios fue innovador al presentar la característica diferenciadora de su utilización conjunta entre los tres países cooperantes, con una infraestructura propia de cada uno de ellos integrada en una común, diseñada para programar y acceder a los datos que proporcionaban los satélites, tanto de forma conjunta como individual, constituyendo un ejemplo de la voluntad de cooperación en materia de defensa que se reflejará posteriormente en el diseño de otros sistemas espaciales europeos.

Asimismo fue innovador al iniciar una experiencia basada en un grupo reducido de profesionales de los tres Ejércitos, bajo el control operativo del Estado Mayor de la Defensa y el apoyo técnico del INTA, que proporcionó los conocimientos y capacidades necesarias para poner en marcha y operar los sucesivos programas que le sucedieron o se encuentran en fase de definición y desarrollo, a la vez que ayudó a los organismos tecnológicos e industrias españolas a situarse en un primer nivel de competitividad en este dominio.

Como muestra de tal experiencia en abril de 1997 el INTA llevó a cabo el lanzamiento del satélite MINISAT 01, hito final del desarrollo de un sistema espacial completo, desde la fase inicial de diseño hasta la última etapa de operación en órbita.

2º período: consolidación

La segunda etapa en la cronología de la evolución del sector espacial español en sus ámbitos industrial y científico puede considerarse que comienza a principios del siglo XXI y se caracteriza por la consolidación de los progresos alcanzados en la etapa anterior.

El número de actividades que se han desarrollado en este período es muy amplio pues además de la expansión de las capacidades de comunicaciones y observación de la Tierra existentes, así como de las diversas infraestructuras terrestres ya mencionadas, se incrementa ahora la participación en otros campos como los de navegación, meteorología, científicos, etc.

Ante esta variedad y cantidad, y con objeto de poder determinar con claridad la situación actual del sector, a continuación segmentaremos las diferentes actividades por medio de una de las tipologías clásicas de clasificación de las aplicaciones y servicios espaciales, que se utilizará posteriormente en otro de los capítulos de esta obra.

Utilizando dicha tipificación diferenciaremos las actividades desarrolladas de acuerdo con su pertenencia a algunos de los siguientes grupos:

- Observación de la Tierra.
- Comunicaciones.
- Navegación y posicionamiento.
- Meteorología.
- Acceso al espacio.
- Otros programas y actividades espaciales.

Observación de la Tierra

Al sistema Helios I le sucedió Helios II, en el que también participa España, junto con Francia, Bélgica, Grecia e Italia. El año 2004 se puso en órbita el

satélite Helios IIA y en el 2009 el IIB, los cuales, al igual que los Helios I, están situados en una órbita helio síncrona (sincronizada con el sol) y cuasi polar, a unos 700 km de altura, permitiendo abarcar toda la superficie de la Tierra y acceder a cualquier punto de ella en menos de 4 días.

Estos dos satélites, ambos de iguales características, mejoraron sensiblemente a los anteriores tanto en su capacidad de almacenamiento o de descarga selectiva de datos, como en su resolución, precisión de localización y capacidad multiespectral, al estar dotados de una instrumentación que incorpora sensores ópticos, que trabajan en la zona visible del espectro electromagnético, y otros de alta resolución e infrarrojo que permiten operar día y noche o en zonas cubiertas de nubes.

En la actualidad se está operando un sistema integrado por los dos satélites Helios II, dado que, de los que componían Helios I, uno tuvo que ser separado de su órbita y el otro llegó al final de la vida útil. Para poder continuar con la utilización conjunta multinacional se adaptaron convenientemente los diferentes elementos de la infraestructura del segmento terrestre del sistema, que en el caso español está caracterizada por el Centro Principal Helios, denominado actualmente Centro de Sistemas Aeroespaciales de Observación (CESAEROB), donde se realiza la recepción, el procesado y la explotación de la información, siendo responsable del control operativo de la componente española el Estado Mayor de la Defensa.

En los años sucesivos se continuó impulsando la determinación de seguir ampliando la capacidad operativa española en este dominio, destacando en este sentido dos iniciativas: la decisión de participar en el programa Pleïades y el Acuerdo Marco firmado el 26 de julio de 2007 entre los ministros de Industria y Defensa para desarrollar un Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOTS).

En el primer caso, el año 2005 se firmó un acuerdo de cooperación que contemplaba la participación española (3%) en el programa francés Pleïades, sistema de observación de la Tierra que dispone de dos satélites, el Pleïades 1A, lanzado en diciembre del 2011, y el 1B, lanzado en diciembre del 2012, que ocupan la misma órbita heliocéntrica pero separados 180 grados entre sí, con sensores ópticos de alta resolución, multiespectral e infrarrojo. Aun siendo de utilización dual, es decir, para fines civiles y de seguridad, el acceso por parte española a la programación del sistema está dedicado a actividades de defensa.

Respecto al Acuerdo Marco antes mencionado, el PNOTS contempla el desarrollo, la puesta en órbita y la explotación de dos satélites con sensores diseñados según las dos tecnologías actuales de la observación espacial, óptica y radar, financiados conjuntamente por ambos ministerios.

Uno de los satélites, denominado «Ingenio», dotado con sensores ópticos multiespectrales, será financiado y gestionado por el Centro por el De-

sarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI; Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) en el marco de la contribución de España a la Agencia Europea del Espacio, siendo el contratista principal del programa Airbus Defence and Space España, la empresa SENER responsable principal del diseño, fabricación, integración, alineación y la verificación de la carga útil primaria de la misión, INDRA contratista principal del segmento de tierra y GMV estará a cargo del prototipo del procesador de tierra, que incluye la definición de los algoritmos necesarios para la generación de los productos del satélite.

Destinado a usos civiles, el satélite, que se situará en una órbita cuasi polar y helio síncrona, a unos 670 km de altura, permitirá capturar hasta seiscientas imágenes diarias, con 2,5 metros de resolución en el modo pancromático y de 10 metros en el multiespectral, y podrá realizar además hasta ocho coberturas anuales completas del territorio nacional. Estos datos se complementarán además por los proporcionados por las tres cargas útiles científicas adicionales que llevará a bordo.

Figura 1. Infografía de Ingenio (Fuente: Hisdesat)

El segundo satélite, denominado «Paz», que llevará a bordo sensores radar de apertura sintética en banda X, será financiado y gestionado por el Ministerio de Defensa. Su infraestructura terrestre incluirá las estaciones de control y seguimiento, ubicadas en Torrejón y Maspalomas, y los centros de procesado y almacenamiento de datos en las ubicaciones anteriores y en el CESAEROB.

Sus sensores permitirán obtener imágenes de la superficie con una resolución de 1 metro en modo imagen o puntual, hasta 3 metros en modo franja y hasta 16 metros en modo de barrido. Al igual que el anterior, este satélite está destinado a satisfacer las necesidades de información de un

sector específico, en este caso el de seguridad y defensa, pero asimismo podrá utilizarse en otras aplicaciones civiles recayendo en este caso la explotación comercial en Hisdesat.

Aunque el diseño de cada uno de estos satélites se orienta a su utilización de forma específica por cada uno de los sectores para los que han sido proyectados, civil y defensa respectivamente, al contar con la totalidad del PNOTS, y dada la complementariedad de las tecnologías y la especial característica de constituir un sistema propio, también podrán ser utilizados ambos con carácter conjunto cuando se considere necesario, proporcionando así la capacidad de responder al concepto moderno de utilización de estos medios espaciales, el conocido como «uso dual» (civil y de seguridad y defensa).

Con la decisión de lanzar el Programa nacional de observación de la Tierra por satélite se contribuye a alcanzar el objetivo de disponer de un sistema que abarque las dos tecnologías disponibles actualmente (óptica y radar) y además orientado al mencionado uso dual, lo que supone un

Figura 2. Satélite Deimos 1 (Fuente: deimos-space.com)

gran avance en términos industriales, científicos y técnicos y asimismo se asegura la disponibilidad para los próximos años de una valiosa fuente de información, fiable, segura y de precisión que proporciona una gran capacidad de visión estratégica desde el espacio, tanto en cooperación como con autonomía e independencia.

Asimismo, ambos satélites, Paz e Ingenio, contribuirán con su información a la iniciativa de la Unión Europea denominada programa Copernicus, anteriormente GMES (Global Monitoring for Environment and Security), cuyo objetivo es disponer de una capacidad propia y autónoma de observación de la Tierra.

Además de los programas gubernamentales detallados en los párrafos anteriores también se han ido desarrollando otros civiles o comerciales entre los que destacan la constelación Deimos, integrada por los satélites Deimos I y II, que constituye el primer caso de un satélite puesto en órbita por una empresa española.

El Deimos I se lanzó desde el cosmódromo de Baikonur el 29 de julio de 2009 junto a otros 5 satélites entre los que se encontraba el Nanosat 1B. Su carga útil consiste en un sensor óptico que permite hacer barridos de 600 km de anchura con una resolución de 22 m en tres bandas espectrales: verde, rojo e infrarrojo cercano.

El satélite forma parte de la constelación DMC (Disaster Monitoring Constellation) en la que participan otros países como Argelia, Turquía, Nigeria, Reino Unido o China. Su centro de seguimiento de la misión se encuentra ubicado en Valladolid, donde se reciben los datos y se procesan para generar productos comerciales de cartografía, gubernamentales y de respuesta rápida ante desastres, con el apoyo de los expertos del Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid.

El segundo satélite, Deimos 2, se situó en junio de 2014 en una órbita terrestre de baja altitud, a 620 km de altitud, desde la base rusa de Yasni. Incorpora un sensor óptico de alta resolución espacial, unos 75 cm, pancromático y multiespectral que proporciona un barrido de 12 km de diámetro desplazable hasta 30º a cada lado respecto al nadir y, excepcionalmente, hasta 45 grados, con capacidad de cobertura diaria de unos 150.000 kilómetros cuadrados.

A diferencia del Deimos 1, en este segundo se cuenta con participación pública por parte del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, que ha asumido un 20% de los costes. Para el desarrollo del proyecto la empresa Elecnor Deimos ha construido unas instalaciones en Puertollano (Ciudad Real) que incluyen una sala limpia para la integración final del satélite, un centro de operaciones y una estación de seguimiento y control.

Las principales aplicaciones del satélite DEIMOS 2 se orientan, entre otros, a los ámbitos de la agricultura, el urbanismo, la cartografía, la seguridad e inteligencia, la protección civil y el medioambiente.

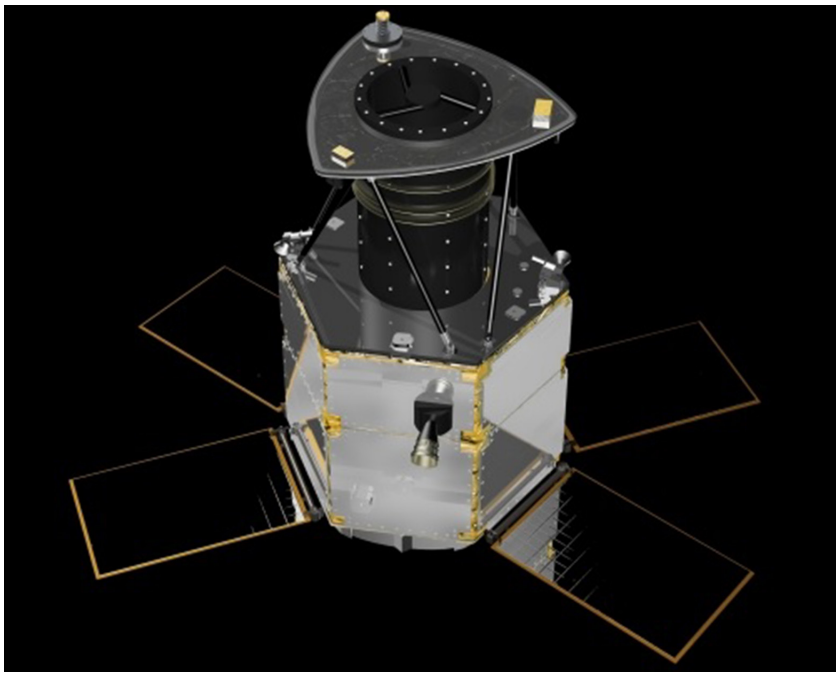


Figura 3. Satélite Deimos 2 (Fuente: deimos-space.com)

Comunicaciones

Dando continuidad a la potencialidad adquirida con la operación delos satélites 1A y 1B la sociedad Hispasat potenció la línea de negocio relacionada con los productos de naturaleza civil para la difusión por satélite de contenidos. Así, en febrero del año 2000 puso en órbita el satélite Hispasat 1C, situado en la misma posición orbital que sus dos antecesores, a los que venía a sustituir ante el fin de su vida útil, prevista para 2003. El satélite, con 24 transpondedores en banda Ku y una vida útil de 15 años, se basó en la plataforma Spacebus 3000B2 de la empresa Alcatel Espacio, que se fusionó en 2006 con Alenia Space y finalmente, en 2007, fue absorbida por Thales Alenia Space.

En el año 2001 se dividió la sociedad de forma que la prestación de servicios gubernamentales pasó a la empresa Hisdesat Servicios Estratégicos, S.A., cuyo principal accionista es Hispasat, mientras que los sistemas de comunicación por satélite y de difusión quedaron en la matriz.

En 2002 continuó la serie con el lanzamiento del Hispasat 1D con características similares al 1C aunque con 4 transpondedores adicionales, haciendo un total de 28, también en banda Ku, es decir, para servicios de difusión de televisión y contenidos, y en diciembre de 2010 se puso en

órbita el Hispasat 1E basado en una plataforma LS-1300 del consorcio estadounidense Space Systems Loral (SSL), con 53 transpondedores en banda Ku, ubicándose también en la posición orbital 30ºW, proporcionando cobertura de comunicación fija sobre Europa, el norte de África y la mayor parte del territorio americano.

Tal posición orbital proporciona la capacidad estratégica de poder dar cobertura a territorios europeos y sudamericanos simultáneamente lo cual permitió situar a la empresa en una posición privilegiada para ampliar su negocio. En este sentido, y aprovechando la experiencia adquirida en el diseño, puesta en funcionamiento y gestión de sistemas de comunicaciones por satélite, Hispasat continuó su expansión mediante la creación del programa Amazonas, por medio del cual se podía asimismo utilizar y explotar la posición orbital 61ºW correspondiente a Brasil.

Los satélites de este programa, muy similar al Hispasat, incorporan transpondedores en banda C, asegurando así la compatibilidad con la infraestructura creada anteriormente, pero se orientan a la prestación de servicios de comunicaciones sobre territorio sudamericano. Actualmente se encuentran en órbita los Amazonas 1 y Amazonas 2, basados en la plataforma EUROSTAR 3000 de EADS Astrium (actual AIRBUS D&S), lanzados en 2004 y 2009 respectivamente, el Amazonas 3 con la misma plataforma que el Hispasat 1E, la LS-1300 de SSL, lanzado en 2013 y el Amazonas 4A, puesto en órbita el 22 de marzo de 2014, que utiliza una plataforma GeoSTAR-Bus 2 de la empresa estadounidense Orbital. Para el año 2015 está previsto el lanzamiento del Amazonas 4B, con características equivalentes a las de este último.

Para la gestión de todas estas misiones la empresa dispone de un centro de control y seguimiento ubicado en la localidad de Arganda del Rey, situada a 25 km de Madrid. Asimismo, cuenta con estaciones de seguimiento en Brasil y Argentina y de monitorización en Méjico.

En mayo de 2008 Hispasat S.A. y la Agencia Espacial Europea firmaron una autorización preliminar para el desarrollo de la misión Hispasat Advanced Generation 1 para la validación en órbita de la misión SmallGeo. Este será el primer satélite en utilizar la nueva plataforma europea desarrollada mediante una colaboración público-privada entre la ESA y el operador alemán OHB-System AG, que incorporará 24 transpondedores en banda Ku y 3 en banda Ka.

Además, España ha sido la encargada del desarrollo del sistema Redsat, que consiste en un nuevo transpondedor regenerativo experimental que permitirá aumentar la capacidad y la fiabilidad de las comunicaciones por satélite con una importante reducción de costes, que ha sido desarrollado, entre otros, por Thales Alenia Space España, como contratista principal y Mier Comunicaciones. Redsat proporcionará cuatro haces ascen-

Figura 4. Logotipo del proyecto Hispasat AG1 (Fuente: ESA)

dentes configurables mediante la antena Direct Radiation Array (DRA), responsabilidad de EADS CASA Espacio (actual AIRBUS D&S).

En lo que respecta a las comunicaciones gubernamentales, o de defensa, teniendo en cuenta que con el fin de la vida útil de los dos primeros satélites de la familia Hispasat, el 1A y el 1B, España iba a quedar sin esta capacidad que venía utilizando desde el año 1992, se decidió poner en marcha el proyecto SPAINSAT que venía a sustituir al anterior programa SECOMSAT que gestionaba las comunicaciones de este tipo que hasta entonces se prestaban por los transpondedores de banda X de los satélites Hispasat.

El año 2001 se creó una *joint venture*, denominada XTAR LLc, entre la sociedad española Hisdesat Servicios Estratégicos, con una participación del 44%, y la norteamericana Loral Space & Communications, empresa proveedora de la Agencia Nacional de Seguridad norteamericana, que participaba con el 56% restante[3]. Desde los primeros pasos del programa se consideró necesario dotarlo de mayor capacidad de la necesaria para que la venta a terceros de estos servicios sirviera para financiar los elevados costes asociados a un programa de este tipo.

Durante la fase de definición y desarrollo del nuevo programa, ante la posibilidad de encontrarse con un período de vacío, el Ministerio de De-

[3] HISDESAT, Estructura societaria y Accionarial. http://www.hisdesat.es/esp/hisdesat_estructura.html(Consultado 4 de mayo de 2014).

fensa contrató con la compañía Hispasat la prolongación de la vida útil del satélite 1B mediante su puesta en una órbita inclinada, continuando así en servicio hasta marzo de 2006.

El primer satélite a utilizar por el nuevo programa fue el XTAR-EUR, lanzado en 2005, ubicado en la posición orbital 29ºE, que proporciona cobertura desde África hasta la zona oriental del continente asiático mediante el haz global y los cuatro haces puntuales que actualmente se encuentran apuntados a Europa, el cuerno de África, Oriente Próximo y el Sudoeste Asiático. Este satélite presenta la particularidad de proporcionar comunicaciones seguras por medio de un contrato de alquiler por uso. De los doce transpondedores en banda X que lleva a bordo el satélite España alquiló tres para su utilización por sus Fuerzas Armadas.

Posteriormente se completó el programa poniendo en órbita geoestacionaria en marzo de 2006 en la posición orbital 30ºW, sobre el Atlántico, el satélite SPAINSAT, con capacidad de doce transpondedores de alta potencia en banda X, para comunicaciones gubernamentales seguras, y uno de alta capacidad en banda Ka. En este caso la particularidad consiste en la cesión del exceso de capacidad operativa, en condiciones normales, a otros gobiernos y organizaciones, como EE.UU., Holanda o la OTAN. Concretamente en la actualidad 5 de los transpondedores se encuentran alquilados por Hisdesat para las comunicaciones gubernamentales españolas mientras que los 8 restantes lo están por XTAR para prestar el servicio XTAR-LANT que permite a los mencionados clientes contratar conectividad segura por satélite.

Su cobertura la asegura un haz global centrado en la huella del satélite y se extiende hasta el centro del subcontinente sudamericano, por el oeste, y del continente africano por el este. Asimismo, cuenta con cuatro haces puntuales que cubren Latinoamérica, Europa, Norteamérica y el norte de África respectivamente.

Entre los dos satélites proporcionan una cobertura de aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra, con especial atención a las zonas de interés estratégico. Gracias a ellos y a los programas y sistemas que los complementan se ha hecho posible que España sea una de las pocas naciones que disponen de su propia infraestructura de comunicaciones por satélite rápidas, seguras, flexibles e interoperables en beneficio de la defensa a la vez que se ha adquirido una considerable experiencia en la gestión de este tipo de sistemas.

Navegación y posicionamiento

Los sistemas de navegación por satélite (Global Navigation Satellite System, GNSS) han adquirido una creciente importancia por las ventajas que se derivan de su uso en múltiples campos. En la actualidad en España,

como en muchos otros países, se utiliza casi exclusivamente el conocido como GPS (Global Positioning System) de los Estados Unidos, pues si bien existe también un sistema ruso (GLONASS) su utilización está limitada a un pequeño número de países.

Esta dependencia ha provocado que se pongan en marcha en diversos países y organizaciones importantes iniciativas para dotarse de sistemas propios, entre las que en el caso español destaca el programa Galileo que se está desarrollando en el marco de la Unión Europea.

A finales del pasado siglo, dada la situación de casi monopolio del sistema GPS como principal proveedor de servicios de posicionamiento y referencia de tiempo, y la aparente potenciación del GLONASS ruso, la Unión Europea se planteó la necesidad de disponer de un sistema de navegación por satélite propio que permitiese alcanzar la independencia tecnológica y potenciar la soberanía europea.

De esta forma nació el programa Galileo con el objetivo de diseñar, desarrollar y operar el futuro sistema europeo de navegación y posicionamiento por satélite mediante un proyecto dirigido de forma conjunta por la Comisión Europea (CE) y la ESA.

Inicialmente, el modelo de financiación que se planificó consistía en la colaboración público privada. Sin embargo, el fallo de las negociaciones de esta alternativa llevó a que en 2008 el Parlamento y la Comisión Europea decidieran completar la constelación del sistema mediante presupuesto de la Unión Europea.

Las primeras fases del programa fueron realizadas por la Empresa Común Galileo (Galileo Joint Undertaking, GJU), de la que la Comisión Europea y la Agencia Espacial Europea fueron cofundadoras en 2002, la cual tuvo un papel destacado en el desarrollo técnico de los segmentos espacial y terreno.

A partir del 1º de enero del 2007 se hizo cargo del programa la GSA (European Global Navigation Satellite Systems Agency) creada en julio de 2004 como organismo regulador oficial de la Unión Europea para la gestión de los intereses públicos relativos a los programas europeos de navegación por satélite.

El nuevo sistema será de naturaleza civil, si bien está prevista su utilización para aplicaciones gubernamentales, en particular las relacionadas con la seguridad, y permitirá el desarrollo de nuevos sistemas y aplicaciones de alto valor añadido. Su diseño proporcionará mejores prestaciones que las que prestan los sistemas actuales con varios servicios diferenciados en los que varía la resolución, la disponibilidad, la protección y cifrado de la información y el tipo de información que se puede recibir a través de la señal de posicionamiento.

Para ello se basará en una constelación de 30 satélites, gestionados por la correspondiente infraestructura terrestre, de los cuales actualmente hay ya 8 en órbita y se han obtenido medidas de posición cuando al menos 4 de ellos están a la vista.

España participa en el programa Galileo con una gran actividad industrial y científica tanto en el desarrollo y despliegue como en el mantenimiento del sistema. Además, gracias a la ubicación en territorio español del Centro de Servicios de Sistemas de Navegación Global por Satélite, también se desempeñará un papel importante en la operación del sistema.

La empresa Indra ha desarrollado gran número de sistemas de mando y control destinados al segmento terreno tanto de las fases de validación como para la futura fase operativa mientras que GMV ha sido la encargada del desarrollo de los sistemas de dinámica de vuelo.

En paralelo con Galileo, y como complemento a este, la ESA propuso en 1994 el desarrollo de un proyecto que permitiera mejorar la precisión y fiabilidad de los sistemas GNSS para cumplir los requisitos necesarios para utilizarlos en navegación aérea y en otras aplicaciones críticas, basándose en el plan de desarrollo de los futuros sistemas de navegación aérea aprobado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en 1991 cuya primera fase se denominó GNSS-1.

Esta propuesta dio lugar a la creación del proyecto EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) gestionado de forma conjunta por la ESA, la Comisión Europea y Eurocontrol, la Organización Europea para la Seguridad de la Navegación Aérea, con el objetivo de desarrollar la componente europea de GNSS-1 en paralelo con el sistema norteamericano WAAS (Wide Area Augmentation System) y el japonés MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System).

Una vez finalizado con éxito su desarrollo, el proyecto se traspasó a la Comisión Europea para su operación el 1 de abril de 2009. Desde entonces las operaciones de EGNOS se gestionan a través de un contrato con un operador con sede en Francia, la European Satellite Services Provider, que proporciona desde octubre de 2009 datos de posicionamiento libremente disponibles en Europa para cualquier receptor GPS habilitado para EGNOS.

De esta forma EGNOS se ha convertido en la primera actividad europea en el ámbito de los sistemas de navegación global por satélite así como en el precursor de Galileo, que está finalizando su fase de desarrollo.

El sistema está integrado por tres satélites en órbita geoestacionaria y una red de estaciones terrestres. Además de los datos equivalentes a los que transmite un satélite GPS, proporcionan una señal que contiene información adicional sobre la calidad e integridad de las señales de po-

sicionamiento enviadas y la que están recibiendo los receptores desde los satélites que forman las constelaciones de GPS y GLONASS.

El desarrollo del sistema se llevó a cabo como un proyecto voluntario de la ESA por lo que cada país podía fijar la cantidad invertida en el sistema. En el caso de España, el 28 de enero de 1999 AENA y CDTI firmaron un acuerdo para la participación en el programa que propició también una mejor colaboración posterior entre ambos organismos. La participación de España en el proyecto ascendió a un 11% con un importe de alrededor de 4.500 millones de pesetas (unos 27 M€, 24 M€ aportados por AENA y 3 M€ por el CDTI), situando a España en el quinto lugar entre los países cooperantes, permitiendo ubicar en territorio nacional un nutrido número de instalaciones. Las instalaciones que se ubicaron en España fueron uno de los cuatro centros de operaciones de la misión (MCC), cuatro terminales remotos de integridad de la señal (RIMS), la plataforma de aplicaciones específicas (ASQF) y una estación de navegación para la conexión con el satélite Artemis (NLES).

El desarrollo e integración de los sistemas se adjudicó a las empresas españolas Indra Espacio, GMV y Sener.

Meteorología

El componente espacial de la meteorología europea se concentra en Eumetsat, una organización intergubernamental fundada en 1986 de la que España es miembro, que proporciona datos relacionados con el clima, imágenes y productos procesados a las agencias meteorológicas tanto a los países europeos que pertenecen a ella como a otros múltiples. La contribución económica a la organización se realiza en base al PIB de los países miembros que actualmente son 30, a los que se añade un país cooperante.

Actualmente, Eumetsat cuenta con los satélites geoestacionarios Meteosat de Segunda Generación (MSG), así como con los MetOp, en órbita polar, en cuyo desarrollo participaron SENER y GMV, y los JASON-2 que forman parte de un sistema de observación marítima en un proyecto conjunto con la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y la NASA estadounidenses y el CNES (Centre National d'Études Spatiales) francés.

Se encuentran en proceso de desarrollo varios programas: la tercera generación de los satélites Meteosat (MTG), que empezarán a lanzarse en 2018, los EPS-SG, que vendrán a sustituir a los MetOp a partir de 2020, los JASON-3, que se situarán en la misma órbita y usarán los mismos instrumentos que los JASON-2 y, por último, los Sentinel, de los cuales se ha producido el primer lanzamiento en 2014, para dar soporte a servicios relacionados con el entorno global y el entorno marítimo.

Las industrias españolas están representadas en diversos programas: en el desarrollo de los Metop participaron SENER y GMV, en los Sentinel Airbus Defence & Space España (CASA Espacio y Crisa), Iberespacio, Thales Alenia Space España, Jupasa, GMV, Sener, Mier Comunicaciones, Alter Technology, Elecnor Deimos e Indra, Thales Alenia Space es contratista principal de los satélites Meteosat MSG y MTG y de los nuevos Sentinel, además de haber colaborado en instrumentos de los satélites MetOp y finalmente AIRBUS D&S es el contratista principal de los satélites MetOP, de los EPS-SG y los JASON.

Acceso al espacio

Tras la iniciativa ELDO, por la que se identificaba en Europa la necesidad de disponer de acceso garantizado al espacio, se ha continuado tratando de alcanzar este objetivo en el marco de la ESA. Actualmente se dispone de dos sistemas de lanzamiento propios, Ariane 5 y Vega, además de la posibilidad de utilización del lanzador ruso Soyouz, tanto en sus bases de lanzamiento tradicionales en Baikonur o Plesetsk como desde el puerto espacial europeo de Kourou en la Guayana Francesa, gracias al desarrollo de una nueva plataforma denominada ELS (Ensemble de Lancement Soyouz) cofinanciada por Arianespace, ESA, UE y CNES como contratista principal.

España, por su pertenencia a la ESA y su participación en el Programa Opcional de Lanzadores de esta organización se beneficia con contratos adjudicados a su industria espacial. Por ejemplo, en el Ariane 5 se encarga de la fabricación de varios módulos del cohete, como la estructura de la caja de equipos, o los adaptadores de carga útil y la estructura interetapas, que desarrollan EADS CASA y AIRBUS Defence and Space.

En el programa Vega participan siete Estados miembros de la ESA: Italia, Francia, España, Bélgica, Países Bajos, Suiza y Suecia, siendo la aportación española del 5,68% y en el Verta (Acompañamiento de Investigación y Tecnología para Vega) España ha contribuido con un 6,36%. En Vega han participado Crisa, EADS CASA Espacio, GMV, GDT Sistemas de Información, Indra, Rymsa y Sener.

En cuanto a la Estación Espacial Internacional, proyecto en el que participan la NASA, la Agencia Espacial Rusa, la Agencia Japonesa de Exploración Espacial, la Agencia Espacial Canadiense y la Agencia Espacial Europea, la contribución española es del 2% de la aportación de la ESA que supone un 8% de la inversión total, centrada en 3 componentes: el laboratorio Columbus, el Vehículo de Transferencia Automático ATV y el proyecto de Brazo Robótico Europeo (ERA).

La participación española abarca a EADS CASA Espacio, que realizó las ventanas panorámicas, Iberespacio que ha desarrollado ARES (Sistema

de Revitalización de Aire), SENER, NTE-SENER, EADS Astrium CRISA y Tecnalia desarrollando diferentes subsistemas del laboratorio Columbus y Thales Alenia Space España, Iberespacio, EADS Astrium CRISA, GMV, GTD, Rymsa y Alter Technology Group Spain que han participado en el módulo de transporte ATV.

Además de la participación industrial España ha llevado a cabo experimentos científicos a bordo de la estación, destacando la participación en 2003 del astronauta español Pedro Duque en la misión Cervantes, quien durante su estancia en la estación fue responsable de 29 de los 80 experimentos proyectados. Esta misión estuvo respaldada por el CDTI como órgano nacional gestor de la actividad espacial.

Otros programas y actividades espaciales

La participación industrial y científica española en el sector espacial no se limita a lo anteriormente expuesto. Existen otra serie de actividades, la mayor parte de ámbito científico, pero muy diversificadas y con diferentes peculiaridades por lo que no forman parte de una clase específica, razón por la cual se agrupan en una tipología genérica.

En cuanto al entorno científico España ha puesto en órbita sus propios satélites en varias ocasiones. En los años 70, fruto de la colaboración con la NASA, se puso en órbita el INTASAT y dos décadas más tarde dio comienzo el programa Minisat cuyo objetivo era poner en órbita tres satélites de pequeño tamaño dedicados a misiones muy específicas: experimentos científicos, observación de la Tierra y comunicaciones, si bien finalmente solo se lanzó el primero de ellos antes de que se cancelara el programa.

Ya en el siglo XXI, este mismo Instituto puso en marcha el programa Nanosat para el desarrollo, fabricación, integración y operación de satélites de tamaño micro y nano, con pesos comprendidos entre 11 y 20 kilogramos. Fruto del cual fue la puesta en órbita en 2004 del primer satélite de la serie, el Nanosat 01, y posteriormente del segundo, el Nanosat 1B, con una carga útil de un transpondedor en banda S y tres experimentos científicos, que fue lanzado el 29 de julio del 2009 en el mismo lanzamiento que puso en órbita al Deimos 1.

Además de las iniciativas encabezadas por el INTA, las universidades también han desarrollado sus propios satélites como banco de pruebas y validación de nuevos conceptos y tecnologías. Así, a mediados de los años 90, utilizando el mismo lanzamiento que el Helios 1A se puso en órbita el UPMSat 1, desarrollado por la Universidad Politécnica de Madrid con la colaboración del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, y el año 2012 la Universidad de Vigo en colaboración con el mencionado Instituto desarrolló el satélite XatCobeo que incorporaba una carga científica.

Por otra parte, la pertenencia de España a la Agencia Espacial Europea conlleva la participación obligatoria en el programa de ciencia espacial. En él se desarrollan misiones de gran envergadura cuyo desarrollo y construcción se adjudica a centros de investigación e industrias de los países pertenecientes a la agencia de forma proporcional a su inversión, y por tanto a su PIB relativo.

A lo largo de los años ha ido aumentando el número y complejidad de los sistemas abordados nacionalmente aunque nunca se ha llegado a alcanzar la responsabilidad principal de ninguno de los programas, la cual recae con frecuencia en las filiales españolas de los dos principales grupos aeroespaciales europeos: AIRBUS D&S y Thales Alenia Space. Estas compañías actúan como contratista principal y gestionan la integración de los subsistemas que se subcontratan a otras empresas nacionales, además de aquellos que puede desarrollar la propia empresa.

España también está colaborando con otros organismos internacionales en el desarrollo de misiones científicas, especialmente en aquellas dirigidas a Marte. Así varios de los instrumentos que se utilizan para el análisis del planeta a bordo del vehículo Curiosity de la NASA han sido desarrollados en España y existe también un proyecto de colaboración con las agencias espaciales rusa y noruega para el desarrollo de diferentes sistemas para una futura misión al planeta rojo.

Todos estos programas se describen en el anexo III, donde se detallan los datos de las distintas misiones, y los resultados obtenidos.

Además de esta actividad científica hay que destacar que España, como Estado miembro de la Unión Europea, también participa en los diferentes programas e iniciativas de esta organización destacando principalmente entre ellos el proyecto Copernicus (inicialmente GMES) y el Centro de Satélites de la Unión Europea.

Copernicus, ya mencionada anteriormente, es otra iniciativa conjunta liderada también por la CE y la ESA que tiene por objeto obtener y operar una capacidad autónoma europea para apoyar al control del medioambiente y la seguridad utilizando medios de observación de la Tierra desde el espacio y otros complementarios.

Para ello se tratará de explotar de forma eficaz todo el potencial presente y futuro de los distintos programas y sistemas europeos de observación de la Tierra por medio de satélites y así poder hacer frente a las diferentes necesidades de los usuarios finales. Sobre esta base se trata de desarrollar Copernicus como un sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones, con capacidad de adquirir, procesar, interpretar y distribuir toda información de utilidad relacionada con el medio ambiente, gestión de riesgos, recursos naturales y seguridad.

En 2005, España decidió participar en la infraestructura espacial común que se desarrollará por parte de la ESA y ofreció asimismo el apoyo al futuro sistema por medio de las imágenes del Programa Nacional de Observación de la Tierra por Satélite, uniéndose así al grupo de países que contribuirán con satélites propios a esta iniciativa europea de medioambiente y seguridad.

Finalmente, el Centro de Satélites de la Unión Europea (EUSC: European Union Satellite Centre) es una Agencia del Consejo de la UE, creada el 20 de julio de 2001 y ubicada en territorio español, dedicada a la explotación y producción de la información resultante del análisis de imágenes de observación de la Tierra y otros datos complementarios, así como a actividades de desarrollo técnico y de formación. Por la especificidad, las características este Centro se detallarán en otro capítulo.

Síntesis del estado actual

Con objeto de proporcionar una panorámica del estado actual del sector en sus aspectos industrial y científico, objetos de este capítulo, utilizaremos la información proporcionada por la asociación TEDAE[4] (Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica, Seguridad y Espacio) entre cuyos asociados se encuentran los principales actores industriales del sector espacial en España, integrados en la Comisión Proespacio, encargada de «potenciar, promover y realizar todas aquellas acciones, ante las instituciones, públicas o privadas, el mundo académico, la comunidad científica, así como ante la sociedad en general, que impulsen el fortalecimiento, la promoción y la difusión de las empresas españolas pertenecientes al sector espacial».

Esta información, que abarca los campos de actividad y las características de las empresas, se recoge en el informe que publica anualmente la comisión, que en su última versión correspondiente al ejercicio 2012 incluye una descripción de la evolución económica del sector y un resumen de las actividades y novedades de las veinte empresas asociadas.

Respecto a la evolución del número de empresas españolas que han tenido actividad relevante en el sector espacial destaca que, si en los primeros años solo había dos empresas directamente relacionadas con el sector espacial, a partir de finales de los años 80 se produjo un aumento muy significativo del número de ellas a raíz de las cada vez más interesantes oportunidades que empezaban a surgir en el sector. Tras este rápido incremento se produjo una estabilización hasta final del siglo pasado para continuar su progresión en los primeros años del siglo XXI

[4] ProEspacio:http://tedae.es/proespacio.

donde el número de empresas aumentó en un 50% permaneciendo estable en los últimos años pese a la actual crisis económica.

Clasificando las empresas por las principales categorías de modelo de negocio del sector espacial puede comprobarse que España cuenta con representación industrial en todas ellas, incluso alguna presta servicios en todas en mayor o menor grado. Su ámbito de aplicación y experiencia es muy diverso, en dominios que abarcan desde la ingeniería de sistemas, desarrollo y suministro de componentes para sistemas espaciales (tanto en el segmento terrestre como en el espacial), hasta la operación y explotación de tales sistemas y servicios de apoyo técnico.

Pese al reducido número de plataformas espaciales puestas en órbita por España, un porcentaje muy elevado de las empresas tiene capacidades productivas para el segmento espacial lo que supone un síntoma inequívoco de que la industria mantiene una posición puntera con un conocimiento exhaustivo de las tecnologías y sus particularidades.

El tamaño de estas empresas no es muy grande, pero presentan un alto nivel de recursos humanos y, en general, una alta calificación técnica, en algunos casos en los primeros lugares de Europa, y adecuada capacidad tecnológica. Esta diversificación es muy positiva pues muestra una capacidad consolidada para hacer frente a proyectos conjuntos de cierta complejidad y magnitud.

Pero estas características positivas no se ven representadas por un adecuado volumen de negocio. Su pequeño tamaño y la mencionada diversificación obligan a buscar actividades principalmente en la exportación, subcontratadas en el exterior, ante la gran dependencia de la existencia de programas.

Una vez realizado el análisis de la evolución del sector espacial en España una de las primeras cuestiones a plantear es conocer si a partir de las actividades desarrolladas se ha conseguido disponer de las capacidades necesarias, cuyas características en términos de calidad, coste y soberanía deben ser adecuados a estas necesidades.

Actualmente España es uno de los pocos países en el mundo que cuenta con 3 operadores industriales de sistemas de satélite: Hispasat, Hisdesat y Deimos. Las tres empresas poseen plataformas espaciales, centros de seguimiento y operación en territorio español y un modelo de negocio próspero basado en la operación de los sistemas como servicio para los clientes.

En el campo de las comunicaciones, dentro del mercado civil existe una de las principales empresas mundiales de difusión de contenidos, como es Hispasat, que además está exportando su modelo de negocio a Sudamérica y en el dominio de la observación de la Tierra, se estima que en breve plazo se dispondrá de los satélites Paz e Ingenio (en breve) del Plan

Nacional de Observación de la Tierra por Satélite a añadir a los actuales satélites operativos de la empresa Deimos.

Respecto a la navegación y posicionamiento, las señales del servicio estándar de GPS y las del servicio abierto de Galileo van a asegurar a los ciudadanos una fuente de posicionamiento fiable y de calidad. Por último, España también utiliza con profusión la información meteorológica de la mayor calidad, que recibe fruto de su participación en el consorcio internacional Meteosat.

Desde la perspectiva de la defensa y la seguridad se puede hacer una evaluación similar, si bien es necesario valorar si se cuenta con las capacidades necesarias para el desarrollo de las actividades y misiones encomendadas. En el campo de las comunicaciones por satélite, se utilizan los servicios que presta Hisdesat a través del satélite SpainSat, mientras que en la observación de la Tierra actualmente se utilizan las imágenes que proporcionan los programas Helios y Pleïades, actividad complementada por la labor de un operador privado, Deimos Space, que también puede proporcionar imágenes obtenidas con sus plataformas y asimismo, con los satélites Paz e Ingenio se complementará la capacidad de observación de la Tierra en el espectro visible y en el de microondas.

Por último, en sistemas de navegación por satélite, además de contar con acceso a las señales de posicionamiento de GPS y de Glonass, el programa Galileo se encuentra muy avanzado y, bajo ciertas circunstancias ya es posible determinar la posición mediante este sistema que proporcionará servicios específicos de defensa y seguridad a través de la señal PRS.

Finalmente, respecto a los proyectos científicos se deduce igualmente que han supuesto un laboratorio de experimentación de gran utilidad para la adquisición de conocimientos y la capacitación tanto de los centros de investigación como de las empresas que han participado en el desarrollo.

Perspectivas de futuro

Todo lo expuesto permite afirmar que actualmente España cuenta con acceso a las tecnologías espaciales necesarias para desarrollar actividades que se encuentran a la vanguardia del estado del arte. Esta situación se ha conseguido gracias a las decisiones de abordar directamente programas espaciales en unos casos y en otros participar en consorcios que permitan el acceso a las prestaciones de los sistemas con unos costes acordes a la disponibilidad presupuestaria.

La siguiente pregunta que se suscita es si fruto de estas actividades se ha conseguido desarrollar un sector espacial sostenible con el que abor-

dar las nuevas necesidades y oportunidades que están surgiendo. La respuesta debe obtenerse teniendo en cuenta ámbitos tan diversos como la financiación, la existencia de un sector industrial capaz de desarrollar sistemas con los que satisfacer las necesidades nacionales y eventualmente exportar a otros países productos de alto valor añadido, y la preservación de la soberanía nacional, entendida esta como la capacidad de acceder a las prestaciones que pueden proporcionar los nuevos sistemas espaciales con unos costes razonables.

La financiación necesaria para mantener en funcionamiento los elementos y organismos relacionados con el sector espacial y las infraestructuras, centros de investigación y empresas, proviene actualmente de diversas fuentes. Una primera, e importante, son los presupuestos de los propios ministerios que ante una necesidad detectada pueden promover la participación o la puesta en marcha de un nuevo programa para dotarse de las capacidades necesarias.

También depende del Gobierno el importe que se dedica a la investigación mediante los presupuestos que se asigna cada año a los organismos públicos del sector para su funcionamiento o las iniciativas de los diferentes ministerios en forma de asignaciones, subvenciones y créditos blandos con los que sufragar los costes de los programas a desarrollar en este sector.

La colaboración internacional también contribuye a la financiación del conjunto pero no debe olvidarse que los retornos recibidos de las organizaciones internacionales a las que se pertenece provienen de la previa aportación nacional a ellas por lo cual estas colaboraciones constituyen una obligación de inversión en el sector que redunda en actividades industriales y de investigación realizadas por las organizaciones implicadas.

Por último, la financiación también puede provenir de la industria privada. La naturaleza de los sistemas espaciales y los largos plazos de ejecución que caracterizan a los programas no contribuyen a despertar el interés de las empresas por invertir en este sector salvo aquellos proyectos de menor magnitud que puede producir un retorno más rápido.

El siguiente ámbito a analizar para obtener respuesta a la cuestión planteada es el sector industrial, cuya economía se trata en profundidad en el capítulo 4. Como se indicó anteriormente este sector ha sido objeto de una constante evolución; desde los orígenes en la década de los años 40 comenzó a aumentar el número de empresas en España con una estabilización debida a la crisis de principios de los 90 para volver a crecer durante la primera mitad del siglo XXI gracias a la situación boyante de la economía hasta llegar a la situación actual de estabilidad.

En definitiva, dado que la creación y permanencia de las empresas están asociadas inseparablemente a la existencia de un modelo de negocio

rentable puede concluirse que hasta la fecha en España ha sido viable obtener rentabilidad del sector espacial pero ante la actual situación económica y de recortes presupuestarios no puede asegurarse que continúe siéndolo.

El último ámbito de estudio para responder a la cuestión suscitada es el de la preservación de la soberanía nacional. En este campo destaca en primer lugar que en los últimos 20 años se ha producido una concentración de las empresas del sector espacial a nivel europeo. El modelo ha consistido en muchos casos en la absorción de las empresas locales que resultan de interés o que presentan estados financieros que permiten su adquisición a costes bastante reducidos por parte de una de las dos principales empresas europeas, la actual AIRBUS D&S y Thales Alenia Space. Ejemplo de ello es la adquisición a finales de la década de los 90 de la empresa española Construcciones Aeronáuticas, S.A. por parte de EADS, grupo que más adelante adquirió también la empresa Crisa.

La venta de las principales empresas del sector a grupos o consorcios extranjeros supone una pérdida considerable para el tejido industrial pero también para el sector público. Aunque las capacidades permanecen en España se pierde poder de decisión principalmente por varios motivos: en primer lugar porque la integración de la compañía absorbida en una estructura más grande supone una dilución de su importancia en lo que respecta a los resultados. Además porque la escasa o nula participación en los órganos de gobierno de la sociedad adquiriente resta soberanía al Estado español a la hora de decidir sobre el tipo de productos que resulten de interés sin olvidar que las decisiones internas están supeditadas o al menos influenciadas por las tomadas por sus empresas matrices.

Asimismo no puede obviarse el riesgo añadido para la industria nacional, que debe hacer una gestión cuidadosa de la propiedad intelectual para preservar su posición competitiva, por tratarse de empresas que, pese a colaborar en este ámbito, en muchos casos son competidoras en el mercado internacional.

Existen diversos casos de cómo algunas empresas han conservado parte de las actividades que se venían realizando pero otras han sido sustituidas por aquellas que la compañía adquiriente ha considerado más convenientes desde el punto de vista económico. De esta forma, desarrollos de alto valor añadido, que aportan conocimiento y experiencia al personal, pueden ser realizados en otras sedes, dejando las actividades que proporcionan retornos más discretos para su realización en España.

Por ejemplo, la adhesión de CASA Espacio al consorcio EADS se realizó manteniendo España un porcentaje de participación en el accionariado pero de tamaño tan reducido que la representación en el consejo de la compañía quedó limitada a un único consejero designado por el Gobierno español. De esta forma, la capacidad de defender los intereses de

España en este consejo es muy pequeña y cada vez disminuye más a medida que se reduce la participación estatal con la venta adicional de participaciones.

Actualmente España no cuenta con ningún actor en el sector espacial, público o privado, de magnitud suficiente para alcanzar una posición de liderazgo a nivel internacional. El retorno industrial que corresponde a nuestro país por su participación en las organizaciones internacionales está recayendo con frecuencia en las filiales en España de las compañías internacionales que a nivel europeo dominan el sector, como son la actual AIRBUS, en la que España mantiene aún una reducida participación, y Thales Alenia Space. Las empresas españolas también participan en este retorno aunque de forma menos directa, generalmente como contratistas de subsistemas de las plataformas espaciales (instrumentos y subsistemas de a bordo) y del segmento terreno (software para los centros de operaciones y para la elaboración de productos y construcción de instalaciones). Estos mecanismos son los que están dando soporte a las pequeñas y medianas empresas españolas que, en el entorno internacional, tienen muy complicado acceder a los contratos debido a la mayor oferta existente a esos niveles.

La industria española del sector espacial, que a lo largo de estos años ha adquirido y demostrado competitividad y conocimientos, se encuentra en una situación de riesgo de ser adquirida por empresas extranjeras que se harían con un activo que en ciertos casos podría incluso considerarse como estratégico para los intereses nacionales.

Otro aspecto a considerar respecto al futuro es el de la participación del sector público. Si se consultan datos sobre los principales actores institucionales e industriales de la política espacial europea, puede comprobarse que, si bien se encuentran compañías tales como Airbus Defense & Space y Thales Alenia Space, que cuentan con filiales en territorio español, no aparece la participación de ninguno de los centros gestores españoles, como pudieran ser el CDTI, el INTA o el Ministerio de Fomento, mientras que sí están el CNES francés, la Agencia Espacial del Reino Unido, la Agencia Espacial Italiana o la DLR alemana[5].

Una de las razones de esta ausencia puede ser la dispersión de las responsabilidades públicas al no existir un único organismo que aglutine de forma coordinada y constante todas las funciones necesarias para soportar la representación española a nivel internacional.

También puede esgrimirse el argumento de que si bien en las últimas décadas se ha llevado a cabo en España un esfuerzo importante en las actividades espaciales, casi siempre ha sido motivado por necesidades

[5] Unión Europea; 6ª conferencia sobre política espacial. http://www.spaceconference.eu/2014/en_GB/welcome.html.

tecnológicas, industriales o de mercado sin que, al menos aparentemente, haya existido una política espacial española clara, sino más bien políticas parciales, fundamentalmente industriales.

A este respecto puede tomarse como modelo la participación en los programas de la ESA que, si bien ha supuesto un esfuerzo considerable de inversión pública, es claramente inferior a la que correspondería en términos de producto interior bruto, en contraposición a lo que hace la gran mayoría de los países contribuyentes y no solamente aquellos de mayor capacidad que España. Esta realidad muestra claramente porqué no aparecen muchas oportunidades fuera del mercado ESA.

Tal contribución ha constituido el elemento vertebrador de la estrategia industrial e investigadora de España en el sector espacial y ha sido donde se ha concentrado la mayor parte de la inversión nacional en estas actividades, que a largo plazo debiera verse recompensado por los retornos que la experiencia adquirida puede reportar a través de la industria nacional.

Pero, aunque dichos retornos están prácticamente asegurados gracias a la regla del *justo retorno* por la cual lo que un país invierte se recupera en forma de contratos, estos deben ganarse en ardua competición con la industria de los países miembros por medio de un complejo sistema de suscripciones y concesiones.

Por esta razón, como las tareas tecnológicamente más complejas y las de mayor responsabilidad son las que reportan mayores beneficios, para que sean adjudicadas a España es necesaria una capacidad tecnológica, industrial e investigadora puntera, de forma que se desempeñe una labor importante en el diseño y gestión de las misiones y los instrumentos de a bordo, y un tejido industrial potente y competitivo, para optar al desarrollo y construcción de sistemas o subsistemas más complejos.

Pese a estos posibles inconvenientes, las ventajas que estas actividades reportan a todo el sector espacial español justifican plenamente la participación, no solo en estas actividades obligatorias, sino también en los programas opcionales de participación voluntaria.

En lo que respecta a la investigación existe un conjunto numeroso de organismos que tienen las capacidades necesarias para desarrollar instrumentos científicos complejos. Esto no solo puede afirmarse a partir de las actividades descritas anteriormente sino que también queda refrendado por la creciente participación de estos organismos en las etapas de diseño y desarrollo de programas como los de ciencia de la ESA u otros en los que se cuenta con las universidades o los centros de investigación para desarrollar conceptos de misión o instrumentos.

Para ello debe asegurarse una transferencia tecnológica fluida de los centros de investigación a las empresas que se vea a su vez comple-

mentada por la financiación de nuevos proyectos que hagan uso de estas tecnologías.

En resumen: la inversión realizada en décadas anteriores ha dado lugar a un entorno heterogéneo desde diversos puntos de vista: económico, empresarial, industrial, tecnológico y académico. Se dispone de un conjunto de infraestructuras dedicadas al sector espacial que constituyen una fuente de conocimiento especializado de gran relevancia y además algunas de ellas son imprescindibles para la puesta en marcha y operación de programas espaciales que, en muchos casos, se desarrollan mediante convenios internacionales.

Las actividades desarrolladas en el sector muestran una evolución bastante irregular en la que no es posible identificar una línea de trabajo constante y coherente, que se ve además dificultada por la dispersión entre varios organismos públicos de las distintas responsabilidades asociadas. Muchos de los éxitos conseguidos son fruto de esfuerzos puntuales que en algunos casos no han permitido ir un paso más allá y situar la capacidad disponible en una posición internacionalmente competitiva con la que optar a los contratos de otras naciones en un mercado que, además de por los costes, se encuentra impulsado también por las motivaciones políticas.

Pensando en el futuro y a la vista de la situación actual del sector es preciso tomar una serie de acciones con las que consolidar la labor realizada por todos los activos existentes en base a una estrategia unificada y coherente. Esta debe ser fruto de un análisis de los activos disponibles, de las necesidades actuales y futuras de todos los actores y de una planificación a medio y largo plazo que permita invertir de forma acorde a los plazos de tiempo que caracterizan las actividades del sector. Además, esta estrategia proporcionaría un entorno más estable para el sector industrial, que podría abordar mayores inversiones a largo plazo al ver reducido el riesgo.

Conclusiones

A lo largo de más de 50 años España ha estado embarcada en todas las iniciativas que se han desarrollado en el sector espacial con una transformación que, partiendo del discreto tejido industrial nacional de los años 60 y 70, conduce a uno potente y diversificado en la actualidad. Para ello ha sido necesario un largo proceso de inversión que ha incluido tanto la participación en los organismos internacionales como el fomento de la investigación y desarrollo a nivel nacional.

Los numerosos centros de recepción, telemando, operación, procesado y gestión ubicados en España han constituido uno de los pilares más importantes para la adquisición de conocimientos y experiencia sobre las

particularidades del sector. Han permitido que los centros de investigación desarrollen nuevas misiones e instrumentos que posteriormente la industria se ha encargado de convertir en productos de aplicación práctica de diferentes tipos, incluyendo plataformas espaciales y centros de control, o de recepción y tratamiento de información.

La participación española en los programas de la ESA ha resultado vital tanto para el desarrollo de los centros científicos como para el sostenimiento de la industria nacional, lo que le ha permitido abordar, con los conocimientos adquiridos, nuevas misiones de gran complejidad que permiten satisfacer las necesidades de sistemas espaciales requeridos para las actividades civiles así como para las de seguridad y defensa. Existe una tendencia a desarrollar sistemas de naturaleza dual que permitan cubrir las necesidades gubernamentales a la vez que se proporciona un producto de alta calidad, de interés para potenciales clientes que pueden contribuir a sufragar los elevados costes de un proyecto espacial. Esta tendencia también se ha visto en entredicho en ciertos casos, como es el caso de Galileo, donde la pretensión inicial de plantearlo bajo un modelo de colaboración público privada se descartó ante la falta de interés por parte de la industria.

Pese a todas las dificultades planteadas, actualmente España desempeña todavía un papel importante en el sector espacial y cuenta con un excelente tejido científico e industrial, que le permite contar con las más modernas tecnologías para hacer frente a diversas actividades civiles o gubernamentales, incluyendo todas las relacionadas con la seguridad y la defensa. Solo es necesario un pequeño esfuerzo adicional de coordinación y planificación a medio y largo plazo para incrementar la eficiencia y obtener aún mejores resultados con la capacidad de inversión disponible.

La evolución de la economía nacional y la correcta evaluación de la importancia que el sector espacial tiene para la sociedad pueden contribuir a que España recupere el puesto que le corresponde a nivel nacional e internacional. A nivel nacional, dotándose de los sistemas necesarios para mejorar su situación competitiva y estratégica y, a nivel internacional, recuperando el nivel de representatividad que le corresponde de acuerdo a su PIB en los organismos internacionales de los que forma parte. De esta forma recuperará la capacidad de decisión necesaria para influir en la evolución de estos organismos acercándola a la satisfacción de los intereses propios.

Bibliografía y referencias

CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial), www.cdti.es.

CESEDEN (2011), «Tecnologías del Espacio Aplicadas a la industria y Servicios de la Defensa», en *Documentos de Seguridad y Defensa* n.º 41; mayo de 2011.

Comisión ProEspacio de TEDAE (Asociación Española de Empresas Tecnológicas de Defensa, Aeronáutica y Espacio) (2013), *Informe anual de espacio 2012*,

http://tedae.org/views/uploads/files/1374664427_mem_c_proespacio2012.pdf.

Davara, Fernando (2013), «¿Es posible prescindir del Espacio?», en Instituto Español de Estudios Estratégicos; Documento; Opinión; n.º 55/2013; 11 junio de 2013.

Davara, Fernando (2004), «Building Market Demand for EO; The User View», en *Proceedings of EOBN 2004*, Vancouver, May 2004.

«El sector del espacio desde una perspectiva económica» (2005), en *Cuadernos CDTI de innovación tecnológica*. Noviembre 2005. http://www.cdti.es/recursos/publicaciones/archivos/7846_1313200714056.pdf [Última consulta:12/05/2014].

ESA (European Space Agency) (2013), «ESA Annual Report 2012»,

http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/Annual-Report-2012/ [Última consulta: 06/05/2014].

European Space Agency (ESA) (2014), http://www.esa.int/ESA [Última consulta: 10/07/2014].

Sistemas espaciales: aplicaciones y servicios

Fernando Davara Rodríguez

Capítulo segundo

Resumen

Este capítulo está dedicado a presentar las aplicaciones y servicios más relevantes, tanto civiles como para seguridad y defensa, de los sistemas espaciales, así como algunas otras derivadas del uso del espacio, basadas en la utilización conjunta de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) que han surgido en el ámbito de la defensa y se van extendiendo de forma paulatina al sector civil, particularmente en el empresarial y estratégico.

Asimismo se analizan las tendencias tecnológicas actuales o de futuro más próximo en el campo de los sistemas espaciales, en combinación con las TIC, entre ellas uso dual, las arquitecturas abiertas y distribuidas, basadas principalmente en servidores web especializados y la interoperabilidad que permita transmitir, recibir, compartir e intercambiar datos, informaciones y procesos entre sistemas heterogéneos, autónomos y distribuidos.

Palabras clave:

Sistemas espaciales, observación de la Tierra, posicionamiento y navegación, telecomunicaciones, uso dual, interoperabilidad, inteligencia geoespacial.

Abstract

The aim of this chapter is to present the most relevant applications and services of the space systems, both for civilian and for security and defense as well as a number of other arising from the use of space, based on a shared use of Information and Communications Technologies (ICT) that have emerged in the Defence domain and were gradually spreading to the civilian sector, particularly in enterprise and strategic areas.

Current technological or near future trends in the field of space systems, in combination with ICT, are also reviewed. including dual use, open and distributed architectures, mainly based on specialized Web server, and the interoperability that will allow to transmit, receive, share and exchange data, information, and processes between heterogeneous, autonomous and distributed systems.

Keywords:

Spatial systems, Earth observation, positioning and navigation, telecommunications, dual use, interoperability, geospatial intelligence.

Introducción

Desde que en 1957 se puso en órbita el primer satélite artificial (el famoso Sputnik 1), iniciando de esta forma la conquista del espacio, las tecnologías espaciales han experimentado una evolución tan espectacular que no existe duda en considerar al sector espacial como un elemento fundamental, no solamente por su carácter estratégico, sino también por ser motor de numerosas actividades; gracias a dichas tecnologías se han mejorado sensiblemente las comunicaciones y las previsiones meteorológicas; el lanzamiento y la explotación de satélites científicos han permitido ampliar nuestros conocimientos sobre una gran variedad de fenómenos físicos; los satélites de observación y teledetección son una ayuda inestimable para conocer mejor nuestro planeta, prevenir catástrofes naturales o causadas por el hombre y optimizar el uso de los recursos terrestres y marítimos; se han enviado naves a los confines de nuestro sistema solar, etc., sin olvidar el hecho de que las investigaciones llevadas a cabo en el dominio espacial han servido igualmente para impulsar otros adelantos con numerosas aplicaciones no espaciales.

Asimismo, el espacio y sus tecnologías dan origen a una gran multiplicidad de aplicaciones de gran importancia en variados ámbitos, políticos, de seguridad y defensa, industriales, científicos, económicos, culturales y sociales. Su amplia utilización, así como la de los servicios que proporciona, ayudada y complementada por la difusión de las tecnologías de la información y comunicaciones, ha dado lugar a que actualmente el espacio forme parte de nuestra vida cotidiana, donde se ha popularizado el uso de imágenes de satélites meteorológicos, navegadores GPS, aplicaciones para dispositivos personales como mapas digitales, cartografía, servicios de todo tipo, etc.

El referirse al espacio de forma genérica es causa de múltiples interpretaciones del término, dependientes del contexto, que pueden dar lugar a confusión. Normalmente al hablar del espacio se hace referencia al entorno que nos rodea, distinto de la tierra, aire y océanos, al que se considera de gran importancia estratégica y con capacidades significativas en múltiples dominios como la TV y radio digitales, la previsión meteorológica, control medio ambiental, etc.

Asimismo, al añadir a estas tecnologías el adjetivo espaciales parece limitarlas aparentemente a aquellas que se sitúan en órbita o en las estaciones terrestres, con la consiguiente pérdida de oportunidades que pueden encontrarse en aplicaciones y servicios, dominio donde las tecnologías espaciales constituyen un útil de la mayor importancia a explotar por usuarios, industrias y proveedores de servicios.

Desde un enfoque orientado a la explotación de las capacidades que puede proporcionar el espacio parece pues necesario ampliar el concepto

para abarcar en él tanto al medio físico, como a los sistemas espaciales y sus componentes, incluyendo los situados y utilizados en tierra, así como las aplicaciones y servicios que pueden proporcionar.

De esta forma se considera que, en estas circunstancias, el espacio está integrado por los siguientes componentes:

- Sistemas espaciales.
- Infraestructuras.
- Aplicaciones y servicios de valor añadido.

El tercero de estos componentes da título a este capítulo razón por la cual los siguientes apartados se dedicarán a la presentación de las diferentes familias de sistemas espaciales desde una perspectiva de sus aplicaciones y servicios de valor añadido.

Sistemas espaciales

Desde el enfoque de este capítulo, un sistema espacial es un conjunto de elementos o componentes situados en el espacio y en tierra que interaccionan entre sí constituyendo un todo organizado diseñado con el objetivo de proporcionar, bien directamente o por intermedio de proveedores, aplicaciones y servicios de valor añadido.

Como se indica posteriormente, existen diferentes tipos o familias de sistemas espaciales, con elementos y medios de utilización muy heterogéneos, como también los son las aplicaciones y servicios que proporcionan, lo cual implica que se diseñen e implementen arquitecturas de diversas clases. Pero, en términos genéricos todas ellas pueden describirse por medio de dos grandes grupos de componentes, denominados segmento espacial y segmento terrestre.

El primero de ellos, el espacial, al que a veces se califica como segmento de vuelo, lo integra un satélite, o una constelación de ellos, situados en la misma órbita o en varias diferentes.

Los satélites están constituidos por dos conjuntos principales: la carga útil y la plataforma. La primera, también denominada carga de pago, es la encargada de llevar a cabo la misión propiamente dicha del satélite, estando constituida por los diferentes instrumentos que la desempeñan como equipos de telecomunicaciones, transpondedores, sensores ópticos o radar, etc. Al ser dependiente de la misión se diseña de forma específica para cada uno de los sistemas.

La plataforma, que soporta la infraestructura del satélite, es responsable de asegurar la misión de la carga útil. Para ello incluye los sistemas de potencia que alimentan a todos los equipos y componentes, el subsistema de control de actitud y de órbita del satélite, la gestión de datos y diversos servicios de comunicaciones, como el conocido como TTC

(Tracking, Telemetry & Command) que recibe las órdenes desde tierra y transmite la telemetría del estado del satélite. Todos ellos son comunes a una gran variedad de satélites y se suelen reutilizar de una misión a otra.

Por su parte, el segmento terrestre está constituido por los componentes que se encuentran en tierra y son responsables del control de los satélites y de su explotación.

Si bien su arquitectura depende de la misión, así como de la altitud y órbita de los satélites, en él pueden identificarse una serie de componentes funcionales que son prácticamente comunes a todos los sistemas, como el centro de control, responsable de control y mando del satélite, las estaciones de recepción, los medios de enlace que aseguran la conexión con los satélites y entre los diversos componentes terrestres, un TTC (Tracking, Telemetry & Command) y un centro de misión responsable de controlar las tareas asignadas a la carga útil. En la figura 1 se representa gráficamente una arquitectura genérica de un sistema espacial.

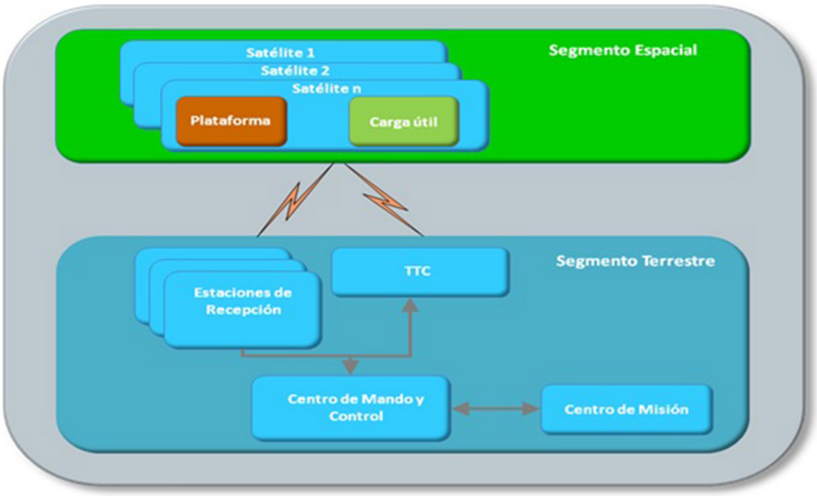


Figura 1. Arquitectura genérica de un sistema espacial

Los satélites, con independencia a la familia o sistema a que pertenezcan, pueden estar situados en diferentes órbitas, las cuales, dependiendo de su altitud, se clasifican normalmente según sus alturas, según determinados tipos que incluyen principalmente las geoestacionarias o geosíncronas (Geosynchronous Orbit, GEO), semisíncronas (Medium Earth Orbit, MEO) y de baja altitud (Low Earth Orbit, LEO).

Según las leyes de Kepler el período orbital es función de la distancia a la Tierra, de forma que aumentando la altura de la órbita es posible obtener la concordancia de su período con el día sideral de este planeta, condición que se cumple a una altitud de 35.786 km. Si a su vez se utiliza

una órbita circular (haciendo coincidir los dos focos de la elipse de la trayectoria orbital) y se reduce a 0° su inclinación respecto al ecuador, el satélite tendrá una velocidad relativa cero con respecto a la superficie de la Tierra, permaneciendo estacionario con relación a ella, por lo cual se denominan órbitas GEO. Este tipo de órbita se utiliza principalmente para satélites de comunicaciones.

Las órbitas MEO son aquellas en que el período orbital es equivalente a medio día sideral. Se utilizan habitualmente por los sistemas de navegación y posicionamiento global, como en los de GPS y Galileo que se expondrán más adelante.

Por su parte las órbitas bajas (LEO) comprenden las plataformas que orbitan entre unos 200 y 2.000 km, si bien actualmente no suelen superar los 800 km de altitud (de ahí su nombre). Este tipo de órbita es la de mayor utilización en observación de la Tierra, particularmente las de órbita polar, pues permiten observar la totalidad del globo, con períodos de rotación próximos a la centena de minutos, lo cual asegura una buena permanencia en la observación.

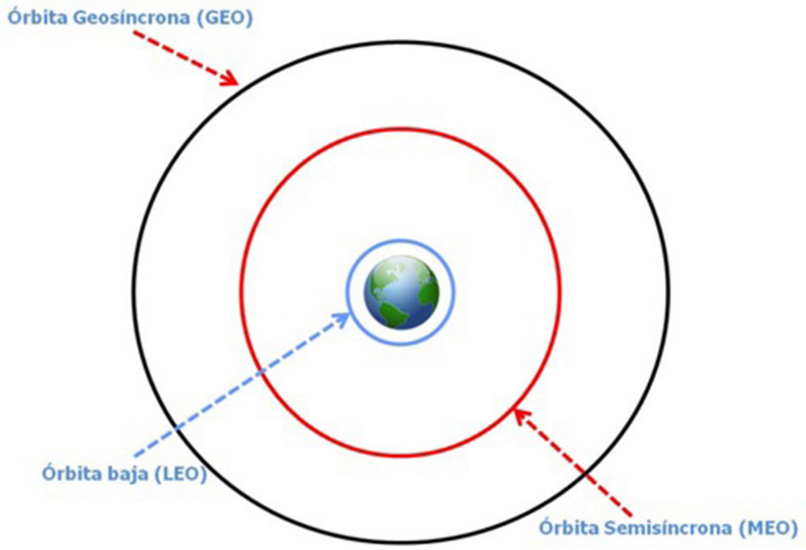


Figura 2. Tipos de órbitas según su altitud

En determinados casos, sobre todo en los sistemas de satélites dotados de sensores ópticos, se utilizan órbitas LEO helio síncronas, o sincronizadas con el Sol, que permiten «observar» todos los puntos con la misma inclinación de los rayos solares, independientemente de la estación de año en la que se obtiene la escena, facilitando la extracción de información espacial por medio de las sombras de los objetos.

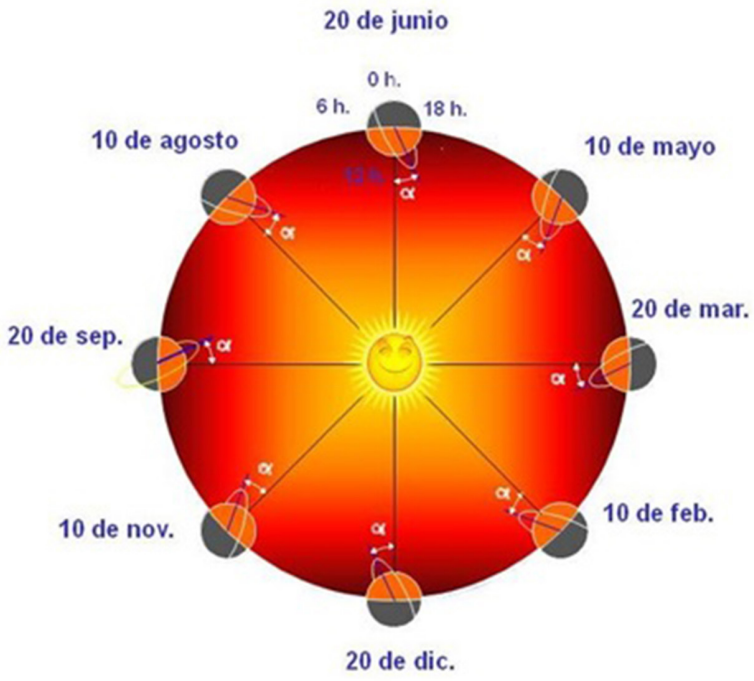


Figura 3. Concepto de órbita helio síncrona

Esta arquitectura genérica, frecuentemente utilizada en sectores profesionales, tecnológicos e industriales, debe completarse en los casos que nos ocupan con un tercer segmento, el de usuarios, quienes son los verdaderos beneficiarios de estos sistemas y a su vez causa directa de la continua generación de nuevas aplicaciones y servicios.

Continuando con la línea argumental, los diversos sistemas espaciales se diferencian entre sí según las capacidades que pueden proporcionar. Así es usual clasificarlos en las familias de:

- Observación de la Tierra (EO).
- Comunicaciones.
- Navegación y posicionamiento (GNSS).
- Meteorología.
- Geodesia.
- Observación del espacio.
- Acceso al espacio (lanzadores).

Considerando las aplicaciones y servicios a proporcionar por cada una de ellas merecen especial atención las tres primeras familias, a las que se dedicarán los siguientes apartados.

Observación de la Tierra (EO)

Los sistemas espaciales de Observación de la Tierra (EO: Earth Observation) son aquellos que adquieren y proporcionan datos (radiación e imágenes) de áreas concretas en cualquier lugar de la superficie de la Tierra. Se basan en la denominada percepción remota (Remote Sensing, RS), o teledetección, que se define como la «utilización de sensores especializados para obtener información remota de objetos del mundo real sin tener contacto con ellos, detectando, grabando y transmitiendo la energía electromagnética reflejada o emitida por ellos para conocer sus propiedades (posición, atributos...) y sus relaciones espaciales».

Es decir, que en esta familia el componente principal o básico de la carga útil del satélite es el sensor, cuyas peculiaridades darán origen a aplicaciones y servicios diferenciados. Por ello los sistemas de EO suelen clasificarse de acuerdo con determinadas características de sus sensores.

Una tipología muy extendida es aquella que distingue dos tipos de sistemas de EO: pasivos, que utilizan energía que no es proporcionada por el sensor y activos donde la energía la proporciona el propio sensor.

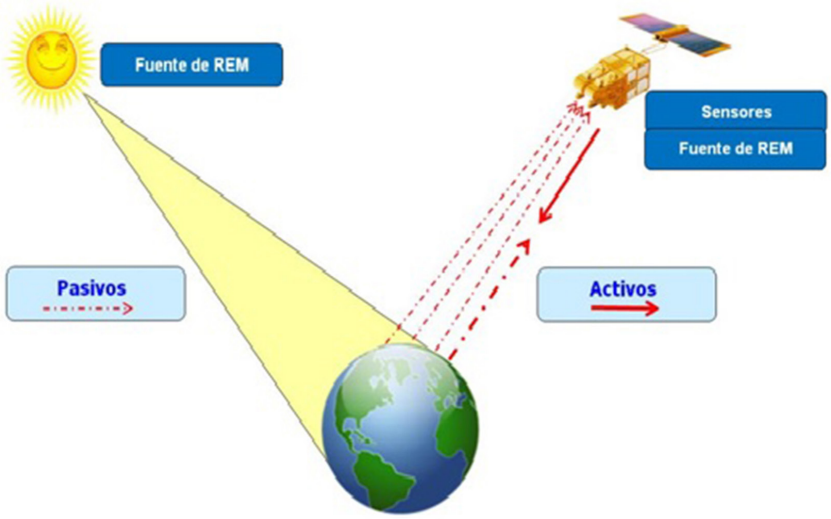


Figura 4. Sensores activos y pasivos

Asimismo, los sistemas de EO también se caracterizan por medio del espectro electromagnético, de acuerdo con el rango de longitud de onda (λ) utilizado. Cada uno de ellos está dominado por un modelo específico de interacción entre la radiación electromagnética (REM) y la superficie de los materiales, de forma que, si el sensor obtiene esta radiación, el tipo de interacción codificado en los datos detectados permitirá conocer una

serie de características de un material y facilitará el subsiguiente desarrollo de aplicaciones.

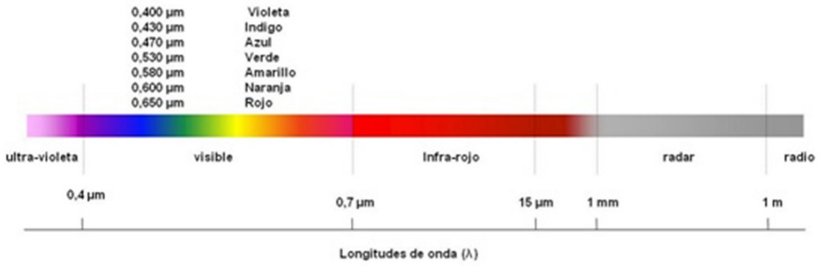


Figura 5. Zonas del espectro electromagnético normalmente utilizadas en EO

La utilización de diferentes zonas del espectro electromagnético sirve a su vez para clasificar los sensores en los denominados ópticos (visible o pancromáticos y multiespectrales, PAN y MS) y microondas o radar, que permitirán generar imágenes, o los destinados a medir una determinada propiedad o característica, como altímetros, difusómetros, espectrómetros o radiómetros.

Estas bandas del espectro determinan el tipo de sensor a utilizar lo que afecta a diversos parámetros que en algunos casos no son nada despreciables. La clasificación más comúnmente utilizada es la siguiente:

- Sensores ópticos visible (PAN): presentan las ventajas de una gran resolución espacial, buena instalación en la plataforma y facilitar el proceso de datos. Sus inconvenientes son sobre todo su vida útil y la imposibilidad de operar en tiempo cubierto (nubes o niebla) y con poca o nula luz solar (noche, zonas polares).
- Sensores multiespectrales (MS): operan en toda la gama óptica e infrarrojo, con una resolución espacial media, operación en todo tiempo y facilidad para conocer no solo la presencia de objetos sino también «ausencias» en cortos plazos.
- Sensores radar (normalmente de apertura sintética, Synthetic Aperture Radar, SAR); operan en todo tiempo (nubes, nieblas...) y de noche o día. Aunque tienen menor resolución espacial están especialmente capacitados para la detección de objetivos artificiales en todo tiempo.

Las órbitas más utilizadas en los sistemas de EO son normalmente las LEO casi polares, con el plano orbital ligeramente inclinado respecto al eje de rotación de la tierra, para poder observar la mayor parte de la superficie terrestre y en muchos casos helio síncronas.

Actualmente está disponible una gran variedad de sistemas espaciales que se utilizan, o pueden utilizarse, en EO. En el cuadro que se expone

a continuación se relacionan algunos de los de mayor utilidad, sin hacer una descripción detallada de ellos dado que incrementaría considerablemente la extensión de este capítulo.

Serie	Utilización	País u Organismo	Estatus
Landsat	Comercial	EE.UU.	Operativo
Spot	Comercial	Francia	Operativo
Eros	Comercial	Israel	Operativo
Ikonos	Comercial	EE.UU.	Operativo
QuickBird	Comercial	EE.UU.	Operativo
Radarsat	Comercial	Canadá	Operativo
ENVISAT	Comercial	ESA	Operativo
SeaStar (SeaWifs)	Comercial	EE.UU	Operativo
Terra y Aqua (Modis)	Comercial	Canadá y Japón (NASA)	Operativo
NOAA (AVHRR)	Comercial	EE.UU	Operativo
KOMPSAT	Uso dual	Corea del Sur	Operativo
Terra SAR	Comercial	Alemania y Reino Unido	Operativo
SAR LUPE	Uso dual	Alemania	Operativo
COSMO SKYMED	Uso dual	Italia	Operativo
Pleïades	Uso dual	Francia	Operativo
Ingenio	Civil	España	Pendiente de lanzamiento
Paz	Uso Dual	España	Pendiente de lanzamiento

Tabla 1

Es preciso hacer constar que muchos de ellos se conocen entre los usuarios por el nombre del sensor y otros por el de su plataforma, aspectos muy diferentes que pueden inducir a confusión, por lo que se indica en cada caso el satélite o satélites que embarca cada sensor.

Las aplicaciones y servicios proporcionados por esta familia de sistemas espaciales son tan numerosas que su relación detallada rebasaría largamente los límites de este capítulo. A modo de ejemplo destacamos las siguientes:

- Análisis y gestión de riesgos y crisis, incluyendo desastres naturales o causados por el hombre: en este campo los sistemas de EO juegan un papel fundamental en todas las fases (prevención, reacción, mitigación de efectos y recuperación).
- Gestión y protección medioambiental: información, vigilancia, control, análisis y detección de cambios.

- Gestión de recursos naturales: información, análisis, vigilancia y control en diversos ámbitos como agricultura, ganadería y pesca de precisión, predicción y clasificación de cosechas y capturas, selección de zonas aptas o inadecuadas, etc.
- Gestión de usos del suelo: información, vigilancia, control, análisis y detección de cambios (p.e. deforestación y desertización), inventarios y clasificaciones en infraestructuras rurales y urbanas, determinación y control de límites territoriales, geología, minería, etc.
- Climatología, meteorología, oceanografía, investigación científica: cambio climático, contaminación, predicciones...
- Seguridad y vigilancia (seguridad y defensa se trata en otro apartado): vigilancia y detección de tráfico y cultivos ilícitos, de líneas de transporte de energía, comunicaciones, marítimas, seguridad ciudadana, etc.
- Geomática (geoinformática): sistemas de información geográfica, cartografía de precisión o de circunstancias, topografía y geodesia, modelos digitales y tridimensionales, simulación, predicciones, servicios públicos, etc.

Al igual que sucede con los otros sistemas espaciales, su facilidad de uso, libre acceso, disponibilidad, precisión y cobertura global son causa de que el número de aplicaciones y servicios aumenten constantemente, impulsadas por el desarrollo y difusión de las TIC y su capacidad para combinarse con los proporcionados por las otras familias.

Comunicaciones

Los sistemas espaciales de comunicaciones son aquellos destinados a la transmisión punto a punto de datos, voz, TV, multimedia, etc., facilitando la transferencia de información con carácter global a través de las fronteras. Se basan en la transmisión de señales de radiofrecuencia desde la Tierra al satélite (enlaces de subida), su amplificación y cambio de frecuencia a bordo del satélite y su posterior retransmisión hacia la Tierra (enlaces de bajada).

Con objeto de lograr la mayor operatividad posible la mayor parte de los satélites que componen este tipo de sistema espacial están situados en órbitas geoestacionarias de forma que el satélite se encuentre siempre fijo con respecto a una zona de cobertura determinada, evitando tener que desplazar las antenas terrestres.

La utilización de este tipo de órbitas presenta un cierto inconveniente; dado que al tener el «perímetro» de la órbita una longitud fija y finita puede darse el caso de que varios sistemas quieran utilizar la misma posición, como en aquellos países situados en longitudes geográficas si-

milares o próximas, y también que la órbita llegue a saturarse ante el elevado número de satélites que la van ocupando.

En estos sistemas la carga útil de la componente en vuelo está compuesta de varios dispositivos encargados de recibir, filtrar, amplificar, cambiar de frecuencia y retransmitir las señales enviadas desde las estaciones terrestres. La combinación de receptor/transmisor en diferentes bandas de frecuencia del espectro electromagnético se denomina transpondedor, elemento fundamental para recibir, amplificar y cambiar de frecuencia de la señal de recepción a la de transmisión para evitar interferencias.

Con la capacidad de los transpondedores actuales los sistemas espaciales de comunicaciones se han convertido en el medio más adecuado para recibir y transmitir todo tipo de datos e información, siendo una de las principales arterias de comunicación de la sociedad digital.

Las bandas de frecuencia más utilizadas en los sistemas de satélites son las que se indican a continuación diferenciando la frecuencia de subida y de bajada:

Banda	Fr. Subida (GHz)	Fr. Bajada (GHz)
L	1,93 - 2,01	1,45 – 1,61
C	5,925 – 6,425	3,625 - 4,2
X	7,925 – 8,245	7,25 – 7,75
Ku	12,75 - 14,5	10,70 - 12,75
Ka	27,5 – 30,5	17,2 – 21,20

Tabla 2

Cada una de ellas presenta ventajas e inconvenientes, de ahí la diversificación en su utilización. Por regla general las frecuencias más elevadas (bandas Ku y Ka) permiten transmitir más información pero demandan más potencia y diámetros de antenas mayores lo cual encarece considerablemente sus equipos. Otras bandas, al utilizar longitudes de onda mayores, tienen mayor poder de penetración por lo que necesitan menor potencia pero la capacidad de transmisión de información es también menor.

Una restricción de uso importante en la banda Ku es que la mayor parte de sus ubicaciones están ya adjudicadas y en el caso de la banda X es el estar reservada prácticamente a sistemas de comunicaciones guberna-

mentales y militares, razón por lo que hay un pequeño número de ingenios en órbita.

Como en el resto de los sistemas espaciales los avances tecnológicos en la tecnología de los satélites de comunicaciones han dado lugar a una amplia variedad de aplicaciones que se utilizan tanto por los gobiernos, la defensa y servicios comerciales, como por los usuarios particulares. Los proveedores de sus servicios pueden sintetizarse en los que pertenecen a organizaciones internacionales de telecomunicaciones por satélite (como por ejemplo INTELSAT, INMARSAT o EUTELSAT), a países o distribuidores domésticos (como HISPASAT en España) o a entidades privadas.

Los servicios a proporcionar pueden agruparse en varias categorías, muchas de las cuales se superponen entre sí. Una de las más utilizadas los clasifica en tres grandes grupos: de telecomunicaciones, que incluye entre otras a la telefonía y redes inalámbricas, de radiodifusión, de señales de audio y video, radio y televisión, destinadas al uso comercial o del público en general, y de datos para la transferencia de estos punto a punto.

Otra tipología más acorde con los servicios actuales los clasifica en servicios móviles, fijos y de difusión directa. Los primeros (SMS: Mobile Satellite Services) proporcionan servicios de comunicaciones para dispositivos inalámbricos móviles y portátiles en cualquier medio (terrestre o LSMS, marítimo o MMSS y aéreo o ASMS) por medio de conexiones del sistema a las redes móviles terrestres o a componentes terrestres auxiliares que permiten comunicaciones punto a punto o multipunto (en red) entre estaciones móviles.

Los servicios fijos (FSS: Fixed Satellite Services) aseguran comunicaciones punto a punto y en red entre estaciones terrenas en ubicaciones fijas, siendo muy utilizados comercialmente sobre todo para la conectividad de Internet y para las redes de empresas privadas. Ocasionalmente incluye enlaces para servicios de otros sistemas espaciales, tanto de comunicaciones como de las otras familias.

Finalmente los de difusión directa (DBS: Direct Broadcast Satellite Services) proveen servicios de distribución de señales de audio y video (analógicas y digitales) para usuarios finales, tanto en recepción individual como comunitaria. Generalmente son servicios comerciales que proporcionan otros tipos de capacidades como interactividad, video bajo demanda, etc.

Con la expansión de las aplicaciones de la sociedad digital, particularmente Internet, aparece una gran demanda de la denominada convergencia de datos, voz y telefonía sobre IP (VoIP, IPT) y multimedia en formato digital para aplicaciones de banda ancha, es decir de acceso de alta velocidad. En este dominio los sistemas espaciales de comunicaciones constituyen una poderosa herramienta por su amplia obertura y diver-

sificación facilitando acceso a este tipo de servicios a usuarios situados en zonas sin cobertura, o de mala calidad, de banda ancha e incluso sin soluciones de telefonía fija.

Por estas razones en la actualidad están adquiriendo relativa importancia los servicios de comunicaciones de banda ancha por satélite (Broadband Satellite Communications), también denominados de Internet por satélite, que proveen conexiones bidireccionales de alta velocidad por medio de sistemas espaciales de recepción y transmisión en banda ancha a usuarios finales, o que se integran en servicios híbridos donde la señal la proporcionan los satélites y las distribuyen sistemas terrestres.

Navegación y posicionamiento (GNSS)

Los sistemas espaciales de navegación y posicionamiento (GNSS: Global Navigation Satellite Systems) proporcionan señales que permiten obtener con cobertura global la posición 3D, velocidad, hora, etc., de un receptor con una precisión dependiente de cada uno de ellos, puestas a disposición de cualquier usuario.

Un GNSS está integrado por una constelación de satélites cuyas trayectorias en el espacio están distribuidas en diferentes planos orbitales con objeto de poder abarcar toda la superficie terrestre. Transmiten señales que al ser recibidas por los receptores se utilizan para determinar su posición en cuatro dimensiones (coordenadas geográficas, altitud y hora) y su velocidad en cualquier parte del globo terrestre, en tierra, mar o aire y en cualquier condición climatológica.

En estos sistemas el segmento usuario está integrado directamente en su arquitectura. Lo forman los receptores pasivos de todos los usuarios que reciben las señales y procesan los datos para convertirlos en información de utilidad.

La navegación por satélite nació y creció con una fuerte vocación de uso militar, para posicionar móviles y guiar armas de precisión. Pero el incremento de la demanda de la sociedad de la información ha dado lugar al desarrollo de un número creciente de servicios que cada vez utilizan más las informaciones proporcionadas por los sistemas de navegación espaciales, en el dominio de los transportes, comunicaciones, control de tráfico, etc.

En la actualidad están en servicio tres sistemas GNSS, el conocido como GPS (Global Positioning System) de los Estados Unidos, el GLONASS (Global Navigation Satellite System) de Rusia y el BieDou (Osa Mayor: BeiDou Navigation Satellite System) de China, si bien se encuentran en fases avanzadas de desarrollo otros varios como GALILEO, de la Unión Europea, o COMPASS, la 2ª fase del BeiDou, el QZSS (Quasi-Zenith Satellite

System) de Japón o IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) de India.

Cada uno de ellos utiliza diferentes órbitas (ver cuadro adjunto) y proporciona asimismo distintos servicios y precisiones, entre decenas y un centenar de metros.

GNSS	País/ Organización	Órbita	Nº de satélites	Estatus
GPS	EE.UU.	MEO (20.200 kms).	30	Operativo
GLONASS	F. Rusa	MEO (19.100 kms)	24	
GALILEO	Unión Europea	MEO (23.200 kms)	30 (4 operativos)	En fase de validación en órbita
BeiDou	China	GEO (36.000 kms) y MEO (21.500 kms.)	5 (órbita GEO) 30 (órbita MEO)	Operativo
COMPASS	China	GEO (36.000 kms) y MEO (21.500 kms.)	35 (5 GEO, 30 MEO)	En fase de desarrollo

Tabla 3

Dado que el fundamento de los diversos sistemas es similar, tomaremos como ejemplo el más utilizado actualmente, el sistema NAVSTAR (Navigation System and Ranging) estadounidense, conocido popularmente como GPS, que está integrado por una constelación de 30 satélites situados en seis planos orbitales a unos 20.000 km de altura con trayectorias sincronizadas para ofrecer una cobertura global que permita determinar en cualquier parte del mundo la posición de un objeto con precisión de unos 15 metros.

Dada su característica dual proporciona dos servicios diferentes: uno estándar para fines civiles y comerciales con la precisión indicada anteriormente y un segundo de mayor precisión reservado a aplicaciones gubernamentales, particularmente de defensa.

Los sistemas GNSS ofrecen tan amplia panoplia de aplicaciones y servicios que se han convertido en una herramienta indispensable tanto en actividades gubernamentales y profesionales como científicas, comerciales o empresariales y para el público en general. Entre ellas destacan, entre otras, las siguientes:

- Navegación y transporte: como se infiere del nombre de los sistemas es su principal aplicación si bien actualmente se reparte por igual con las orientadas a explotar sus otras capacidades de posicionamiento y tiempo. Su dominio abarca todo tipo de móviles terrestres, marítimos y aéreos, incluyendo personas, destacando particularmente como elemento principal del control del tráfico aéreo, marítimo y terrestre donde complementa y completa al resto de componentes de gestión.
- Servicios basados en localización (LBS: Location Based Services): se prestan por medio de dispositivos móviles con objeto de determinar su situación geográfica. Se utilizan principalmente para gestión de flotas, servicios de emergencia, seguimiento de activos y en aplicaciones de gestión de información, ocio, etc.
- Sincronización: al determinar el tiempo con gran precisión y con carácter global, las señales de los GNSS se utilizan como referencias temporales para sincronizar equipos y dispositivos de todo tipo, como por ejemplo redes de comunicaciones, eléctricas, protocolos de Internet, etc.
- Agricultura, ganadería y pesca de precisión: mejora del rendimiento de las labores agrícolas, ganaderas y pesqueras en múltiples aspectos como optimización de rutas, gestión de tratamientos químicos, identificación de parcelas, zonas marítimas, bancos de peces, localización de animales, naves, vehículos y maquinaria, trazabilidad de capturas, cosechas y productos, etc.
- Gestión y protección medioambiental, control y seguimiento de desastres naturales o causados por mano humana, gestión de usos del suelo, de instalaciones, etc.

Como en los casos de las otras familias, su facilidad de uso, libre acceso, disponibilidad, precisión y cobertura global son causa de que el número de aplicaciones y servicios aumenten constantemente apoyadas por el desarrollo y difusión de las TIC y su capacidad para combinarse con los proporcionados por las otras familias en diversas aplicaciones principalmente en el ámbito de la geomática.

El espacio de seguridad y defensa

La evolución hacia nuevos conceptos de la seguridad y la defensa ha favorecido que se ponga en evidencia la dimensión estratégica del uso del espacio y de sus variados dominios de aplicación en los diversos escenarios susceptibles de presentarse a corto plazo. Hoy en día los medios espaciales constituyen una herramienta indispensable por su capacidad de obtener y difundir información de forma repetida y en cualquier lugar, su carácter global y no agresivo y su libertad para franquear fronteras con total independencia, con discreción y en el estricto respeto de las leyes internacionales.

Al hablar del espacio de seguridad y defensa se hace uso de un concepto amplio en el que se incluyen el espacio, como medio, y los sistemas espaciales (en el espacio o en tierra). En este capítulo se trata de aproximar el uso de los sistemas espaciales así como de las capacidades que proporcionan en apoyo de la estrategia de la seguridad y defensa comunes y de la tarea de alcanzar los objetivos de dicha estrategia.

Por ello, al igual que en anteriores apartados, son las tres familias expuestas las que merecen una especial atención, por lo que en las siguientes líneas se tratará de sintetizar el estado del arte en lo que respecta a España, bien de forma individual o como Estado miembro de la Unión Europea.

Observación de la Tierra (EO)

Cuenta con un gran número de aplicaciones, que se incrementa día a día, pero donde alcanza su más alto grado de utilización es en el de la inteligencia al constituir una herramienta esencial que permite la obtención de información de forma permanente y repetitiva en todo lugar del globo, así como en el de la geomática por toda su amplia gama de servicios de valor añadido.

Asimismo los sistemas de observación de la Tierra desde el espacio son de probada eficacia en otros campos de la defensa donde constituyen un valioso complemento para el resto de medios disponibles, ayudando en la preparación de las operaciones y favoreciendo la utilización de los modernos sistemas de armas.

En España la utilización del espacio con fines de defensa comenzó en 1988 con el compromiso de participar (con un 7%) junto con Francia e Italia en el programa Helios, que tenía por objeto desarrollar, poner en órbita y operar un sistema militar de observación por satélite.

En julio de 1995 comenzó su actividad el sistema Helios con la puesta en órbita del primer satélite de la serie, el Helios IA que, situado a una altura de unos 700 kilómetros, llevaba a bordo una carga útil dotada de un sensor óptico visible con una gran resolución espacial en comparación con la que se disponía en la época con satélites civiles. En 1999 se completó la serie al poner en órbita y explotar el satélite Helios IB, que complementaba al anterior y lo mejoraba en cuanto a su capacidad de almacenamiento y la flexibilidad de descarga de datos.

El sistema Helios fue innovador al presentar la característica diferenciadora de su utilización conjunta entre los tres países cooperantes, con una infraestructura propia de cada uno de ellos integrada en una común, diseñada para programar y acceder a los datos que proporcionan los satélites, tanto de forma conjunta como individual, constituyendo un ejemplo

de la voluntad de cooperación en materia de defensa que se refleja en el diseño de otros sistemas espaciales europeos.

Asimismo fue innovador al iniciar una experiencia basada en un grupo reducido de profesionales de los tres Ejércitos, bajo el control operativo del Estado Mayor de la Defensa y el apoyo técnico del INTA, que ha proporcionado los conocimientos y capacidades necesarias para poner en marcha y operar los sucesivos programas que le sucedieron o se encuentran en fase de definición y desarrollo, como el de desarrollo del prototipo de un sistema espacial completo, desde la fase inicial de diseño hasta la final de operación en órbita, culminado por el INTA con el lanzamiento en 1997 del satélite MINISAT 01, o los del Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOT) que se citará posteriormente, a la vez que ayudó a los organismos tecnológicos e industrias españolas a situarse en un primer nivel de competitividad en este dominio.

Al sistema Helios I le sucedió Helios II, en el que también participa España, junto con Francia y Bélgica, que con un porcentaje igual al español (2,5%) sustituyó a Italia, país que ha desarrollado su propio sistema (Cosmo Skymed: satélites radar de apertura sintética) el cual, en combinación con el sistema francés Pleïades (satélites ópticos), configura el sistema espacial dual de EO ORFEO.

En diciembre de 2004 se puso en órbita el satélite Helios II que, al igual que los Helios I, se situó en una órbita helio síncrona y cuasi polar, a unos 700 km de altura, permitiendo abarcar toda la superficie de la Tierra y acceder a cualquier punto de ella en menos de 4 días.

Este satélite mejoró sensiblemente a los dos anteriores tanto en su capacidad de almacenamiento o de descarga selectiva de datos, como en su resolución, precisión de localización y capacidad multiespectral, al estar dotado de una instrumentación que incorpora sensores ópticos que trabajan en la zona visible del espectro electromagnético y otros de alta resolución e infrarrojo que permiten operar día y noche o en zonas cubiertas de nubes.

En la actualidad se está operando el sistema continuando la utilización conjunta, para lo que se adaptaron convenientemente los diferentes elementos de la infraestructura del segmento terrestre del mismo, siendo responsable del control operativo de la componente española el Estado Mayor de la Defensa.

Continuando las iniciativas y con objeto de dar continuidad a la capacidad ya adquirida, el año 2007 se firmó un Acuerdo Marco entre los ministros de Industria y Defensa para desarrollar un Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOT) que contempla el desarrollo, la puesta en órbita y la explotación de dos satélites con sensores diseñados según las dos tecnologías actuales de la observación espacial, óptica y radar, financiados conjuntamente por ambos ministerios.

Uno de los satélites (Ingenio-SEOSAT, en el dominio óptico, pancromático y multiespectral; civil) será financiado y gestionado por el CDTI en el marco de la contribución de España a la ESA. Sus principales beneficiarios serán usuarios civiles pero, por la complementariedad de las tecnologías de ambos satélites y la especial característica de ser un sistema propio, sus datos podrán utilizarse también para aplicaciones de seguridad y defensa cuando así se considere necesario.

El segundo satélite (Paz, radar en banda X; dual) y el segmento terreno común serán financiados y gestionados por el Ministerio de Defensa. Al igual que el anterior, este estará destinado a satisfacer las necesidades de información de un sector específico, el de seguridad y defensa, pero asimismo podrá utilizarse en otras aplicaciones civiles.

Con este diseño ambos satélites podrán ser utilizados de forma específica por cada uno de los sectores para los que han sido proyectados, pero también podrán serlo con carácter conjunto, proporcionando así la capacidad de responder al concepto moderno de utilización de estos medios espaciales, el conocido como «uso dual» (civil y de seguridad y defensa).

Con el Programa Nacional de Observación se posibilita alcanzar el objetivo de disponer de un sistema que abarque las dos tecnologías disponibles actualmente (óptico y radar) y además orientado al mencionado uso dual, lo que supone un gran avance en este tipo de medios. Dado que los países europeos que en la actualidad disponen de recursos de este tipo, o los tienen en proyecto, solo contemplan una de las dos tecnologías, puede afirmarse que este programa convertirá a España en el primer país de la Unión Europea que trata de dotarse de un sistema espacial que abarque las dos tecnologías complementarias.

Comunicaciones

En el campo de las telecomunicaciones los sistemas espaciales constituyen la columna vertebral de toda red de comunicaciones estratégicas y tácticas, apoyando y complementando al resto de medios y redes tradicionales. Debido a su cobertura global y a las elevadas tasas de velocidad de transmisión y recepción su empleo está especialmente recomendado en aquellas operaciones de gestión y resolución de crisis que implican una rápida proyección de medios, de gran movilidad, sobre zonas alejadas y muy diversificadas donde son vitales la flexibilidad y la capacidad de reacción.

Las aplicaciones son similares a las civiles con las debidas restricciones de seguridad, protección, fiabilidad y redundancia. Entre ellas se encuentras las de comunicaciones móviles para vehículos y plataformas aéreas y marítimas, fijas para instalaciones permanentes o semipermanentes, las de banda ancha, tanto para transmisión de productos de inteligencia como para el control de la plataforma y descarga de información de los

sensores de los drones o UAV y también en apoyo a las misiones en el exterior facilitando el acceso a internet, correo electrónico, telefonía, etc.

En España, pocos años después de la decisión de participar en el programa Helios, se continuó progresando con la puesta en órbita y operación en septiembre de 1992 del satélite español Hispasat 1A, multimisión con cargas útiles civil y gubernamental, esta última en banda X, con dos transpondedores específicos para comunicaciones fijas y móviles, dando así comienzo a la utilización de satélites de comunicaciones con fines de defensa.

La infraestructura terrestre de utilización del satélite se constituyó en el marco del denominado SECOMSAT (Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite) que tenía por objeto establecer y operar medios de comunicaciones seguros, de gran capacidad y con alto grado de fiabilidad, en beneficio de las fuerzas desplegadas en territorio nacional o en el extranjero, apoyando a los órganos de Mando y de Apoyo Logístico integrados en el Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares (SCTM).

En julio de 1993 se puso en órbita al satélite Hispasat 1B, dotado asimismo de transpondedores en banda X, con características tales como la interoperabilidad con otros satélites o la posibilidad de operar con satélites comerciales, en banda Ku, en aquellos lugares situados fuera del área de cobertura de la banda X.

Estos dos satélites de Hispasat fueron utilizados por las Fuerzas Armadas españolas en el marco del SCTM hasta que al comenzar el siglo XXI, dada la prevista finalización de su vida útil, se decidió reemplazar a Hispasat por otros medios que permitieran mantener la capacidad de comunicaciones por satélite, para lo que se inició un nuevo programa de comunicaciones gubernamentales.

Durante la fase de definición y desarrollo del nuevo programa, ante la posibilidad de encontrarse con un período de vacío, el Ministerio de Defensa contrató con la compañía Hispasat la prolongación de la vida útil del satélite 1B mediante su cambio a una órbita inclinada, continuando así en servicio hasta marzo de 2006.

El primer satélite del nuevo programa de satélites de comunicaciones fue el XTAR-EUR, lanzado en 2005, que presenta la particularidad de proporcionar comunicaciones seguras por medio de un contrato de alquiler por uso. De los doce transpondedores en banda X que lleva a bordo el satélite, España alquiló tres para su utilización por sus Fuerzas Armadas.

Posteriormente se completó el programa poniendo en órbita en marzo de 2006, en la misma posición geoestacionaria de Hispasat, el satélite SPAINSAT con capacidad de doce transpondedores de alta potencia en banda X y uno en banda Ka. En este caso la particularidad consiste en la cesión del exceso de capacidad operativa de la banda X, en condiciones

normales, a gobiernos y organizaciones gubernamentales españoles y extranjeros, aliados o amigos, como EE.UU. o la OTAN.

Actualmente el principal satélite del programa es el SPAINSAT actuando el XTAR-EUR como redundante para el caso de fallo de la capacidad gubernamental del primero. Entre los dos satélites proporcionan una cobertura de aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra, con especial atención a las zonas de interés estratégico, siendo gestionados por la sociedad HISDESAT, constituida en 2001, de la que el Ministerio de Defensa es partícipe en un 40%.

Todos estos satélites, programas y sistemas han hecho posible que España sea una de las pocas naciones que disponen de su propia infraestructura de comunicaciones por satélite rápidas, seguras, flexibles e interoperables en beneficio de la defensa.

Navegación y posicionamiento

En el caso concreto de seguridad y defensa la información de posición y de tiempo que proporcionan los sistemas de navegación son datos críticos, algunas veces indispensables, especialmente para el desarrollo de operaciones donde intervengan sistemas de armas modernos.

Entre sus principales aplicaciones se encuentran las de navegación y posicionamiento de efectivos en vehículos en cualquier medio, guiado de armas de alta precisión, reconocimiento y localización de objetivos, ayudas a la navegación de plataformas terrestres, aéreas y marítimas, y otras múltiples, similares a las civiles.

En la actualidad en España, como en muchos otros países, se utiliza como único sistema de navegación y posicionamiento el ya mencionado NAVSTAR o GPS (Global Positioning System) de los Estados Unidos, pues la utilización del sistema ruso GLONASS está limitada a un pequeño número de países.

El hecho de estar controlado por el Departamento de Defensa, que proporciona señales de posicionamiento con diferentes precisiones (civil y militar), y la situación de casi monopolio en un sistema espacial de amplia utilización y significativa importancia han sido parte de los motivos por los que la Unión Europea ha decidido desarrollar un sistema similar, con capacidades mejoradas, el conocido como Galileo que se tratará en otro apartado posterior.

Otras aplicaciones y servicios

Existen otras múltiples aplicaciones destacando aquellas que hacen uso combinado de las capacidades proporcionadas por las tres familias ex-

puestas en este capítulo. Ante las limitaciones de espacio hemos seleccionado algunas de ellas donde se integran las tecnologías de EO, comunicaciones y GNSS tanto en el ámbito comercial y civil como en el de seguridad y defensa.

Infraestructuras de datos espaciales

En los últimos años se está popularizando un tipo de aplicación basada en sistemas espaciales que combina servicios de todas las familias en una capacidad conjunta conocida bajo el nombre de Infraestructuras de Datos Espaciales. El término, sintetizado en el acrónimo IDE (o SDI: Spatial Data Infrastructure), hace referencia al conjunto de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a los datos espaciales.

En este contexto se utiliza el término infraestructura para fomentar el concepto de un entorno seguro y continuado, análogo a una red de telecomunicaciones, que facilite el acceso a información geoespacial utilizando un mínimo de estándares, protocolos y especificaciones.

Una IDE proporciona las bases para la creación, evaluación y aplicación de los datos espaciales para usuarios y proveedores, tanto en niveles gubernamentales, como de gobierno, sectores comerciales y civiles sin ánimo de lucro, el académico y los ciudadanos en general.

Existe otra visión del significado de una IDE en la cual se considera a esta como un sistema que debe proporcionar los datos espaciales disponibles y accesibles de forma transparente por medio de tecnologías interconectadas en red. De esta definición se desprende que el aspecto clave de las IDE es la cooperación entre disciplinas relacionadas con los datos espaciales.

De ambas definiciones se puede colegir que el objetivo principal de cualquier IDE debe ser el facilitar el acceso y la integración de la información espacial, tanto a nivel institucional y empresarial como de los propios ciudadanos, para difundir el conocimiento y utilización de tal información, ayudando a reducir costes y a evitar duplicación de esfuerzos.

Una IDE es algo más que una base de datos espaciales; debe incluir datos y atributos geográficos, metadatos, un medio para descubrir, visualizar y evaluar los datos y algún método para proporcionar el acceso a ellos. Además, debe haber servicios adicionales o software para permitir aplicaciones de los datos. Finalmente, en aras de su funcionalidad, una IDE, también debe incluir acuerdos organizativos necesarios para coordinarla y administrarla a escala regional, nacional y transnacional.

Entre las diferentes iniciativas que se han implementado, o están en fase de hacerlo en el momento actual, las más importantes son de ámbito

nacional, conducidas por autoridades estatales o locales, con un ejemplo multinacional representado por la iniciativa INSPIRE de la UE y una a nivel mundial auspiciada por Naciones Unidas bajo el nombre de Global Spatial Data Infraestructure (GSDI).

La iniciativa europea, denominada INSPIRE (Infraestructure for Spatial Information in Europe) fue adoptada en marzo de 2007, por medio de la Directiva INSPIRE (2007/2/EC) por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea.

Por medio de esta IDE europea se asegura la interoperabilidad no solamente de datos, sino también de servicios; para ello en la mencionada Directiva se dispone que los Estados Miembro de la UE establecerán y explotarán una red de servicios de datos geográficos para los que se crearán los correspondientes metadatos. Estos servicios son los siguientes:

- De registro (gratuito).
- De búsqueda (gratuito).
- De consulta (gratuito con excepciones).
- De descarga.
- De transformación.
- De consulta de otros servicios de datos geográficos.

El acceso a los servicios, que puede ser restringido, se hace a través de un Portal INSPIRE operado por la Comisión Europea, al que los Estados miembros pueden acceder por medio de sus propios puntos de acceso.

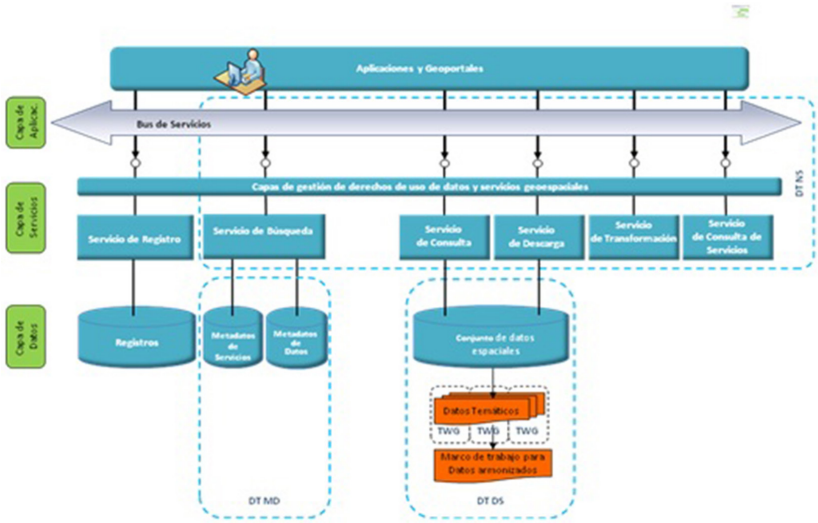


Figura 6. Arquitectura técnica de INSPIRE (elaboración propia)

Por su parte, en España, en el año 2002 la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico, como una de las acciones derivadas de la iniciativa europea INSPIRE, decidió establecer un proyecto para el estudio y coordinación de la puesta en marcha de una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (IDEE: Infraestructura de Datos Espaciales de España), que integrará tanto las establecidas por los productores oficiales de datos, de nivel nacional, regional y local, como todos los otros tipos de infraestructuras sectoriales y privadas.

El mencionado Consejo Superior Geográfico (CSG) es un órgano colegiado en el que están representados los productores de datos geográficos digitales de referencia de ámbito nacional y autonómico (Instituto Geográfico Nacional, Servicio Cartográfico del Ejército, ministerios de Medio Ambiente y de Agricultura, Institutos Cartográficos y Servicios de Cartografía de las Comunidades Autónomas...), cuya presidencia ejecutiva y secretaría la desempeña el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La IDEE tiene por objeto integrar a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, a nivel nacional, regional y local, facilitando a todos los usuarios potenciales la localización, identificación, selección y acceso a tales recursos.

Esta labor se desarrolla por medio de un geoportal de la IDEE, integrado en el geoportal europeo INSPIRE, que integra los nodos y geoportales de recursos IDE de productores de información geográfica a nivel nacional, regional y local, y con todo tipo de datos y servicios de información geográfica disponibles en España.

En él se ofrecen diversas aplicaciones, como un visualizador de información geográfica, que permite componer mapas superponiendo información de diferentes proveedores, un catálogo para obtener información sobre datos y servicios geográficos que se producen en España o un buscador de nombres geográficos, que facilita la localización de topónimos y la posibilidad de descargar datos geográficos.

El geoportal se basa en tres servicios fundamentales, que permiten buscar datos e ir superponiéndolos sucesivamente en el visualizador genérico:

- Servicio de Mapas Web (WMS), que proporciona una representación (imagen) de un mapa de la zona que se desee, invocando el servicio OGC correspondiente. El sistema muestra las capas de información disponibles, que pueden cargarse individualmente o mediante un mapa compuesto.
- Servicio de Nomenclátor, que devuelve una o más entidades en respuesta a una consulta solicitada a través de la red realizada en un conjunto de más de 350.000 nombres geográficos. Esta consulta permite la selección de atributos de las entidades, incluyendo el tipo, el nombre y la zona geográfica, entre otros.

Figura 7.Página de inicio del geoportal de la IDEE (elaboración propia)

- Servicio de Catálogo, que permite la localización de datos o de otro tipo de recursos, como servicios electrónicos, aplicaciones, bibliotecas de símbolos, modelos de datos, catálogos de características geográficas, especificaciones de producto, etc., siempre que estén documentados con los correspondientes metadatos y dados de alta en el catálogo. Si el recurso localizado es un conjunto de datos, es posible invocar su visualización desde el mismo entorno.

También se facilitan otros servicios como los de geoprocesamiento (calculadora geodésica, medida de distancias y superficies, visualización de cuadrículas, etc.), los de búsqueda y visualización de datos temáticos o de combinación y encadenamiento de cualquiera de los servicios anteriores.

La arquitectura de la IDE española está compuesta por un conjunto de nodos situados en varios niveles para que, siguiendo las recomendaciones de INSPIRE, los datos puedan facilitarse a los usuarios por la administración más próxima a los mismos.

En consecuencia, existen nodos a nivel nacional, de los diferentes organismos, instituciones y centros de la Administración General del Estado, regionales, de las Comunidades Autónomas, y locales, de Ayuntamientos y otras entidades. Cada uno de los organismos es responsable del mantenimiento, actualización y gestión de la información geográfica de su nodo.

Inteligencia Geoespacial o GeoInt

El progresivo aumento en la disponibilidad de imágenes de satélite, acompañado del desarrollo de numerosas herramientas basadas en la geomática, fundamentalmente en los SIG, ha dado lugar a la aparición de una nueva clase de inteligencia que se va introduciendo de forma paulatina en los países más avanzados en este campo.

Esta nueva disciplina, que ha recibido el nombre de Inteligencia Geoespacial (GeoINT), comprende la explotación y el análisis de imágenes e información (geo)espacial para describir, evaluar y presentar características físicas y actividades en la Tierra (geográficamente referenciadas).

El principio básico de la GeoINT es organizar y combinar todos los datos disponibles, referenciados por su ubicación geográfica, y «manipularlos» con herramientas geoespaciales, como las de análisis espacial, para preparar y presentar y difundir productos útiles a los usuarios y en apoyo a la toma de decisiones.

Aunque normalmente se asocia con actividades de seguridad y defensa su utilización en el sector privado está aumentando de forma exponencial en áreas relacionadas con la geomática (p.e. geomarketing), competitividad, transporte, sanidad, urbanismo, etc.

Integra diversas disciplinas como análisis e inteligencia de imágenes (IMINT), información geoespacial, SIG, cartografía, etc., que utilizan los diversos elementos que componen la GeoINT, sintetizados o agrupados en las siguientes categorías:

- Imágenes, incluyendo las obtenidas de satélites, plataformas aéreas y aviones no tripulados (drones o UAV) o similares.
- Inteligencia de imágenes, o inteligencia obtenida a partir de la interpretación o análisis de imágenes e información colateral.
- Información espacial, o información que describe objetos del mundo real en términos de su posición y geometría con respecto a un sistema de coordenadas, sus atributos y sus relaciones espaciales con otros objetos.

Esta integración de disciplinas de la geomática con las propias de la inteligencia facilita el trabajo de los analistas al relacionar de forma práctica datos e información de varios tipos y fuentes diversas, relacionadas por el vínculo o referencia espacial, a la vez que hace más fácil la diseminación, intercambio de información, interoperabilidad, flexibilidad, eficiencia y utilidad.

En la actualidad diversos países y organizaciones han adoptado esta nueva disciplina de inteligencia. Dado que la relación pormenorizada de todos ellos ampliaría de forma innecesaria el texto este capítulo, a conti-

Figura 8. Elementos de la GEOINT (elaboración propia)

nuación se expone un breve resumen de dos de los ejemplos más representativos de dicha adopción, caracterizados por los Estados Unidos de América y la Unión Europea.

La aceptación de este enfoque en los Estados Unidos ha conducido a la transformación de la antigua NIMA (National Imagery and Mapping Agency) en la conocida actualmente como NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) que es una Agencia del Gobierno cuya misión principal es obtener, analizar y distribuir GeoINT en apoyo a la seguridad nacional.

Otro paso importante ha sido la creación del Sistema Nacional de Inteligencia Geoespacial (NSG: National System for Geospatial Intelligence) que gestiona todo el proceso de GeoINT, combinando tecnologías, políticas, doctrinas, capacidades, actividades, personas, comunidades y datos necesarios para generar GeoINT en un entorno de multiinteligencia y multidominio.

En dicho sistema, gestionado por la NGA, se integran de una u otra forma todos los organismos productores de inteligencia de los Estados Unidos, unos como miembros, otros como socios y el resto participando de forma colegiada en grupos de trabajo, foros de debate, etc.

De acuerdo con lo expuesto en el documento sobre doctrina básica de GeoINT los miembros incluyen a organizaciones agencias y personas responsables de priorizar, programar, presupuestar, adquirir, obtener, analizar, producir, compartir, almacenar y procesar GeoINT. Entre ellos se incluyen la IC (Comunidad de Inteligencia), Estado Mayor Conjunto, De-

partamentos Militares (incluidos los servicios) y Mandos Combatientes (COCOM).

Respecto a los socios, el mencionado documento relaciona a los miembros del Comité de aplicaciones civiles, socios internacionales (como el Reino Unido, Canadá y Australia), industria, academia y proveedores de servicios de defensa y de la comunidad civil.

Por su parte, en la Unión Europea el principal productor de GeoINT es la Agencia del Consejo denominada Centro de Satélites de la Unión Europea (European Union Satellite Centre, EUSC) cuya misión, recogida en el art. 2 de la Acción Común del Consejo de la UE sobre la creación del Centro, es la siguiente:

«El Centro secundará la toma de decisiones de la Unión en el contexto de la PESC, y en particular de la PESD, facilitando el material resultante del análisis de las imágenes y de los datos complementarios obtenidos por satélites, incluidas, si procede, las imágenes aéreas...».

Basándose en su experiencia, así como la herencia obtenida de su predecesor, el antiguo Centro de Satélites de la Unión Europea Occidental, el EUSC ha adoptado los principios básicos de GeoINT, de forma similar a la NGA, para organizar y combinar todos los datos disponibles, referenciados por su ubicación geográfica, y posteriormente explotarlos preparando productos que puedan ser utilizados de forma sencilla por responsables de planeamiento, respuestas a emergencia y toma de decisión.

Para ello se propone como objetivo proporcionar, en tiempo adecuado, GeoINT relevante y precisa para asegurar una completa base de conocimientos para apoyo a la toma de decisiones, planeamiento y utilización en operaciones. De igual forma el EUSC proporcionará de forma controlada un fácil acceso a las bases de datos de inteligencia geoespacial a los usuarios autorizados así como generará servicios y soluciones de GeoINT a medida para satisfacer las necesidades específicas de sus clientes.

Otras aplicaciones y servicios de seguridad y defensa

En lo que respecta a la seguridad y la defensa el ámbito de la Unión Europea existen varios programas e iniciativas que de una u otra forma se dedican a apoyar la seguridad y defensa europeas. Entre todos ellos destacan fundamentalmente tres: las dos iniciativas para desarrollar y operar sistemas espaciales (Galileo y GMES, hoy Copernicus) y el ya mencionado Centro de Satélites de la Unión Europea.

Galileo es el futuro sistema europeo de navegación y posicionamiento por satélite cuyo proyecto está dirigido de forma conjunta por la Comisión Europea (CE) y la ESA. Basado en una constelación de 30 satélites, hará posible la disponibilidad de servicios de posicionamiento y temporización

para aplicaciones de precisión a escala mundial. Si bien será un sistema civil está prevista su utilización para aplicaciones militares, en particular las relacionadas con la seguridad.

Por su parte Copernicus (anteriormente GMES: Global Monitoring for Environment and Security) es otra iniciativa conjunta liderada también por la CE y la ESA que tiene por objeto obtener y operar una capacidad autónoma europea para apoyar al control del medioambiente y la seguridad utilizando medios de observación de la Tierra desde el espacio.

Para ello se tratará de explotar de forma eficaz todo el potencial presente y futuro de los distintos programas y sistemas europeos de observación de la Tierra por medio de satélites y así poder hacer frente a las diferentes necesidades de los usuarios finales. Sobre esta base se trata de desarrollar la iniciativa Copernicus como un sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones, con capacidad de adquirir, procesar, interpretar y distribuir toda información de utilidad relacionada con el medio ambiente, gestión de riesgos, recursos naturales y seguridad.

En 2005, España decidió contribuir con un 12% a la infraestructura espacial común que se desarrollará por parte de la ESA y ofreció asimismo el apoyo al futuro sistema por medio de las imágenes del Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite, uniéndose así al grupo de países que contribuirán con satélites propios a esta iniciativa europea de medioambiente y seguridad.

El tercer elemento de importancia en relación con el espacio y la seguridad y defensa en Europa es el Centro de Satélites de la Unión Europea (EUSC) creado el 20 de julio de 2001 por una acción común del Consejo de la organización en el marco de la Política Exterior y de Seguridad Común (PESC).

El EUSC, con personalidad legal de Agencia de la Unión, tiene por misión el apoyo a la toma de decisiones en el contexto de la Política de Seguridad y Defensa Común (PCSD), anteriormente Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD) proporcionando el material que resulte del análisis de imágenes de satélites y de otra información complementaria.

Sus usuarios son el Consejo de la Unión y sus estructuras permanentes (entre ellas el Estado Mayor de la Unión Europea), en un primer grado de prioridad, y la Comisión y los Estados miembros de la UE, en su propio interés. También se entregan productos a los Estados europeos de la OTAN que no son miembros de la Unión así como a las organizaciones internacionales que lo soliciten al secretario general (como por ejemplo: Naciones Unidas, OTAN, OSCE, etc.).

El centro, operativo desde el 1º de enero de 2002, está situado en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz (Madrid), en las instalaciones del antiguo Centro de Satélites de la Unión Europea Occidental del que el EUSC es

heredero y del que recibió el conocimiento y la experiencia que acumuló en sus 10 años de existencia.

Finalmente destacaremos dos conceptos de utilización conjunta de todo tipo de tecnologías de la información y comunicaciones (incluidas las espaciales) que han surgido en el ámbito de la defensa y se van extendiendo de forma paulatina al sector civil, particularmente en el empresarial y estratégico: NEC e ISTAR.

El primero de ellos, NEC (Network Enabled Capability: Capacidad Centrada en Red) o «Concepto de Información en Red» como se denomina en la terminología de las FAS españolas, ha aparecido como consecuencia de la transformación de los asuntos de defensa a partir de la revolución sufrida, al igual que el resto de sectores civiles y comerciales, por la introducción de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

Se basa en la capacidad de integración de sensores, redes de comunicación, sistemas de información, procedimientos operativos y conocimiento, para que la información esté siempre disponible en todos los niveles de decisión, del estratégico al táctico con independencia de donde se encuentren y con las adecuadas garantías de seguridad.

Tras este enfoque subyace un objetivo común: obtener la superioridad en la información que facilite la toma de decisiones en cualquier nivel. Para ello es necesario poner en relación al conjunto de actores y sistemas implicados, en cualquier momento de la planificación y conducción de la estrategia y las operaciones, por medio de una red global y virtual de equipos, sensores, plataformas, infraestructuras, redes, etc., donde las tecnologías espaciales juegan un papel preponderante.

De lo que se trata es de ampliar el concepto clásico de «necesidad de conocer» con el de «necesidad de compartir» facilitando el acceso a la información con objeto de poder compartirla, proporcionando así un mejor y más completo conocimiento de la situación en todos los escalones.

La base del concepto NEC es tecnológica pero debe tenerse presente que su expresión correcta es «centrada en red», no centrada en la red, pues el elemento clave es la información, cuya adquisición, tratamiento, difusión y explotación junto con un fuerte carácter global, conjunto y, en su caso, multinacional, constituyen los elementos sensibles del enfoque.

Este concepto NEC ha sido ya experimentado en varios dominios del sector civil, con otro enfoque y denominación, donde ha podido constatarse que la tecnología es necesaria, imprescindible a veces, pero incrementa la dependencia del citado elemento vital: la información.

El segundo de los conceptos mencionados, que también es consecuencia de los considerables avances tecnológicos para la gestión de la información y las modernas necesidades de inteligencia, se conoce como ISTAR

(Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance: Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de objetivos y Reconocimiento), componente fundamental de otro más amplio, el C4ISTAR, que incluye también las conocidas como 4 *ces*: Mando (Command), Control, Comunicaciones y Dispositivos informáticos (Computers).

Por ISTAR se entiende la capacidad integrada de obtener, procesar, explotar y difundir información e inteligencia, con un contenido apropiado y en un tiempo que permita ser utilizada en el planeamiento y desarrollo de operaciones militares, la cual se desarrolla por medio de la organización de una estructura para la gestión integral de todos los recursos implicados en la obtención de información y elaboración de inteligencia dedicados a satisfacer las necesidades del mando, sus órganos auxiliares y unidades subordinadas.

La participación de los sistemas espaciales en el concepto ISTAR se manifiesta en todas las fases del proceso, desde la adquisición (sensores en plataformas orbitales y comunicaciones) pasando por la de tratamiento y análisis de la información y producción de inteligencia (aplicaciones geomáticas) hasta la de distribución de la información e inteligencia (comunicaciones y geomática).

También son parte importante en la estructuración y operación de su arquitectura, cuya gestión integral se apoya en sistemas automatizados de gestión y transmisión de datos que conectan del modo más eficiente la información y la inteligencia con los usuarios que explotan sus productos, integrando todos los órganos de obtención, tratamiento y difusión en un sistema único.

Tendencias

La revolución causada por la difusión de las tecnologías de la información y comunicaciones y el fenómeno de la globalización han conducido a la aparición de nuevos escenarios, con diferentes actores, distintas amenazas y también oportunidades, demandando la transformación de los conceptos y la revisión de las necesidades y capacidades en el ámbito de la seguridad y la defensa, impactando directamente en doctrinas, métodos y técnicas.

Entre estos modernos escenarios, donde se manifiestan los riesgos actuales que comprenden áreas y esferas de actuación diferentes, destacan, entre otros, tres espacios que identificamos como los nuevos teatros de operaciones que completan a los clásicos: el ultraterrestre, circunscrito principalmente a la exosfera, de cuyos sistemas trata este capítulo, el ciberespacio y el espacio geoeconómico. En ellos hay que hacer frente a nuevos desafíos, demandando el diseño e implementación de otras reglas, metodologías y doctrinas basadas en conceptos modernos de ges-

tión del conocimiento y de los medios, que apoyen a la toma de decisiones al planear estrategias y aplicar tácticas frente a adversarios de diversa índole y complejidad y en escenarios globales.

En el ámbito de la seguridad y la defensa cada uno de sus componentes se ha dotado tradicionalmente de las herramientas tecnológicas más adecuadas para responder a sus necesidades de información y comunicación en su medio habitual de actuación (terrestre, marítimo o aéreo). Pero en los modernos escenarios, ante el cambio cultural asociado a la implementación de nuevos conceptos en un entorno multinacional, con doctrinas, capacidades, legislaciones, etc., diferentes, en un dominio donde los Estados son soberanos, no es posible mantener esta visión siendo preciso plantear las estrategias y buscar nuevos compromisos que permitan alcanzar unos niveles mínimos de seguridad, eficacia y operatividad.

El número de soluciones tecnológicas disponibles es muy amplio, por lo cual podría sentirse la tentación de cambiar lo existente y reemplazarlo por lo más novedoso, apto para las nuevas demandas, lo cual estimamos constituiría un grave error. La opción más adecuada es, o debería ser, tener en cuenta las capacidades tecnológicas actuales y adaptarlas para su utilización conjunta en entornos combinados, multinacionales e interoperables.

Adoptando este enfoque, en los siguientes apartados destacamos algunas de las tendencias tecnológicas en el campo de los sistemas espaciales, en combinación con las TIC, que consideramos deberían adoptarse en todos los sectores sin exclusión (civil, comercial, gubernamental y de seguridad y defensa).

Uso dual

La continua evolución del uso del espacio, con un importante crecimiento de la demanda del sector civil y comercial, especialmente en lo que respecta a las tecnologías de la información y las comunicaciones, sugiere un análisis de las tendencias actuales y a corto plazo que permitan obtener un mejor rendimiento de las capacidades ofrecidas por el medio espacial y conocer las nuevas oportunidades que ayuden a alcanzar los objetivos de seguridad y defensa.

En la actualidad los países más avanzados en el sector espacial, incluyendo a España, están poniendo en práctica un enfoque innovador para poder responder a las modernas necesidades de uso de los medios espaciales bajo control gubernamental. Este enfoque se deriva del crecimiento explosivo del sector espacial comercial y su incidencia en el sector militar. Dicho crecimiento, que se sustenta en el reciente desarrollo de un gran mercado, en el que predomina especialmente la obtención, di-

fusión y explotación de información procedente de medios espaciales, está provocando una especie de migración o transferencia del liderazgo tecnológico desde el campo militar al civil, especialmente comercial.

En consecuencia si, como parece evidente, el empleo del medio espacial ya no está dominado por el sector militar, es difícil pensar que los objetivos de la defensa puedan alcanzarse solamente con medios espaciales dedicados. Estimamos entonces necesario tomar conciencia de que es posible, y a veces incluso deseable, que las nuevas tendencias en los medios civiles en diversas áreas funcionales puedan proporcionar apoyo a los medios propios de seguridad y defensa.

En definitiva puede afirmarse que la moderna utilización del espacio en este dominio debe entenderse como algo más que el empleo de medios militares. Apoyándose en esta afirmación y teniendo en cuenta los recortes que sufren en los países de nuestro entorno los presupuestos de defensa es necesario buscar soluciones alternativas a la hora de diseñar una arquitectura espacial para defensa. Entre ellas se encuentra la dualidad, o más concretamente el «uso dual», término que hace referencia a la integración y utilización de sistemas espaciales militares, civiles y comerciales.

El concepto se basa esencialmente en la gran similitud tecnológica entre los sistemas civiles y militares, e incluso en la complementariedad de muchos de los requisitos de usuario. Esto implica que los sistemas espaciales civiles y sus diversas capacidades puedan no solo utilizarse sino también diseñarse de acuerdo con las necesidades de defensa, complementando de esta forma a los recursos y capacidades dedicados específicamente a dicha gestión.

Este enfoque no es nuevo, pero ha resurgido con fuerza en los últimos años, y tampoco es de «amplio espectro» dado que no tiene una clara aplicación en todos los sistemas de defensa, si bien en este sector concreto del uso del espacio parece haber encontrado el mejor modelo explicativo.

A la hora de buscar soluciones de «uso dual» es preciso tener en consideración que, en contra de lo que pueda deducirse de su nombre, no se trata solamente de la utilización de medios civiles con fines de defensa, sino que debe ponerse especial énfasis en la integración de los sistemas militares y civiles, que abarque todo el ciclo de vida global, desde la definición de los requisitos de usuario, para identificar cada aspecto de la operación y gestión de los sistemas en un contexto dual, en el que debe incluirse los aspectos singulares de defensa.

Tales singularidades, que pueden afectar a la eficiencia del conjunto de sistemas, no solo en los aspectos de desarrollo e integración sino también en la gestión y empleo operativo, incluyen la accesibilidad y disponibilidad de la información, en cualquier tiempo, lugar y circunstancia, la

confidencialidad y, por supuesto, la seguridad de la información y de todo el conjunto de los sistemas.

En consecuencia, el concepto de «uso dual» afecta a la definición, desarrollo, despliegue, empleo y explotación de los diversos sistemas espaciales a utilizar en seguridad y defensa y es evidente que, si bien ofrece nuevas e interesantes posibilidades, también presenta riesgos que deben analizarse rigurosamente y, de aceptarse, han de asumirse de forma calculada pues en este sector, como en todos los de alto nivel tecnológico, las posibilidades de reconfiguración son mínimas o nulas.

En definitiva, se concluye que la tendencia de uso dual será una de las más previsiblemente desarrolladas en los próximos años donde la integración de los actuales y futuros sistemas espaciales militares y civiles puede proporcionar una gran flexibilidad y complementariedad a los recursos dedicados a seguridad y defensa.

Arquitecturas abiertas y distribuidas

La necesidad existente de intercambiar y compartir datos e información espacial en sistemas de defensa no puede basarse solamente en las posibilidades ofrecidas por Internet, cuya utilización debe hacerse de forma responsable aprovechando sus indudables ventajas. Afortunadamente en los últimos años se ha extendido entre los sistemas civiles un nuevo paradigma que ofrece también nuevas oportunidades para dar respuesta a tal necesidad en aplicaciones de defensa.

Dicho paradigma lo representan los servicios web, cuyos métodos y técnicas se encuentran en plena evolución siendo foco de atención de los principales fabricantes y proveedores de tecnología del mercado, entendiendo como tales al conjunto de funcionalidades, normas y protocolos software que permite que otras aplicaciones puedan ver y acceder a sus servicios y a su vez puedan solicitarlos a otras aplicaciones similares y recibir las respuestas y resultados de las consultas en la misma forma.

Este nuevo modelo constituye un paso más en la evolución hacia un moderno enfoque de diseño de arquitecturas orientadas a servicios, demandadas por los propios usuarios que quieren ampliar sus capacidades a la realidad de una comunicación sencilla entre aplicaciones heterogéneas instaladas en plataformas asimismo heterogéneas. Tal enfoque parece adecuado para solucionar el problema derivado de la rápida progresión en la disponibilidad de datos procedentes de satélites de observación de la Tierra, con todo tipo de resoluciones, una de cuyas negativas consecuencias es el hacer cada vez más difícil su procesamiento por la complejidad de tratar con diferentes formatos o por haber recibido un preprocesamiento que no siempre es el más adecuado a las necesidades de cada usuario.

En este contexto los servicios web especializados en tecnologías espaciales y de geoprocesamiento pueden proporcionar los medios necesarios para facilitar el acceso y tratamiento a este tipo de datos y favorecer el uso de aplicaciones de usuario y la difusión de productos de valor añadido.

Esto conlleva la necesidad de utilizar en los sistemas de información espacial arquitecturas abiertas y distribuidas. Ya no se trata solamente de facilitar el acceso a los datos sino también a métodos de procesamiento, aplicaciones y servicios. Además, tal acceso debe proporcionarse con independencia de las distintas plataformas y componentes hardware y software de dichas arquitecturas, lo que también trae consigo la interoperabilidad.

Dentro de este tipo de arquitecturas, combinando con los servicios web, destacan actualmente las denominadas Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA: Service Oriented Architecture) que son modelos de estilos arquitectónicos que se basan en la implementación de un conjunto de servicios, acompañados de aplicaciones, que ofrezca funcionalidades independientes de la tecnología, facilite la adopción de cambios o la reutilización de servicios de forma que su impacto en la arquitectura sea mínimo.

En este mismo contexto, para poder ofrecer aplicaciones y servicios basados en la web por medio de arquitecturas abiertas y distribuidas es necesario facilitar el acceso de los usuarios no solamente a los datos sino también a dichas aplicaciones y servicios. Surge aquí con fuerza otro concepto de amplia utilización en el ámbito civil, de aplicación en defensa: el portal, o geoportal, como punto de acceso de los usuarios al sistema, que proporciona la capacidad de utilizar los recursos del mismo, si se está autorizado, incluyendo peticiones de datos, información, productos y, si es posible, de uso de servicios.

Para ello un geoportal se basa en el uso de agentes web, bien por medio de un navegador web estándar operado por un humano, como por ejemplo un combatiente equipado de un dispositivo individual (denominado técnicamente como cliente ligero), o también a través de otras aplicaciones remotas de sistemas mayores y más complejos (cliente pesado) que actúen como sus propios agentes web, capaces de invocar servicios de acuerdo con mensajes y protocolos estándar, como pueden ser las aplicaciones de los propios usuarios de organizaciones aliadas.

De esta forma se proporciona una herramienta intuitiva, normalmente gráfica, para la interacción de los usuarios con el sistema, que además facilita a aquellos que estén autorizados la capacidad de navegación y de utilizar los servicios ofrecidos por los diferentes sistemas, por ejemplo un SIG.

Dado que todos estos conceptos se basan en el uso de estándares universalmente aceptados y gestionan de forma conjunta datos y servicios,

además cerca del usuario final, se ofrece la posibilidad de cambiar el enfoque de utilizar la web en aplicaciones de defensa como un simple medio de acceder a la información por otro que permita también descubrir y procesar datos espaciales a la vez que se buscan y utilizan servicios.

Interoperabilidad

El espectacular incremento en la disponibilidad de aplicaciones de los sistemas espaciales para la seguridad y defensa, también ha supuesto una mayor heterogeneidad, al disponer de un mayor volumen de datos procedentes de una amplia variedad de fuentes, en diferentes formatos y en múltiples dispositivos.

La demanda de organizaciones y usuarios es poder transmitir, recibir y compartir datos, información y otros recursos de forma segura y fácilmente accesible para poder procesarlos o utilizarlos posteriormente. Pero no es fácil satisfacerla pues existe una evidente falta de interoperabilidad derivada de la existencia de varios modelos de datos, sistemas de información diversos, basados en arquitecturas autónomas y cerradas, unidades de medida de georreferenciación heterogéneas, configuraciones estáticas, redes punto a punto centradas en plataformas, con diferentes protocolos, etc.

Por estas razones en la mayor parte de los casos, aun en el más sencillo de un simple intercambio de datos, es obligado llevar a cabo transformaciones de todo tipo que implican muchas veces la pérdida de integridad de los datos, haciéndolos inadecuados para el objetivo prioritario de convertirlos en información.

Este aspecto de la heterogeneidad de sistemas y aplicaciones, unido a las diferentes estructuras de datos, en contraposición a la necesidad de compartir información, constituye uno de los grandes desafíos al que ha de enfrentarse la comunidad de defensa, que puede considerarse como uno de los principales factores críticos actuales en este dominio.

Tal desafío exige tratar de alcanzar la interoperabilidad, entendiendo como tal la necesidad y posibilidad de transmitir, recibir, compartir e intercambiar datos, informaciones y procesos entre sistemas heterogéneos, autónomos y distribuidos, independientemente de las características técnicas del sistema en que se encuentran almacenados.

En principio, pudiera deducirse que son los usuarios los principales interesados en lograr la interoperabilidad, por indudables ventajas como la posibilidad de encontrar e intercambiar información independientemente de su ubicación física o de su estructura, de utilizarla con independencia de la plataforma, de hacer uso de servicios y aplicaciones de otros sistemas, de países u organizaciones aliados, independientemente del

sistema propietario o de la tecnología utilizada o la de poder introducir modificaciones y evoluciones en el entorno del usuario sin depender solamente de aplicaciones cerradas.

Pero no son solamente los usuarios los que necesitan que se alcance la interoperabilidad. Aunque dichas ventajas pueden parecer no tan evidentes desde una perspectiva industrial o de servicios, e incluso en algún caso pudieran considerarse desventajas, existen otros aspectos que llevan a considerar que en aplicaciones propias de defensa no es posible continuar por la vía de los sistemas aislados, cerrados y propietarios.

Un enfoque de «plataformas abiertas e interoperables» donde puedan encontrarse multitud de servicios procedentes de un amplio espectro de proveedores permitirá poder establecer relaciones entre ellos por medio de interfaces estándar y además favorecerá la utilización de componentes diferentes dentro de un sistema heterogéneo, así como la integración de nuevas tecnologías sin tener que realizar complicados procesos de reingeniería, facilitando en suma el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios.

Como ejemplo de algunas posibles soluciones destacan en el ámbito de la observación de la Tierra y la utilización combinada del resto de familias las importantes actividades para el desarrollo de la información geoespacial y de sus sistemas asociados que se están llevando a cabo por la Organización Internacional de Normalización (ISO) por medio de su Comité Técnico 211, cuyo ámbito de trabajo es el dominio de la geomática, y por el Open Geospatial Consortium (OGC) consorcio internacional, sin ánimo de lucro, integrado por más de 400 miembros de organismos gubernamentales, industria, universidad, proveedores y usuarios de datos, etc., considerado actualmente como el representante de una de las iniciativas más importantes para tratar de superar los obstáculos que aparecen en la vía hacia la interoperabilidad.

Conclusiones

La gran variedad de las aplicaciones y servicios proporcionados por los sistemas espaciales y su importante perspectiva de futuro requiere imperativamente llevar a cabo una reflexión conjunta de todos los actores implicados incluyendo no solamente a los usuarios y proveedores de servicios sino también a los Estados y al tejido industrial que debe jugar un papel principal.

En el caso concreto de la seguridad y la defensa el empleo de tales aplicaciones y servicios no consiste en diseñar sistemas únicos y propietarios ni dotarse directamente de las tecnologías propias de los sistemas civiles, pero tampoco hay que inventar o reinventar.

Si la mayor parte de las aplicaciones están basadas en las tecnologías espaciales y de las TIC, será suficiente con adaptar las tecnologías civiles adecuadas, como en los casos de COTS y SCOTS, y buscar los mejores compromisos para desarrollar el resto.

Cuando esto no sea posible, las opciones serán la transferencia de tecnología civil, utilización dual, o definición de arquitecturas propias, basadas en componentes modulares, que permitan integrar futuros desarrollos, fomentando la interoperabilidad y estandarización de productos y sistemas, impulsando así la innovación.

Y es necesario realizarlo en un marco de estrecha colaboración de todos los actores, lo que supone que Estados e industrias lleven a cabo una acción conjunta y coordinada para identificar las tecnologías clave que aseguren la eficacia operativa, desarrollarlas e integrarlas en los sistemas buscando el mejor compromiso entre operativos, técnicos, industrias y capacidades y objetivos nacionales.

Bibliografía y referencias

Baker, John; O'Connell, Kevin y Williamson, Ray (2001). *Commercial Observation Satellites; at the Leading Eye of Global Transparency*, RAND Corporation /American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Santa Monica, CA, 2001.

Borges, A.; Cerezo, F. y Fernández M.M. (2010). «Spanish Earth Observation Satellite System» en ESA Living Planet Symposium; ESA, 2010.

CESEDEN (2011). «Tecnologías del Espacio Aplicadas a la industria y Servicios de la Defensa», en *Documentos de Seguridad y Defensa* nº 41; mayo de 2011.

Copernicus; the European Earth Observation Programme (2014) (anteriormente GMES: Global Monitoring for Environment and Security). http://www.copernicus.eu/ [Última consulta: 10/07/2014].

Dehganzada,Yahya A. y Florino, Ann M., (2000). *Secrets for Sale: How Commercial Satellite Imagery Will Change the World*; Washington D.C., Carnegie Endowment for International Peace, 2000.

Davara, Fernando (2013). «¿Es posible prescindir del Espacio?» en: Instituto Español de Estudios Estratégicos; Documento; Opinión; n.º 55/2013; 11 junio de 2013.

Davara, Fernando (2007). «El Espacio de Seguridad y Defensa; 25 años después», *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, n.º 767, «50 años de la conquista del espacio»; pp. 930-939, Madrid, octubre 2007.

Davara, Fernando y de la Cruz, Antonio (2006). «Tecnologías geoespaciales para la prevención y gestión de desastres medioambientales», en: *Actas del 8º Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 8)*,

Grupo de Trabajo 27 (Teledetección y sensores ambientales), Madrid, noviembre 2006.

Davara, Fernando (2004). «*Building Market Demand for EO; The User View*», en: *Proceedings of EOBN 2004*, Vancouver, May 2004.

Davara, Fernando (2003a). «La observación espacial en la gestión de crisis», en: Diego Navarro y Miguel Ángel Esteban. *Gestión del Conocimiento y Servicios de Inteligencia*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, abril de 2003, pp. 191-201.

Davara, Fernando (2003b). «Dual Use in Earth Observation for Security and Defence», en: *ESA (European Space Agency) ISD 2003 Seminar*; Estec (NL), November 2003.

Davara, Fernando (2002). «From Data to Knowledge in Earth Observation», en: *ESA (European Space Agency) – EUSC (European Union Satellite Centre) 2002 Joint Seminar: Knowledge Driven Information Management in Earth Observation Data*. Frascati (Italy) ESA, December 2002.

Elbert, Bruce R. (2008). «Introduction to Satellite Communications», 3rd ed. (2008). ARTECH House Inc. USA.

European Space Agency (ESA) (2014). http://www.esa.int/ESA [Última consulta: 10/07/2014].

Commission européenne (2013).*Vers un secteur de la défense et de la sécurité plus compétitif et plus efficace.* http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-722_fr.htm. [Última consulta: 10/07/2014].

EUSC (European Union Satellite Centre) (2014). http://www.satcen.europa.eu/ [Última consulta: 10/07/2014].

EUSC (European Union Satellite Centre) (2001), Unión Europea, Acción Común del Consejo de 20 de julio de 2001 relativa a la creación de un centro de satélites de la Unión Europea; 2001/555/PESC, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, DO L200, 25 de julio de 2001.

GMES (Global Monitoring for Environment and Security) (2014); the European Programme for the establishment of a European capacity for Earth Observation. (actualmente Copernicus) http://www.copernicus.eu/ [Última consulta: 10/07/2014].

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) (2014). «INSPIRE Generic Conceptual Model»; European Commission, 2014.

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas»; INTA (2014). http://www.inta.es/ [Última consulta: 10/07/2014].

International Organization for Standardization (ISO) (2014); Technical Committee211;Geographic information/Geomatics. http://www.isotc211.org/ [Última consulta: 10/07/2014].

Maini, Anil K. and Agrawal, Varsha (2001). «Satellite Technology; Principles and Applications». John Wiley and Sons, Ltd. 2011.

NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) (2012). «Know the Earth... Show the Way... Understand the World»*; NGA Strategy 2013–2017*; National Geospatial-Intelligence Agency, US, May 2012.

NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) (2006). «Geospatial Intelligence (GEOINT) Basic Doctrine, Publication 1-0», National Geospatial-Intelligence Agency, US, September 2006.

OASIS (2006). «Reference Model for Service Oriented Architecture Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0 12», October 2006; OASIS. http://www.oasis-open.org; [Última consulta: 10/07/2014].

Open Geospatial Consortium (OGC) (2006). «Interoperability & Open Architectures: An Analysis of Existing Standardization Processes & Procedures»; OGC White Paper; Editor: Martin Klopfer. http://www.opengeospatial.org/ [Última consulta: 10/07/2014].

Reglamento n.º 1285/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea (2013). *Establecimiento y explotación de los sistemas europeos de radionavegación por satélite y derogación del Reglamento n.º* 876/2002 del Consejo y el Reglamento n.º 683/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo. 11 de diciembre de 2013.

Cooperación internacional

Luis Mayo Muñiz

Capítulo tercero

Resumen

El desarrollo de la actividad espacial en la etapa posterior a la Guerra Fría requiere de la cooperación internacional. Superado el período en que las grandes potencias globales se disputaron la supremacía espacial, las limitaciones presupuestarias de las naciones con ambiciones en este campo obligan a forjar alianzas y acuerdos que permitan avanzar a la ciencia y a la tecnología. Más allá de las puras restricciones económicas, la necesidad de establecer acuerdos para asegurar la coordinación internacional en la explotación de los recursos espaciales refuerza la conveniencia de no solo pertenecer sino participar activamente en los organismos internacionales que tratan de regular la actividad espacial. España nunca ha permanecido ajena a estos, pero hoy más que nunca debe asegurar su relevancia en estos foros. Para lograrlo es necesaria una estrategia y políticas estables a largo plazo, una coordinación muy estrecha de las administraciones públicas implicadas, y un desarrollo equilibrado de los tres pilares de la colaboración: el institucional, el industrial y el científico. La participación activa en organismos internacionales —en el caso español, en particular la Agencia Europea del Espacio y la Unión Europea— y sus programas favorece la continuidad de las estrategias y de las inversiones, lo que sin duda resulta factor determinante para asegurar la cooperación.

Palabras Clave:

Espacio, cooperación internacional, UE, OTAN, Agencia Espacial Europea, NASA, legislación internacional, estrategia.

Abstract

The development of space activities in the post - Cold War age calls for international cooperation. Once concluded the global superpowers dispute for the space supremacy, the budgetary limitations of space faring nations push them to forge alliances and establish agreements that provide for advances in science and technology. But beyond the pure economic constraints, the need to build agreements to ensure the international coordination in the exploitation of space-based resources advices not just to join, but to actively participate to the international organizations that aim at regulating the space activity. Spain has never been an alien to those bodies, but now is more important than ever to play a relevant role there. This requires long term stable policies and strategies, a close coordination of the many public administrations concerned, and a balanced deployment of the three pillars of collaboration: institutional, industrial and scientific. The active involvement in international organisms —in the case of Spain, primarily the European Space Agency and the European Union— and their programs will ease the continuity of the investments and the strategy, which will undoubtedly be a key driver to healthy international cooperation.

Keywords:

Space, International cooperation, EU, NATO, European Space Agency, NASA, international regulation, strategy.

Breve historia de la regulación espacial internacional

Los primeros esfuerzos por regular el entorno espacial comenzaron apenas un año después del lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik 1, el 4 de octubre de 1957, que muchos consideran el comienzo de la era espacial. Algunos meses antes, en agosto de aquel mismo año, la Unión Soviética había lanzado el primer misil balístico intercontinental. Eran los años de la Guerra Fría, y la preocupación por una escalada armamentística en el espacio condujo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a constituir la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, UNCOPUOS[1] en sus siglas inglesas, el 13 de diciembre de 1958.

Tanto la Unión Soviética como Estados Unidos eran conscientes, en los albores de la carrera espacial, de las posibilidades de desarrollo que ofrecía el espacio. Al propio tiempo, también apreciaban cómo podía cambiar el balance estratégico internacional y amenazar su propia seguridad. Tanto para ellos como para otros miembros de la ONU, esta organización era el foro más adecuado para debatir asuntos tales como la exploración y el uso del espacio exterior o el desarrollo de un marco legal que regulara la actividad espacial. Asimismo, se reconocía la necesidad de abordar otros problemas que sin duda surgirían con el desarrollo de estas actividades: ¿Cómo podría evitarse una confrontación militar entre los dos bloques en el espacio? ¿Qué leyes habrían de aplicarse a los proyectos espaciales? ¿Cómo podrían los países carentes de tecnología espacial llegar a beneficiarse también del entorno ultraterrestre?[2] Atendiendo a estas consideraciones, la Asamblea General constituyó primero como una comisión *adhoc*[3] la mencionada comisión. La propia resolución reconoce la importancia de la cooperación internacional como un elemento clave en el desarrollo de estas actividades, haciendo repetidas referencias a ello en su texto; pero tal vez significativamente, solo 18 países se integran inicialmente en UNCOPUOS, Argentina, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Checoslovaquia (ahora República Checa), EE.UU., Francia, India, Irán, Italia, Japón, México, Polonia, el Reino Unido, Suecia, la URSS (ahora Federación Rusa), la República Árabe Unida (ahora Egipto). Hay ausen-

---

[1] United Nations Committee on the Peaceful Use of Outer Space. Con frecuencia esta denominación se traduce al castellano como Comité de Naciones Unidas para el uso pacífico del espacio exterior. Sin embargo, la denominación oficial de ONU es la mencionada en el texto, como puede comprobarse en su página web oficial. Curiosamente –o no tanto–, ONU incluye UNCOPUOS entre sus agencias de desarme. Disponible en https://www.un.org/es/globalissues/disarmament/agencies.shtml. Fecha de la última consulta: 25 de marzo de 2014.

[2] Para una breve discusión en esta materia, Tronchelli, Fabio, «Fundamentals of Space Law and Policy». Springer Briefs in Space Development, 2013; p. 37.

[3] Asamblea General de Naciones Unidas, resolución 1438 (XIII) de 13 de diciembre de 1958, «Question of the peaceful use of outer space».

cias notables en la lista, como las de China o Alemania. También falta en ella España, que solo se incorporaría a la Comisión mucho más tarde, en 1980[4]. Pero si puede parecer sorprendente el escaso soporte inicial, hay que añadir que UNCOPUOS es hoy una de las comisiones de la ONU con mayor número de miembros permanentes.

La creación de UNCOPUOS significa pues el primer esfuerzo para establecer una regulación espacial internacional y, al tiempo, el primer foro de cooperación en estas materias.

UNCOPUOS

Tras su constitución como una comisión *adhoc* en 1958, UNCOPUOS se convierte en una comisión permanente de la ONU un año después, a través de la resolución 1472 (XIV) de su Asamblea General, el 12 de diciembre de 1959. El mandato de UNCOPUOS queda claramente fijado en dicha resolución[5]:

- Revisar como sea apropiado las posibilidades de cooperación internacional en el área, y estudiar medios prácticos de promover programas para el uso pacífico del espacio ultraterrestre que puedan ampararse bajo los auspicios de la ONU.
- Estudiar la naturaleza de los problemas legales que puedan derivarse de la exploración del espacio ultraterrestre.

Consecuentemente, la Comisión se organizó inmediatamente en dos subcomisiones: la de Asuntos Científicos y Técnicos, y la de Asuntos Jurídicos. Cada una de ellas, así como la Comisión, se reúnen una vez al año en Viena, la sede de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la ONU, que ejerce las funciones de secretaría.

En los más de cuarenta años transcurridos desde su establecimiento UNCOPUOS ha elaborado los cinco tratados internacionales que, desde la ONU, constituyen la espina dorsal de la legalidad espacial internacional, así como las cinco declaraciones de principios que complementan a estos tratados[6]. En su conjunto, estos tratados y resoluciones rigen y coordinan

[4] La forma en que los 76 miembros actuales de UNCOPUOS fueron paulatinamente incorporándose a la Comisión está disponible en http://www.oosa.unvienna.org/oosa/COPUOS/members.html. Fecha de la última consulta: 25 de marzo de 2014.

[5] Asamblea General de Naciones Unidas, resolución 1742 (XIV) de 12 de diciembre de 1959. «International co-operation in the peaceful uses of outer space». Disponible en http://www.oosa.unvienna.org/oosa/SpaceLaw/gares/html/gares_14_1472.html. Fecha de la última consulta: 25 de marzo de 2014.

[6] Para el texto completo de estos tratados, se remite al lector a consultar el documento de NACIONES UNIDAS, «Tratados y principios de las naciones unidas sobre el espacio ultraterrestre», ST/SPACE/11, Nueva York, 2002. Disponible en http://www.oosa.unvienna.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf. Fecha de la última consulta: 25 de marzo de 2014.

la colaboración internacional en el espacio ultraterrestre y formulan las reglas de derecho internacional necesarias.

Más allá del contenido detallado de los cinco tratados y de las cinco declaraciones de principios aprobados por la Asamblea General de la ONU a propuesta de UNCOPUOS, es evidente el reconocimiento de la importancia que en materia espacial este organismo asigna a la actividad espacial, y su voluntad de regular estos aspectos. Pero aunque la participación activa en este Comité es una necesidad para las naciones con aspiraciones espaciales, la mayor parte de las materias más prácticas que atañen a la utilización del espacio se discuten y regulan en otros organismos internacionales.

UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) tuvo su origen en la Unión Internacional del Telégrafo, organismo internacional fundado en 1865. En la actualidad es una agencia especializada de la ONU responsable de todas las materias que conciernen a las tecnologías de la información y las comunicaciones. Como tal, depende de ella la regulación internacional sobre el uso del espectro de radiofrecuencias. Bajo las primeras normativas relativas a esta materia, la gestión internacional del espectro estaba basada en el concepto de soberanía nacional. Eran las administraciones nacionales las que regulaban el uso de las frecuencias y el acceso a los servicios de comunicaciones, y teniendo en cuenta que la mayor parte de las redes terrestres limitaban sus problemas de interferencia y coordinación a su territorio nacional o áreas vecinas próximas, esta fue durante años una solución adecuada con algunas escasas excepciones.

Sin embargo, la introducción de las comunicaciones por satélite cambió radicalmente este panorama. En 1959, la UIT estableció un grupo para estudiar las radiocomunicaciones espaciales. En 1963, la Unión celebró una Conferencia Extraordinaria Administrativa sobre comunicaciones espaciales, con el objetivo de asignar frecuencias a los diversos servicios de radiocomunicaciones por satélite. Estos servicios cubren tanto las aplicaciones fijas, es decir, aquellas en que las estaciones terrestres que comunican con los satélites están en localizaciones fijas (el servicio de satélite fijo), como las móviles, es decir, aquellas en que los terminales están emplazados en vehículos terrestres, navíos o aeronaves (el servicio de satélite móvil), o las que están orientadas a servicios de radiodifusión (el servicio de radiodifusión por satélite). Los servicios de radiocomunicaciones regulados por la UIT también cubren otros más especializados, como la radiolocalización, los servicios científicos –incluyendo la meteorología o la exploración de la Tierra–, las operaciones espaciales y los enlaces entre satélites.

Por otra parte, el desarrollo de los varios tratados y declaraciones de la ONU sobre el uso del espacio ultraterrestre estipuló con claridad que tales servicios no podían ser limitados u ocupados unilateralmente, sino que su uso debía ser libre para todos los Estados, sujeto a las regulaciones internacionales. Las posiciones orbitales y las frecuencias de radiocomunicación espacial son un recurso común que pueden ser utilizados por cualquier Estado conforme a esas reglas. Además, son los Estados de lanzamiento los que mantienen la jurisdicción y el control sobre los objetos lanzados al espacio, y son responsables de las actividades espaciales desarrolladas por cualquiera de las entidades públicas o privadas de su nación (incluso si el Estado no ejerce ningún control directo o indirecto sobre tales actividades). Así, los Estados están obligados a establecer mecanismos de control y supervisión adecuados, normalmente mediante la concesión de licencias.

Desde hace 50 años, la UIT es responsable de la gestión del espectro radioeléctrico para comunicaciones espaciales y del uso de los recursos orbitales por los Estados. Sus Estados miembros han establecido un régimen legal codificado a través de la Convención de la UIT y de sus regulaciones de radio. Estos instrumentos contienen los principios fundamentales para:

- la asignación del espectro de frecuencias a los diversos servicios de radiocomunicaciones;
- los derechos y obligaciones de las administraciones nacionales para obtener acceso al espectro y a los recursos orbitales;
- el reconocimiento internacional de estos derechos mediante el registro de las asignaciones de frecuencias y posiciones orbitales (en uso o reservadas para uso futuro) en el Registro Maestro Internacional de Frecuencias de la UIT.

El proceso de establecimiento de estas reglamentaciones ha enfatizado desde sus orígenes el uso eficiente, racional y equitativo del espectro y los recursos orbitales. Este concepto se ha desarrollado mediante un proceso de atención por orden de petición «first-come, first-serve». El procedimiento «coordinación previa al uso» está basado en el principio de que el derecho de uso de una posición orbital se adquiere a través de negociaciones con el resto de las administraciones que utilizan la misma porción de la órbita. Si se aplica correctamente, es decir, para cubrir los requisitos reales, el procedimiento ofrece un medio eficiente para la gestión del espectro y de la órbita: sirve para llenar los huecos en la órbita a medida que surge la necesidad, y resulta, en principio, en una distribución homogénea de satélites sobre la órbita geoestacionaria.

Pero la explotación progresiva de estos recursos y la previsible congestión de la órbita geoestacionaria urgieron a los países de la UIT a considerar la cuestión del acceso equitativo a aquellos. Esto resultó en la intro-

ducción de un nuevo régimen regulatorio para los planes de frecuencias y posiciones orbitales, que reservan una cierta parte del espectro para su uso futuro por todas las naciones, y en particular para aquellas que no están en condiciones de utilizar esos recursos en el momento de definirse los planes. Bajo este régimen, cada país tiene una posición orbital predeterminada, asociada con el uso libre, en cualquier momento, de una cierta región del espectro. Junto con los procedimientos de gestión asociados, estos planes garantizan el acceso equitativo a los mencionados recursos a todos los países, salvaguardando sus derechos fundamentales, y gobiernan una parte considerable del uso de frecuencias para servicios de radiocomunicaciones espaciales más demandadas, los servicios fijos y de difusión.

La aplicación de estos procedimientos requiere que las administraciones remitan la información relevante a la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT para su examen y publicación en su Circular de Información de Frecuencias Internacional (CIFI), que se publica cada dos semana y lista aquellas otras administraciones que se consideran afectadas por una nueva petición o modificación. Todas las administraciones pueden así estar al tanto de cualquier nuevo sistema de satélite propuesto y reaccionar en consecuencia, entrando en la coordinación detallada o en discusiones para llegar a un acuerdo cuando sea necesario.

Es fácil comprender la importancia de la UIT y de sus Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones para la explotación de los sistemas espaciales. Es en este foro donde se deciden materias tales como la asignación de frecuencias a los diferentes servicios y sistemas de satélites, como por ejemplo a los sistemas de radionavegación como el Galileo, y donde se resuelven los conflictos entre ellos, por ejemplo, problemas de interferencias entre sistemas o asignaciones de posiciones orbitales a los operadores de satélite. Un operador de satélites de telecomunicaciones como HISPASAT puede requerir la coordinación con países incluso ajenos a su ámbito regulatorio (i.e. España o, más ampliamente, la Unión Europea), por ejemplo, Marruecos, lo que a su vez requeriría de negociaciones y acuerdos bilaterales que dependen de las relaciones políticas con esos países, puesto que solo las Administraciones Públicas están representadas en la UIT.

La Unión Europea

Pese a que los países de la Unión Europea han estado tradicionalmente entre las naciones con intereses espaciales y a que estas materias han sido objeto de discusión en su seno desde hace décadas, la participación directa de sus órganos de gobierno en la regulación de las actividades espaciales es relativamente reciente. En 2008, la UE redactó un Código de Conducta para las actividades espaciales, inspirado en el tratado de

1967, que fue bien recibido por los países con intereses espaciales y puede, eventualmente, ser adoptado por la mayoría de ellos. En 2009, cuando los últimos tratados de la UE entraron en vigor, los Estados miembros confirieron a la Unión un papel más relevante en materias espaciales. El Tratado de Lisboa introdujo por primera vez competencias espaciales específicas en la Unión Europa, destacando la política espacial como una política de la UE por derecho propio. La versión consolidada del Tratado, en su artículo 4.3, le otorga las competencias necesarias para definir y desarrollar programas espaciales. El artículo 189 obliga a la UE a definir una política espacial, y a coordinar las actividades de los Estados Miembro; permite al Parlamento y al Consejo tomar las acciones legales necesarias para implantar las medidas que permitan impulsar esa política, incluyendo el desarrollo de programas espaciales, pero excluye la armonización de las legislaciones espaciales de los Estados.

Si bien es cierto que la Unión Europea, a través de la Comisión Europea y de sus programas marco, juega cada vez un papel más relevante en la cooperación espacial internacional, en particular entre sus países miembro, su influencia en la regulación internacional es aún limitada. Por ejemplo, la UE no es miembro de la UIT, lo que supone un inconveniente no menor cuando es necesario coordinar el uso de radiofrecuencias entre sistemas espaciales y sistemas terrestres (p.ej. WiMax y la banda C en comunicaciones espaciales). Un papel más activo de la Comisión Europea en estas materias sería deseable, instando al menos a sus miembros a cumplir con las regulaciones de la UIT y a coordinar sus intereses a través de sus delegaciones en este y otros foros similares.

Otros organismos internacionales relevantes

Aunque carezcan de capacidad regulatoria, hay otros organismos internacionales que tienen un indudable peso en la cooperación espacial internacional. Posiblemente el más relevante de todos ellos es la Agencia Europea del Espacio (ESA, por sus siglas inglesas). La ESA se constituyó en 1975 con la firma de su convención que suponía la fusión de las dos organizaciones espaciales europeas precursoras, ELDO y ESRO[7]. Desde aquel momento, ha canalizado buena parte de los esfuerzos espaciales europeos para disponer de una capacidad independiente de acceso al espacio (i.e. lanzadores) y de desarrollo de programas y tecnología espaciales. Aunque sin influencia directa en las regulaciones y legislación

[7] La convención que establece la European Launcher Development Organisation (ELDO) se firma en 1962, con la participación de Alemania, Bélgica, Francia, Holanda, Italia, el Reino Unido y Australia, como miembro asociado. También se firma en ese mismo año la convención fundacional de la European Space Research Organisation (ESRO), con la participación de Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Italia, el Reino Unido, Suecia y Suiza.

en estas materias, la ESA ha consagrado, a través de su Convención, algunas de las normas que han regido la cooperación espacial en Europa en sus cuatro décadas de existencia.

Está fuera del objeto de este estudio la descripción detallada de la organización interna, programas y misiones de la ESA[8]. Baste decir al respecto que la ESA distribuye sus presupuestos entre dos tipos de programas: el programa obligatorio, que incluye su Programa Científico, el Programa de Estudios Generales y el Programa de Investigación Tecnológica, y los programas voluntarios, que incluyen otros como el de lanzadores, el de observación de la Tierra, el de vuelos tripulados o el de telecomunicaciones. Los países miembros contribuyen a los primeros en proporción a su producto interior bruto, en tanto que la participación en los segundos depende de sus intereses nacionales y refleja en general sus propias estrategias nacionales. Los objetivos individuales y las actividades a desarrollar en los diferentes programas se definen en comités en los que participan los Estados miembros que contribuyen a ellos. Al margen de los objetivos científicos, la ESA tiene el mandato de contribuir al desarrollo de la industria espacial europea, que se ejecuta mediante la participación de esta en la definición, construcción y operación de las misiones adoptadas. La Agencia tiene también el mandato de armonizar y coordinar las actividades espaciales de sus Estados miembros. La cooperación en el seno de esta organización ha permitido a sus miembros desarrollar un tejido industrial que, en solitario, difícilmente hubiera sido posible. A ello ha contribuido de manera decisiva el principio consagrado en la Convención de la Agencia del *Justo Retorno,* en virtud del cual la industria de un país participa en el desarrollo de un programa en la misma proporción en que su administración contribuye a su financiación. Aunque criticado –justamente– por algunos por introducir ineficiencias en el desarrollo de las actividades de la ESA, no es menos justo reconocer que este principio ha permitido mantener una financiación más o menos estable por parte de todos los países miembros a los programas y, por otra parte, distribuir el tejido industrial espacial europeo más allá de los dos o tres países que disponen de un programa nacional independiente.

La irrupción de la UE en el escenario espacial en los últimos años abre algunas cuestiones sobre la futura evolución de la ESA, que trabaja desde hace ya varios años conjuntamente con aquella en la definición y ejecución de una Política Espacial Europea. Parece al menos razonable pensar que, en el largo plazo, la cooperación con la UE y la propia presión de alguno de sus países miembro acabará por modificar las reglas de participación en sus programas, en particular en lo que se refiere al *justo retorno*. Es difícil anticipar a qué ritmo se producirá esta convergencia,

[8] Para más detalles en estas materias, se remite al lector interesado a la web de la propia ESA, que contiene abundantes detalles sobre estas materias. www.esa.int.

sobre todo si se tiene en cuenta que algunos países miembro de la ESA (p.ej. Suiza, Noruega o Canadá que es país asociado) no lo son de la Unión Europea. Por otro lado, es claro que obligará a los Estados miembros de ambas organizaciones a una mejor coordinación interna de sus respectivas representaciones en los foros y comités apropiados.

También la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) parece destinada a jugar un papel relevante en lo que se refiere a la cooperación internacional en el espacio. En el documento «Filling the Vacuum-A Framework for a NATO Space Policy» de 2012[9], se plantea la necesidad de que pese a no disponer de medios espaciales propios, la OTAN defina y ejecute una política espacial propia. El planteamiento es particularmente interesante porque la organización no dispone de políticas equivalentes para tierra, aire o mar (aunque sí se ha definido una Estrategia Marítima de la Alianza hace pocos años) y viene a reconocer la especial importancia que el dominio espacial tiene sobre la cooperación en materia de defensa desde múltiples puntos de vista, pero especialmente en lo que se refiere a aquellos en que la Alianza sí dispone de capacidades propias independientes de las de sus miembros: la de mando, control y comunicaciones.

En línea con otras actuaciones de la Alianza, la política espacial propuesta se basa en el uso compartido de las capacidades espaciales de sus países miembro «pooling & sharing», aunque reconoce la muy diferente capacidad y madurez de los sistemas y políticas espaciales de sus miembros. La inversión espacial de Estados Unidos es tres veces superior a la de los siguientes 11 países combinados; y unas 20 veces superior a la de la ESA.

Además de la Unión Europea, la ESA y la OTAN, hay que mencionar entre las organizaciones relevantes en materia de cooperación internacional en nuestro entorno a la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos, EUMETSAT, fundada en 1986 y cuya misión es proporcionar datos, productos e imágenes de satélite relacionados con el clima y el tiempo atmosférico a los servicios meteorológicos de sus países miembro, EUMETSAT está gobernada por su Consejo, en el que participan los representantes de estos países, que financian conjuntamente los programas y actividades de la organización en proporción a su producto interior bruto. A diferencia de la ESA, EUMETSAT no tiene objetivos relacionados con el desarrollo de la industria de sus países miembro, ni aplica –al menos teóricamente– condiciones de retorno industrial en el desarrollo de sus proyectos. Sin embargo, la necesidad de contar con el apoyo mayoritario, en algunos casos unánime, de los Estados miembros

[9] Nato Joint Air Power Competence Centre, «Filling Filling the Vacuum - A Framework for a NATO Space Policy». Junio 2012. Disponible en www.japcc.org/.../Filling_the_Vacuum-A_Framework_for_a_NATO_Space_ Policy.pdf. última consulta: 30 de marzo de 2014.

en el consejo para la aprobación de sus programas a menudo provoca que se tengan en cuenta sus intereses industriales en las decisiones y propuestas de su órgano ejecutivo.

EUMETSAT nació como una organización intergubernamental para la operación de los satélites Meteosat desarrollados por la ESA, siguiendo el modelo previamente utilizado con Eutelsat. Esta última también se constituyó inicialmente como un organismo intergubernamental, concebido en 1977 para desarrollar y operar una infraestructura europea de telecomunicaciones. En el caso de Eutelsat, sus primeros satélites fueron los ECS realizados también por la ESA. También fue similar el caso de Inmarsat, creado en 1979 como la Organización Internacional de Satélites Marítimos, una organización internacional sin ánimo de lucro, amparada por la Organización Marítima Internacional (OMI), una agencia de la ONU, con el propósito de establecer una red de comunicaciones para la comunidad marítima. En el caso de Eutelsat e Inmarsat el rápido desarrollo de las comunicaciones satelitales –y la privatización de los operadores de telecomunicaciones nacionales– facilitaron su rápida conversión en entidades comerciales privadas. Eumetsat aún mantiene, y seguramente lo hará por algún tiempo, su estado de organismo público.

España y la cooperación espacial internacional

Participación española en las organizaciones internacionales

España se incorporó con mucho retraso a UNCOPUOS, en 1980, y no fue hasta 1994 cuando abandonó la práctica de rotar su puesto en la Comisión con otros países, concretamente Grecia, Portugal y Turquía. Hay que tener en cuenta que España solo había salido del aislamiento internacional pocos años antes, gracias a los tratados de 1953 con Estados Unidos y a su incorporación a Naciones Unidas el 14 de diciembre de 1955. España no contribuyó pues a la preparación de las primeras resoluciones y tratados espaciales internacionales, al menos formalmente. Esto incluye a los cuatro primeros tratados elaborados por UNCOPUOS: el Tratado del Espacio Ultraterrestre, el Acuerdo de Rescate, la Convención de Responsabilidades y la Convención de Registro. Ello no es óbice para que nuestro país haya ratificado estos tratados[10]. Más concretamente, el Tratado del Espacio Ultraterrestre entró en vigor para España el día 27 de noviembre de 1968, fecha de depósito en Londres del instrumento de adhesión. Había transcurrido casi dos años desde su aprobación (el Tratado fue apro-

[10] El estado de adhesión a los principales tratados y convenciones espaciales internacionales a fecha 1 de enero de 2014 puede encontrarse en COPUOS, «Status and application of the five United Nations treaties on outer space», A/AC.105/C.2/2014/CRP.7, 20 de marzo de 2014.

bado por unanimidad por la Asamblea General) y más de un año desde la entrada en vigor. La adhesión al Acuerdo de Rescate se produjo el 23 de enero de 2001, es decir, más de doce años después de su entrada en vigor. En cuanto al Convenio de Responsabilidades, el trámite fue mucho más ágil, puesto que entró en vigor el 1 de septiembre de 1972 y para España el 2 de enero de 1980, fecha del depósito del instrumento de ratificación español. Por último, el Convenio de Registro entró en vigor para España el día 20 de diciembre de 1978, fecha de depósito del instrumento de adhesión, tan solo dos años después de la entrada en vigor general el 15 de septiembre de 1976.

Curiosamente, España no ha ratificado el único de los cinco tratados fundamentales en cuya preparación tuvo oportunidad de participar como miembro de pleno derecho de UNCOPUOS: el Tratado sobre la Luna. Dados los precedentes, especular hasta qué punto el retraso en la ratificación de este tratado está basado en motivos de interés nacional real es ocioso. En todo caso, mencionar que la mayor parte de las principales potencias espaciales del planeta no han ratificado aún este tratado: Estados Unidos, Rusia, China, Japón, Alemania o el Reino Unido (Francia y la India han firmado el tratado pero tienen aún pendiente su ratificación).

España se incorporó a la Organización Europea de Investigación Espacial (ESRO, por sus siglas en inglés) desde su fundación en 1962. Posteriormente, en la fusión de ESRO y ELDO que dio lugar a la constitución de la ESA, nuestro país se convirtió en miembro fundador de la Agencia. Durante los últimos diez años, España ha incrementado su participación en los programas de la ESA hasta convertirse en el quinto país contribuyente a sus presupuestos hace ya varios años, puesto que ha perdido en 2013 debido a las reducciones de estas aportaciones en los últimos dos años. La participación en los programas de la ESA ha constituido el elemento vertebrador de la estrategia industrial e investigadora de España en el sector espacial. Ha sido este organismo el que ha concentrado la mayor parte de la inversión nacional en estas actividades, y gracias a la regla del *justo retorno* ha impulsado decisivamente el desarrollo de su industria y su tejido científico.

Nuestro país es también miembro de EUMETSAT desde su fundación en 1986.

Huelga decir que España es miembro de la Unión Europea y de la Alianza Atlántica, y que consecuentemente participa en las políticas espaciales de ambos organismos. A modo de ejemplo, España alberga el Centro de Satélites de Unión Europea, que esta organización heredó como agencia el 1 de enero de 2002, cuando desapareció formalmente la Unión Europea Occidental (UEO) que promovió la fundación del centro en 1992.

La representación española frente a los diversos organismos internacionales en los que participa el Estado está asignada a diferentes departamentos y organismos gubernamentales:

- La representación ante los organismos de la ONU (UNCOPUOS, OOSA) está asignada al Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación (MAEC), que la ejerce a través de la Secretaría de la Embajada Representación Permanente de España ante la Oficina de la ONU y los Organismos Internacionales con sede en Viena.
- La representación en los órganos de gestión y dirección de la ESA corresponde formalmente al MAEC –es el embajador español en París, sede de los cuarteles generales de la Agencia quien firma los acuerdos con este organismo– pero realmente la representación operativa está delegada en el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), ente dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad (MEyC), que es quien participa en los diversos comités directivos de los programas de la ESA. Para completar de complicar el cuadro, las aportaciones financieras a los programas de la Agencia dependen del presupuesto del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). Desde hace algunos años, existe un acuerdo entre estos dos últimos ministerios que regula la forma en que España está representada en los diversos órganos de gobierno de la ESA (Consejo y comités de programa).
- España está representada en EUMETSAT por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), dependiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).
- En cuanto a la Unión Europea, la representación española está distribuida entre diversos ministerios, dependiendo del área concernida. Por ejemplo, buena parte de los fondos dedicados por la UE a actividades espaciales se canalizan a través del Programa Marco de I+D, en cuya definición y seguimiento participa el Ministerio de Economía y Competitividad (MEyC). Sin embargo, programas clave en la estrategia espacial europea como Galileo dependen de la Comisaría de Transporte de la CE, y por tanto la representación española frente a los órganos de dirección del programa depende del Ministerio de Fomento (MFOM).
- Por último, del Ministerio de Defensa (MDEF) depende la representación de España en los órganos operativos de la Alianza Atlántica. Además, el Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA) ostenta también la representación de nuestro país en algunos programas de cooperación espacial (p.ej. COSPAS-SARSAT), y juega un papel central en buena parte de los tratados de cooperación bilateral y multilateral que España tiene establecidos con diversos países.

En ausencia de un órgano central que coordine la actuación de todos estos organismos del gobierno frente a sus contrapartes internacionales, es obvio que la dispersión de funciones y responsabilidades a menudo ha dado lugar en el pasado a problemas e ineficiencias en la participación española en los programas de cooperación auspiciadas por ellas. Esto también podría explicar los retrasos en los procesos de toma de decisión que parecen delatar los largos períodos de tiempo transcurridos entre la aprobación de los tratados internacionales y su ratificación formal.

Por otra parte, la distribución de la representación española ante los órganos de cooperación internacionales del sector espacial provoca a menudo una falta de especialización en estas tareas que dificulta una participación más informada en los procesos de definición y decisión de los asuntos espaciales. También sucede que estas decisiones se toman considerando únicamente una visión parcial de la cuestión, la que atañe específicamente al organismo que ostenta la representación, e ignorando otras posibles consecuencias de las decisiones adoptadas. Este no es el caso de algunos de nuestros socios internacionales, donde la actividad espacial está concentrada o, como mínimo, coordinada por un organismo único que concentra tanto el conocimiento técnico y programático como la autoridad presupuestaria, o incluso en algunos casos la regulatoria.

Otros acuerdos de colaboración bilateral y multilateral

Al margen de la participación en las instituciones y organismos espaciales relacionados con el espacio ya mencionados, España mantiene una larga relación bilateral con los EE.UU. que se remonta al primer acuerdo de cooperación entre los gobiernos de los dos países concertando la construcción de una estación de seguimiento de vehículos espaciales y adquisición de datos en Robledo de Chavela, cerca de Madrid[11]. Este acuerdo se enmarcaba dentro de un ámbito más amplio de cooperación científica y técnica en apoyo de programas de exploración lunar y planetaria y de vuelos espaciales tripulados y no tripulados el Complejo de Comunicaciones de Espacio Profundo de Madrid (*Madrid Deep Space Communications Complex* [MDSCC]) así creado comenzó a operar en 1965, año en que recibió las primeras imágenes de la sonda Mariner 4 con su primer antena, la DSS-61. En la actualidad, el complejo consta de tres estaciones, Robledo, Fresnedillas y Cebreros, y ha prestado servicios a algunas de las más importantes misiones espaciales norteamericanas, incluyendo la emblemática del Apolo XI que supuso la llegada del hombre a la Luna. El MDSCC fue inicialmente operado por técnicos de la NASA, que fue paulatinamente sustituido por personal español, hasta que en 1972 el equipo estuvo compuesto y dirigido por personal del INTA.

Aquel tratado inicial de 1964, siguió otro en 1966, también entre INTA y NASA, para la explotación de datos de los cohetes de sondeo NIKE, más adelante el Acuerdo de Cooperación Espacial de 1984, que permitía al Space Shuttle la utilización de las bases españolas de Rota, Zaragoza y Morón, y que se extendió en 1991, complementándose con un acuerdo

[11] Boletín Oficial del Estado (BOE). Ministerio de Asuntos Exteriores. «Acuerdo de cooperación entre los gobiernos de España y de los Estados Unidos de América concertando la construcción de una estación de seguimientode vehículos espaciales y adquisición de datos a unos 47 km al oeste de Madrid»: n.º 41, 16 de febrero de 1964, pp. 2094-2095.

marco entre NASA e INTA; en 1992, se estableció un acuerdo marco de cooperación espacial entre la NASA y el CDTI; al amparo del acuerdo marco entre INTA y NASA, el Centro de Astrobiología (CAB)–CSIC se integró en el NASA Astrobiology Institute (NAI) en abril de 2000, convirtiéndose de esta manera en el primer miembro asociado al NAI fuera de Estados Unidos; por último hasta la fecha, en marzo de 2011 se firmó el acuerdo entre NASA, CDTI e INTA para cooperación en la misión *Mars Science Laboratory* (MSL).

La cooperación bilateral hispano-norteamericana a través de la NASA y del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) primero, y de este y el CDTI después, ha permitido adquirir un importante conocimiento sobre operaciones espaciales y desarrollar un tejido científico alrededor de las misiones científicas en que se ha colaborado. Aún hoy, la primera de las antenas instaladas por la NASA en Robledo de Chavela, la DSS-61 se utiliza en el proyecto educativo PARTNeR para la formación práctica en radioastronomía[12].

Otro de los acuerdos de cooperación multilateral más relevantes en el área espacial para España fue el que facilitó su colaboración en el programa Helios. En virtud de este acuerdo, en noviembre de 1988 España se adhirió a la cooperación franco-italiana para el desarrollo y explotación del sistema Helios 1 con una participación del 6%. El sistema constaba de dos satélites de observación en órbita heliosíncrona de alta resolución espacial y con aplicaciones –fundamentalmente– militares y de defensa. La incorporación tardía al programa, que había comenzado en 1985, la reducida contribución financiera y la relativamente escasa capacidad industrial existente en España en el momento del acuerdo hicieron que la participación en el desarrollo del segmento espacial fuera muy marginal. Sin embargo, en cuanto al segmento terreno, el INTA asumió la responsabilidad como contratista principal del sistema nacional de explotación y tratamiento de imágenes, y de su actualización mediante convenios con la DGAM. Esto permitió que la industria nacional, y más concretamente Indra, CRISA y Sener tuvieran una participación muy relevante en el desarrollo de este sistema y que pudieran adquirir un conocimiento técnico muy importante que tuvieron después ocasión de aplicar en otros programas. Si en opinión de algunos la capacidad operativa adquirida con la participación del 6% excedía las necesidades reales de la defensa española, lo cierto es que el desarrollo tecnológico que facilitó compensó más que con creces el exceso del coste.

[12] PARTNeR es un proyecto educativo que permite el acceso a la antena DSS-61del MDSCC para realizar prácticas de radioastronomía. Lo desarrollan en cooperación la NASA y el INTA. El Centro de Astrobiología (CAB) de INTA-CSIC, a través de su Unidad de Cultura Científica, es el encargado del Centro de Coordinación de PARTNeR. Más información disponible en http://partner.cab.inta-csic.es/ [Última consulta: 1 de abril de 2014].

A la participación en Helios 1, siguió el acuerdo para participar en su sucesor, el Helios 2. Las vacilaciones durante la fase de definición del programa por parte española provocaron de nuevo una adhesión tardía, lo que a su vez derivó en unas expectativas de participación industrial en su desarrollo de nuevo marginales en lo que se refería al sector espacial. Esta fue una de las razones para que España redujera en este caso su participación al 2,5%. En cualquier caso, de nuevo la participación en el desarrollo del segmento terreno de la misión fue muy relevante.

Como continuación de esta colaboración con Francia en el área de la observación de la Tierra, el INTA acordó con el CNES la participación en la fase preliminar del Pleïades por un acuerdo suscrito en noviembre de 2002. Para las siguientes fases de desarrollo del segmento espacial se firmó un nuevo acuerdo entre ambos organismos en abril de 2005, en el que se fijó la participación española en el segmento espacial del programa en un 3 por 100. Pese a la aún reducida participación en el presupuesto de la misión, la industria española ha conseguido tener una contribución significativa al desarrollo y fabricación de los dos satélites de que consta el sistema. En el proyecto también participan Austria, Bélgica y Suecia, si bien los ministerios de defensa de Francia y España son los únicos usuarios militares.

La cooperación con Francia se ha extendido posteriormente a través de acuerdos entre el CNES y el CDTI a otras misiones de carácter científico. Dentro del marco de estos acuerdos, España, por ejemplo, contribuyó al desarrollo de la misión COROT, con una importante participación científica, liderada por el Instituto de Astrofísica de Andalucía, e industrial.

El CDTI tiene acuerdos de cooperación similares con Roskosmos, la agencia espacial rusa, y con la Agencia Espacial Canadiense. Además de facilitar el intercambio y desarrollo de tecnología, estos acuerdos han aumentado la visibilidad de la industria española en la comunidad espacial internacional, permitiendo a sus empresas proyectar sus productos y capacidades hacia esos países.

Las empresas españolas y la cooperación industrial

El necesario equilibrio entre competencia y *justo retorno* llevó a la creación, a finales de los años 60, tras la constitución de ESRO, de tres consorcios industriales europeos compuestos por compañías de casi todos los Estados miembros de la organización, y liderados por una o dos compañías de alguno de los países con mayor contribución. Para cada misión, ESRO convocaba un concurso público al que concurrían estos consorcios, respondiendo con una estructura industrial completa que trataba de responder a las necesidades de retorno.

España estuvo presente en los tres consorcios principales que se formaron en aquellos años: desde 1967, el INTA formó parte del consorcio MESH; en 1969 Sener se unió a STAR, y CASA a COSMOS.

La ESA «mantuvo» esta estructura de cooperación industrial europea hasta que en los años 80 comenzó a resquebrajarse por dos motivos fundamentales: en primer lugar, al incrementarse la complejidad y presupuesto de los programas, resultaba complicado satisfacer los requisitos de retorno, asignándolos a uno solo de los consorcios; en segundo lugar, la industria espacial europea empezó a consolidarse, bien es cierto que aún a nivel nacional, lo que dificultaba la existencia de los propios consorcios. Por otra parte, y aunque la participación en MESH, STAR y COSMOS permitiera a las empresas españolas participantes establecer una cooperación estable con otros socios europeos, lo cierto es que a mediados de los años 80 el déficit de retorno industrial español era aún muy notable. En la segunda mitad de esa década, el nuevo impulso recibido a la actividad espacial al hacerse cargo de la representación española el CDTI, en 1986, facilitó el desarrollo de empresas que aprovecharon esta oportunidad para ocupar algunos nichos en el mercado europeo, como GMV o CRISA.

La participación en Arianespace, el fabricante europeo de lanzadores, ha supuesto también un hito fundamental en la colaboración de la industria espacial española con Europa. Empresas como CASA Espacio (hoy Airbus Defence & Space), CRISA, Sener o Iberespacio, han participado en algún momento en el capital de Arianespace. Hay que tener presente que Arianespace es posiblemente el fabricante de lanzadores comerciales de mayor éxito en el mundo.

El lanzamiento del programa HISPASAT en 1988 tuvo un impacto importante en el desarrollo de la cooperación entre la industria europea y sus corresponsales europeos. La adjudicación del contrato para la construcción de los primeros satélites a Matra-Marconi Space (hoy Airbus Defence & Space) vino acompañada de un plan de compensaciones industriales que facilitó la participación de algunas empresas en el desarrollo y fabricación de los satélites y su segmento de tierra, pero aún más importante, permitió que estas empresas establecieran una colaboración estable con el contratista principal y algunos de sus proveedores principales.

Otro factor fundamental para entender la evolución de la industria espacial española es su participación en el proceso de consolidación de la industria aeroespacial europea. El primer movimiento que afectó al sector en España fue la fusión de la francesa Matra Space con la británica Marconi; Matra tenía una participación en CRISA que acabó siendo parte del nuevo grupo franco-británico. Posteriormente vendría la consolidación de la industria británica, con la absorción por parte de Matra-Marconi Space (MMS) del negocio espacial de British Aerospace, la consolidación de la industria

francesa con la fusión de MMS y de los activos espaciales de Aerospatiale, y la formación del grupo EADS, por la fusión de Aerospatiale, Deutch Aerospace y CASA, que acabaría significando la integración de CRISA dentro de Astrium, la filial espacial de EADS. La integración de Construcciones Aeronáuticas S.A. dentro del consorcio EADS facilitó sin duda un nivel de colaboración transnacional sin precedentes en el sector en nuestro país. Por último, la división espacial de Alcatel en España, Alcatel Espacio S.A. acabó formando parte del grupo Thales Alenia Space, después de un largo proceso de integración industrial. No es el objetivo de este estudio el analizar los movimientos de consolidación que se han producido en el sector espacial europeo en los últimos 30 años, pero sí es importante destacar el efecto que este proceso ha tenido sobre los modos en que la industria española coopera en el entorno internacional. La presencia de los dos grandes fabricantes de ingenios espaciales europeos en nuestro país ha ejercido un efecto tractor sobre el tejido industrial que, unido a la labor de las Administraciones Públicas en la gestión de la participación en los programas de la ESA, a la presencia de un operador de satélites nacional y, posiblemente en menor medida, a un modesto programa espacial nacional, ha permitido a aquel alcanzar un nivel competitivo en sus nichos de actividad homologable al del resto de la industria europea.

En todo caso, la propia estructura de los programas espaciales de la ESA y la exigencia impuesta por las reglas de retorno suponen un importante incentivo para la cooperación industrial en Europa, que hay que valorar adecuadamente por cuanto ha facilitado la difusión del conocimiento y de la tecnología espacial en los países participantes, si bien a costa de algunas ineficiencias.

Cooperación científica

El tercer elemento de cooperación internacional en el sector espacial es el relacionado con la investigación científica basada en datos adquiridos desde el espacio. En España, al menos hasta la fecha, estas actividades se han desarrollado mayoritariamente desde el sector público (organismos públicos de investigación, universidades) y, en general, amparadas por los diversos acuerdos internacionales o multilaterales establecidos por la Administración española. En los últimos años, estos laboratorios y centros de investigación han alcanzado un nivel de madurez científico-técnica que les ha permitido incluso liderar el desarrollo y ejecución de algunas cargas útiles.

La participación del sector privado sin embargo en la generación y explotación de datos científicos en el entorno espacial es aún muy limitada en nuestro país, posiblemente porque carece de un tejido industrial capaz de aplicar este conocimiento a sus negocios. La colaboración con este tipo de empresas u organismos en alguno de los instrumentos de

cooperación internacional en los que participa España podría facilitar la generación de *spin-offs* industriales de los grupos de investigación que permitieran dar ese paso. El programa marco de I+D de la UE Horizonte 2020 podría ser un marco adecuado para este objetivo.

El futuro de la cooperación internacional en espacio. Una propuesta de estrategia nacional

¿Qué podemos aprender de la experiencia anterior?

Los más de cincuenta años de cooperación espacial internacional que acumula España desde su incorporación a ESRO han permitido derivar experiencias muy valiosas que pueden emplearse en la definición de una futura estrategia de colaboración en este sector. En primer lugar, la cooperación espacial es una obligación. Es evidente que recurriendo únicamente a sus propios medios y apoyándose en su industria nacional, España no hubiera podido desarrollar una capacidad operativa, industrial y científica como la que tiene en la actualidad. En su mejor momento, la inversión española en espacio apenas ha alcanzado los 200 millones de euros anuales; los costes de desarrollo de un lanzador oscilan entre los 3 y los 20 millardos[13], lo que implica que España tendría que dedicar todo su esfuerzo inversor durante un período de al menos 15 años exclusivamente para disponer de capacidad autónoma de acceso al espacio. Ciertamente puede argüirse que esta capacidad podría comprarse a alguno de los países que la tengan, pero incluso ese caso implicaría una forma diferente de cooperación internacional –siquiera mediante el comercio– de modo que en cualquier caso no puede renunciarse a ella. En todo caso, si el caso del lanzador no es suficientemente convincente podríamos considerar los costes de desarrollo de cualquier misión espacial, y comparar esta inversión con los retornos que se pueden obtener de ella; aunque la demanda de inversión puede ser muy significativamente inferior –alrededor de un orden de magnitud para una misión científica sencilla– difícilmente se podrían justificar en términos económicos otras misiones que no fueran las de telecomunicaciones. Pensemos por ejemplo que el desarrollo de un sistema de navegación por satélite como Galileo supone una inversión superior a los 10 millardos[14]; incluso considerando las in-

[13] Koelle, D.E.;Janovsky, R. «Development and transportation costs of space launch systems», DGLR/CEAS European Air and Space Conference 2007. Disponible en http://www.dglr.de/fileadmin/inhalte/dglr/fb/r1/r1_2/06-Raumtransportsysteme-Kosten.pdf. [Última consulta: 1 de abril de 2014].

[14] La UE ha establecido un presupuesto para el programa Galileo de 7 millardos de euros dentro del programa H2020, es decir, para el período 2014-2020. Unido al coste del programa hasta esa fecha, podemos estimar que el coste total del programa estará por encima de los 10 millardos.

dudables ineficiencias que han plagado el programa desde su comienzo por razón de la complicada estructura de cooperación internacional tanto en el gobierno como en la ejecución del programa, no es razonable pensar que un solo país del tamaño y recursos de España hubiera podido abordar este desarrollo.

Pero al margen de los motivos económicos, es también evidente que la cooperación internacional es un requisito para la explotación de los sistemas espaciales. Pensemos en el caso del operador de satélites Hispasat. Como operador, no requiere de una capacidad industrial local para desarrollar y fabricar un satélite y ponerlo en órbita: esto puede obtenerse en el mercado de la industria de otros países; de hecho, uno de los operadores más importantes del mundo, SES, propietario de los satélites Astra, es una empresa luxemburguesa, un país con una industria espacial prácticamente inexistente. Sin embargo, para un país que pretenda disponer de capacidad espacial propia la colaboración internacional no es una opción: es una obligación. Obtener una posición orbital, coordinar las frecuencias de operación, asegurar los derechos de bajada de la señal en los territorios en los que va a operar el satélite cuando este tiene cobertura internacional, o incluso para resolver posibles problemas por interferencias en caso de desborde, son todo ello tareas que dependen de una labor diplomática frente a otros países. Obviamente, en estas condiciones, el sector espacial es sector abonado para la cooperación y el intercambio de información.

La segunda conclusión que podemos aprender de la experiencia pasada es que el sector espacial requiere una planificación a largo plazo. Es imposible concebir un escenario de cooperación internacional en un sector como el espacial –o al menos uno mutuamente provechoso para las partes– en que el plazo necesario para definir y ejecutar un proyecto es de lustros, si la estrategia está al albur de un cambio de administración. En general, las principales potencias espaciales han hecho de su estrategia en el sector política de estado y tratan de establecer objetivos y políticas de largo plazo consensuadas con las principales fuerzas políticas de su país. La estabilidad y la planificación a largo plazo son fundamentales para lograr la confianza del resto de los socios en los organismos internacionales, y para construir relaciones bilaterales o multilaterales duraderas. En la historia de la cooperación espacial española hay abundantes ejemplos, algunos de ellos ya mencionados antes en este capítulo, de cómo los cambios de estrategia de cooperación en el sector han perjudicado los intereses nacionales en el largo plazo.

La colaboración internacional en el espacio requiere una coordinación muy estrecha de las administraciones públicas implicadas. Con independencia de que exista o no un organismo nacional único que tenga asignada la responsabilidad más o menos completa sobre las actividades de esta índole en cualquier país, inevitablemente su desarrollo acaba impli-

cando a diversas administraciones, sea en el desarrollo, en la explotación o en la relación con otras administraciones extranjeras o internacionales que, en todo caso conforme al derecho internacional, es siempre necesario. Sostener una línea de actuación coherente entre las diferentes administraciones implicadas, asegurar el intercambio puntual de información entre ellas y orientar todas las actuaciones a los objetivos estratégicos perseguidos requiere un esfuerzo de coordinación evidente.

Más allá de la coordinación entre administraciones públicas, la cooperación internacional requiere un desarrollo equilibrado de los tres pilares de esta colaboración, el institucional, el industrial y el científico, para obtener el mayor beneficio. La formulación de instrumentos de colaboración internacional sin un tejido industrial y científico que la sustente carece de sentido.

La estrategia de cooperación internacional debe alinearse con la posible estrategia nacional. Aunque esto parezca una obviedad, en un escenario como el espacial, que puede involucrar a administraciones e intereses muy diversos, existe el riesgo de que los planes y estrategias de estas acaben divergiendo. Por ejemplo, orientar la estrategia industrial de un programa nacional hacia el desarrollo de un «campeón nacional» capaz de suministrar sistemas completos, no tiene sentido si en los foros internacionales en los que se participa se opta por la de desarrollar un conjunto de especialistas de nichos capaces de obtener cuotas de mercado muy altas en ellos. O, en otro sentido, apoyar una estrategia de consolidación internacional en el sector es difícilmente compatible con evitar la especialización de las filiales nacionales del conglomerado resultante. Cuando se producen este tipo de distorsiones, se dilapidan recursos escasos que podrían aplicarse a uno u otro objetivo.

En cualquier caso, es necesario comunicar la estrategia nacional a los actores afectados, incluyendo la estrategia de cooperación internacional. La coordinación de los tres pilares mencionados, administración, industria y academia, requiere que todos ellos conozcan la estrategia espacial del país para que puedan diseñar la suya.

Desde un punto de vista práctico, la experiencia demuestra que la participación en organismos internacionales favorece la continuidad de las estrategias y de la inversión. En el caso español, la participación en los programas de la ESA y el respeto de los compromisos de largo plazo adquiridos ha permitido a la industria disponer de una estabilidad que no ha existido en otras colaboraciones, y eso ha favorecido el desarrollo de la industria nacional. Pero esto no es exclusivo de España; por ejemplo, es bien conocido que los programas de la NASA o de otras agencias nacionales menos susceptibles de ser cancelados en épocas de consolidación fiscal son aquellos que se desarrollan en cooperación internacional, y tanto más cuantas más sean las partes implicadas.

La colaboración internacional es un excelente medio para acelerar el desarrollo y la adquisición de tecnología para la industria nacional, pero también hay que tener en cuenta que la transferencia de tecnología al amparo de los convenios de colaboración internacional es un excelente argumento de venta para los productos espaciales. Durante buena parte de los cincuenta años de historia espacial, España y su industria se han beneficiado de las políticas de *justo retorno* y compensaciones industriales por las adquisiciones públicas. Ahora, el nivel tecnológico alcanzado y la capacidad nacional, convierten a su industria en potencial exportadora de ingenios espaciales. Pero en la mayor parte de los casos, este tipo de ventas está sujeto a requisitos de transferencia tecnológica y *offsets*. Es en ese tipo de escenarios donde contar con el soporte de la Administración Pública se ha mostrado de gran ayuda. Mecanismos como las ventas *gobierno-a-gobierno*, en las que se pueden negociar condiciones más favorables, o al menos más claras y que pueden ser puestas en fuerza con mayor facilidad, son una ayuda importante para el vendedor.

Los modelos de cooperación internacional en este como en otros sectores están en permanente evolución, y habrá que adaptar la estrategia nacional a las nuevas posibilidades que surjan. En los albores de la era espacial, eran organismos públicos nacionales o multilaterales –recordemos los casos de Intelsat, Eutelsat o Inmarsat– los que promovían la construcción de sistemas de satélites y se encargaban de su explotación. A medida que se desarrolló un mercado comercial, estos organismos dieron lugar a consorcios privados y, más tarde, a empresas transnacionales, con presencia global. Los servicios públicos, y en particular los de telecomunicaciones para la seguridad y la defensa, estuvieron inicialmente reservados a la iniciativa estatal, pero evolucionaron hacia modelos de iniciativas de financiación privada (*Private Funded Initiative*) como el de Skynet 5, y más tarde hacia modelos más allá de la cooperación público-privada en el ámbito nacional para pasar a proyectos multilaterales como HISNORSAT, donde la colaboración se establecía entre organismos públicos y privados de diferentes países. También los sistemas de observación por satélite han evolucionado hacia este tipo de modelos. En un mundo globalmente interconectado, las posibilidades de cooperación en el entorno espacial que puedan surgir en el futuro son inimaginables.

Por último, no hay que olvidar que el creciente papel asumido por la Unión Europea en el sector anticipa cambios inevitables en la forma en que en el futuro se desarrollará la actividad espacial en sus países miembros. Con independencia de cuál sea el futuro estatuto de la Agencia Europea del Espacio y su relación con la CE, parece claro que una porción creciente de la financiación de los programas europeos provendrá de los fondos de la UE, y estará sujeta a las normas de contratación pública de la Comisión. Ello acarreará cambios en la forma en que se aplican las reglas de

justo retorno –asumiendo que no significan simplemente su abolición– y en el peso de los Estados en las decisiones programáticas.

Una propuesta de estrategia nacional de cooperación internacional

España es un miembro de la Unión Europea y tiene una clara vocación europeísta. Es también miembro fundador de la Agencia Europea del Espacio, y la participación en este organismo ha sido el factor fundamental en el desarrollo de un tejido industrial espacial en el país. No se concebirían los logros alcanzados por la industria española en este campo sin la contribución a los programas de la ESA en los últimos treinta años. Desde la segunda mitad de los 80, la representación española frente a la ESA desempeñada por el CDTI, la defensa del principio del *justo retorno* y el incremento continuo de las contribuciones a sus programas hasta prácticamente el año 2013, han permitido a nuestro país tener un peso muy importante en las decisiones de este organismo y modelar la colaboración internacional en el sector de forma muy cercana a nuestros intereses. Pero el peso de los órganos de decisión europeos en materia espacial se está desplazando hacia la esfera de la Unión Europea y sus organismos. A diferencia de lo que sucede con la ESA, la representación de los intereses españoles frente a la UE no está concentrada en un único organismo, sino que está distribuida entre cuerpos de las diversas administraciones que entienden de las materias en cuestión. Además, el peso relativo de España en las decisiones de los órganos de la Unión es, en el mejor de los casos, proporcional a su producto interior bruto o a su población, pero no tiene capacidad para vetar las decisiones aprobadas por el conjunto de los otros países. En un futuro más o menos cercano, buena parte de la inversión española en el espacio se canalizará a través de sus aportaciones a los presupuestos de la Unión Europea y estará más allá de la capacidad de decisión de la administración española.

Por otra parte, la actividad espacial solo puede tener un peso creciente en el desarrollo económico y tecnológico de los países desarrollados, e incluso en mayor medida de los emergentes y menos desarrollados, puesto que estos no tienen viejas infraestructuras que amortizar y pueden saltar directamente a la aplicación de la tecnología espacial en aquellas áreas en que esta es más eficiente. La cooperación espacial se convertirá por tanto en una herramienta de influencia política.

En este entorno previsible, España tiene que definir una estrategia espacial que establezca unos objetivos claros para el sector y engranar en ella un modelo de cooperación internacional que facilite su cumplimiento. En cuanto a los objetivos que puede considerarse razonable establecer están al menos los siguientes:

1) España ha conseguido desarrollar un tejido industrial y científico espacial capaz de competir globalmente. Un primer objetivo debe ser continuar desarrollando esa capacidad.
2) España debe obtener un retorno adecuado de sus inversiones espaciales, bien en forma de contratos industriales, de beneficios directos o indirectos por la explotación de esos sistemas, o de retornos científicos que permitan la posterior generación de desarrollo económico.
3) España debe tener un peso conmensurado a su contribución económica en las decisiones que se tomen en aquellos instrumentos de cooperación internacional en que participe.
4) España debe disponer de capacidad autónoma –o de capacidad de influencia suficiente sobre los órganos de gobierno europeos– para utilizar la tecnología espacial como herramienta de influencia política y cooperación en otros ámbitos, y muy en particular el de la seguridad y defensa.

No es el objetivo de este documento definir una política espacial completa que permita atender estos objetivos. Sí es interesante sin embargo mencionar algunas líneas de actuación en que podría basarse esa estrategia:

- Sobre la participación de la Administración Pública en el gobierno del sector, es importante establecer un órgano único de coordinación de carácter técnico que contemple los diferentes intereses nacionales y armonice las posiciones de las Administraciones implicadas frente a los actores privados y frente a los organismos internacionales y actores extranjeros relacionados. Como ya se mencionó anteriormente, no puede haber la imprescindible colaboración internacional sin alcanzar en primer lugar una estrecha coordinación de las diferentes Administraciones nacionales involucradas en la actividad espacial. Denominar a este órgano «agencia espacial» y dotarlo de uno u otro estatus legal es accesorio, pero no lo es de quién dependa; puesto que su misión es coordinar a organismos que pueden pertenecer a diferentes ministerios, no parecería mala idea hacerlo depender de la Presidencia del Gobierno.
- Puesto que la continuidad de la acción es fundamental para asegurar los intereses nacionales en un escenario de cooperación internacional, la estrategia espacial nacional no puede depender, en la medida de lo posible, de los presupuestos anuales. Hay que tener en cuenta que por ejemplo la acción espacial de la UE para el período 2014-2020 viene fijada por el plan Horizonte 2020 al que España inevitablemente contribuirá prorrata a su participación en el PIB de la UE. En el caso de los otros organismos espaciales en que participa, el ciclo de planificación puede ser diferente, pero es en todo caso largo, porque así lo son los plazos de desarrollo de un programa espacial. Es ilógico que los pocos o muchos presupuestos nacionales que, al margen de los que España esté obligada a canalizar a través de esos organismos, se planifiquen

en plazos más cortos que aquellos. Los planes nacionales deben pues dotarse de presupuestos plurianuales.

- Como corolario de lo anterior, y puesto que el ciclo de planeamiento de la actividad espacial supera al parecer la duración de una legislatura, sería conveniente hacer de la estrategia espacial nacional materia de estado, y someterla a la aprobación y control del Parlamento, asegurando un consenso amplio que permita sostenerla más allá de cambios de gobierno.
- España renunció hace años a tener una industria aeroespacial autónoma al decidir la integración de CASA en el consorcio EADS. La participación en la consolidación de la industria europea ha sido, en su conjunto, beneficiosa para el sector en España, puesto que las filiales de las empresas transnacionales surgidas del proceso han actuado como tractoras y han facilitado el acceso del resto de la industria al mercado global. Además, España es un país de tamaño medio, cuya capacidad para destinar recursos al desarrollo de una industria que todavía depende en gran medida de la inversión pública es limitada. En estas condiciones, es probablemente preferible una estrategia de cooperación internacional que favorezca el desarrollo de empresas especialistas capaces de ganar una cuota de mercado significativa en el mercado global en sus nichos de actividad, frente a otras que apoyen el desarrollo de empresas generalistas o integradores de sistemas que difícilmente van a alcanzar el tamaño crítico para competir porque el volumen de la inversión nacional no permitiría ese desarrollo.
- La estrategia de desarrollo de empresas especialistas obliga a mantener una política de cooperación internacional que permita asegurarse el suministro de sistemas completos y que abra otros mercados exteriores a aquellas empresas. La negociación de las condiciones de participación en los programas o de las condiciones de compra de los sistemas o servicios espaciales requeridos deben pues considerar el posicionamiento del tejido nacional de especialistas como suministradores en sus nichos de actividad. Este tipo de estrategia industrial posiblemente obliga a primar las participaciones pequeñas en un rango amplio de misiones de diferente tipo o las participaciones importantes en equipos o sistemas de misión (cargas útiles, centros de explotación o soporte en tierra) en tipos de misiones muy seleccionadas.
- España debe reforzar sus estructuras de representación en materia espacial en la Unión Europea y aprovechar la coordinación de las diferentes administraciones para sacar un mayor provecho de las inversiones espaciales de la UE. El balance entre el peso asignado a la ESA y el de la UE en materia de cooperación espacial debe inclinarse en favor de la segunda. Esta no es únicamente una cuestión que afecte a la Administración Pública; la industria española se ha habituado a orientar su acción comercial hacia la ESA: ha llegado el momento de cambiar el foco y dirigirla hacia la UE.

- No debe abandonarse la cooperación internacional con otras potencias, y muy en particular con EE.UU. Este país es el mayor mercado espacial del mundo y las cooperaciones bilaterales en materia espacial con su gobierno e industria son vitales por dos motivos: continuar adquiriendo y desarrollando tecnología para mantener a la industria en el estado del arte; y facilitar el acceso a la industria española a ese mercado, y a su capacidad prescriptora a nivel global. La experiencia de las empresas españolas que han conseguido establecer una presencia en aquel mercado es que esta se ha convertido después en la mejor carta de presentación para abordar otros mercados internacionales, como Oriente Medio o Asia.
- También debe utilizarse la cooperación espacial como herramienta para acceder al mercado en países emergentes. Sin embargo, habrá que tener en cuenta que si se opta por una estrategia de especialización esta cooperación puede requerir colaboraciones multilaterales, en las que participen terceras partes capaces de aportar plataformas completas.
- La estrategia espacial nacional debe ser expresa y conocida por las partes implicadas. Es posible que algunas partes de ella puedan mantenerse confidenciales por razones de seguridad nacional o de confidencialidad comercial, pero las líneas generales, los objetivos y las prioridades científicas y tecnológicas deben ser públicas.

Desde la incorporación de España al espacio, la contribución del sector público, de la academia y de la industria ha permitido desarrollar conocimiento y actividad económica. El país dispone hoy de capacidades suficientes para desarrollar con éxito una estrategia espacial basada en los principios anteriores. Es ahora materia de los actores poner los medios necesarios para ello.

Capítulo cuarto

El espacio, una realidad económica

Fernando García Martínez-Peñalver,
Manuel Gago Areces y Eugenio Fontán Oñate

Resumen

Pese a las dificultades que supone el enorme impacto de la actividad espacial en la sociedad para determinar qué debe incluirse en el análisis del sector, especialmente en el análisis económico, se ha utilizado una aproximación de fuera a dentro empezando por un análisis del sector a nivel global, en el que se presenta el volumen de negocio y la distribución geográfica de la inversión, seguido del análisis del sector en Europa, donde se identifica la concentración empresarial que se está produciendo, y, por último, se particulariza con el análisis detallado de la situación española.

Como resultado de los análisis se puede concluir que existen tres tendencias en la economía del espacio que se corresponden con un creciente interés por la inversión en el sector, el aumento de la cooperación internacional y la reducción de costes en un entorno donde surgen continuamente nuevos actores y tecnologías.

El empleo también es un elemento crítico del sector porque requiere personal de alta cualificación que desarrollan tareas de alto valor añadido. Se pone de relieve la necesidad de un modelo de carrera y de formación que fomente la incorporación de personas al sector para cubrir las necesidades de personal especializado que tienen las empresas.

Finaliza el capítulo mirando hacia el futuro económico del sector, que resulta prometedor dado el volumen de mercado esperado en los próximos años. También se proponen alternativas que permitirían incrementar la inversión pública en investigación y desarrollo sin desequilibrar las cuentas nacionales mediante herramientas que ya se están aplicando en otros países del entorno.

Palabras clave

Espacio, defensa y seguridad, economía, industria, España, Europa, I+D+i, empleo de alta cualificación.

Abstract

Despite the difficulties associated to the enormous impact that space activity has on the society to determine what should be included in the analysis of the sector, especially the economic analysis, an approximation from outside to inside has been applied, beginning with the analysis of the sector at the global level, in which the turnover and the geographical distribution of investment are presented, followed by the analysis of the sector in Europe, where the enterprise concentration in progress is identified and, finally, a concise analysis of the spanish situation is performed.

As a result of this analysis it can be concluded that three trends exist in the space economy that correspond to a growing interest to invest in the sector, the rise of international cooperation and a reduction of costs in an environment where new actors and technologies are emerging continuously.

Employment is also a critical element of the sector because it requires highly qualified personnel to develop high added value tasks. It is also highlighted the necessity of a career and formation model that fosters the incorporation of people to supply the specialized personnel demanded by the industry.

The chapter ends looking into the economic future of the sector, which appears promising given the expected market volume foreseen for years to come. Also the use of existing alternatives that would allow for an increase of public investment in research and development without affecting national accounts is proposed, already in application in neighboring countries.

Key words

Space, defence and security, economy, industry, Spain, Europe, R&D and innovation, high qualification employment.

La economía del espacio

Definir la economía del espacio es un problema complejo. Las múltiples fuentes que se pueden consultar (ESA, FAA, OCDE, EUROSPACE, SPACE FOUNDATION, etc.) aportan datos y estimaciones distintas, no siempre comparables. La principal dificultad radica en que los grupos de clasificación de actividades industriales más empleados en el mundo no incluyen al sector espacial como una categoría separada. El United Nations International Standard Industrial Clasification (ISIC) reparte la actividad espacial en distintas categorías, lo que hace difícil agregar datos del sector a nivel mundial. Lo mismo ocurre con otros índices ampliamente difundidos como los manejados por la OCDE. En ocasiones las principales fuentes disponibles son asociaciones empresariales, agencias espaciales y otros organismos, normalmente de carácter local o regional. Los datos proporcionados incluyen pues una componente de estimación o de limitación en el alcance de naturaleza no homogénea. Los datos de gasto espacial en el ámbito de la defensa, que en algunos casos pueden representar una fracción relevante del gasto total, no están disponibles en todos los países con igual transparencia.

El ámbito de lo que se considera «economía del espacio» es un elemento de complejidad adicional. Fabricantes de satélites y del segmento terreno asociado, fabricantes de lanzadores y su cadena de suministradores, industria de componentes en diversos grados de integración, incluyendo desde cargas útiles completas a componentes básicos con especificaciones espaciales constituyen lo que normalmente se llama sector industrial del espacio. El espacio incluye también un muy relevante elemento de servicios especializados, como pueden ser los de lanzamiento de satélites o los de operación y explotación de los mismos. Los operadores de satélites comerciales de telecomunicaciones son posiblemente el ejemplo más conocido.

El sector espacial ha generado a su alrededor, a lo largo de los años, una gran cantidad de actividades comerciales fuera de sus más tradicionales áreas de investigación y desarrollo. Estas actividades incluyen productos y servicios específicos, típicamente en el ámbito de las tecnologías de la información, como los decodificadores de televisión por satélite, los receptores de GPS, los servicios de localización por satélite, gestión de flotas, servicios de seguridad marítima o de seguimiento de contaminación, servicios meteorológicos, nuevos instrumentos para mejorar el control sobre la explotación de los recursos naturales, aplicaciones de gestión del territorio, de gestión de catástrofes, de ayuda a determinados procesos de recaudación fiscal, e incluso actividades relacionadas con el turismo, como vuelos suborbitales o parques temáticos del espacio.

La economía del espacio puede pues ser definida a través de muy distintas aproximaciones. Por sus productos (satélites, lanzadores, segmento

terreno...), por los servicios que proporciona (telecomunicaciones, meteorología, navegación...), por sus objetivos (exploración espacial, observación de la Tierra, seguridad y defensa, vuelos tripulados, ciencia...) o por el origen de sus fondos (público o privado, institucional o comercial) entre otras. Cada una de ellas aporta un punto de vista. Al simplificar se corre el riesgo de dejar fuera de la visión del lector aspectos importantes como el rol de la inversión de defensa en el desarrollo de la industria o la importante contribución de laboratorios, institutos públicos de investigación y universidades.

Esta complejidad, lejos de ser un hándicap para el análisis del sector es, en opinión de estos autores, una muestra del increíble impacto económico que el espacio tiene en la sociedad. Un impacto que trasciende a la concepción clásica del propio sector del espacio, que incorpora múltiples agentes de lo público y lo privado, de la cátedra y la industria, que multiplica sus efectos en la productividad, en la calidad de vida, en la seguridad, en el medio ambiente a través de una cascada de aplicaciones y servicios cuyo desarrollo sigue en continuo crecimiento a medida que evolucionan las tecnologías disponibles.

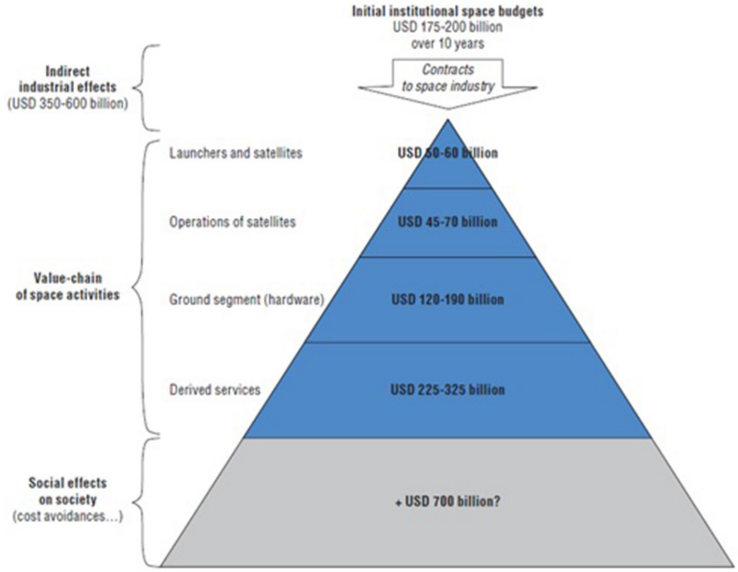


Figura 1.Cadena de efectos económicos directos e indirectos del espacio. Estimación del período 1996-2005. OCDE 2011

No es el objetivo de este capítulo desgranar en detalle todos estos aspectos, que por sí solos merecerían más de un libro. Algunas publicaciones muy relevantes y autores de reconocido prestigio internacional han tratado esto con profusión y detalle proponiendo conclusiones como las de la

figura 1. Algunas de esas publicaciones y autores las encontrarán entre las referencias de este capítulo ya que han servido de base para mucho de lo aquí volcado. Los datos así recogidos pueden presentar algunas incongruencias, explicables por la complejidad antes descrita y la diversidad de fuentes empleadas, pero son en nuestra opinión suficientemente representativos de los aspectos que se quieren resaltar y dan una buena idea de las tendencias y órdenes de magnitud que están en juego en este sector.

El sector espacial en el mundo

En los últimos 50 años los países involucrados en el espacio han pasado de ser un pequeño y exclusivo club cuyas principales motivaciones estaban en aspectos estratégicos de seguridad y defensa a incorporar a prácticamente todas las economías en vías de desarrollo del mundo. Más de 60 países han lanzado ya sus propios satélites o se encuentran a punto de hacerlo. Brasil, Corea e Indonesia están intensificando esfuerzos para unirse en la próxima década al selecto club de países que cuentan con lanzadores propios en operación. España pertenece a este último club a través de su participación en la ESA y al primero por méritos propios desde hace más de 30 años, habiendo lanzado ya más de 10 satélites.

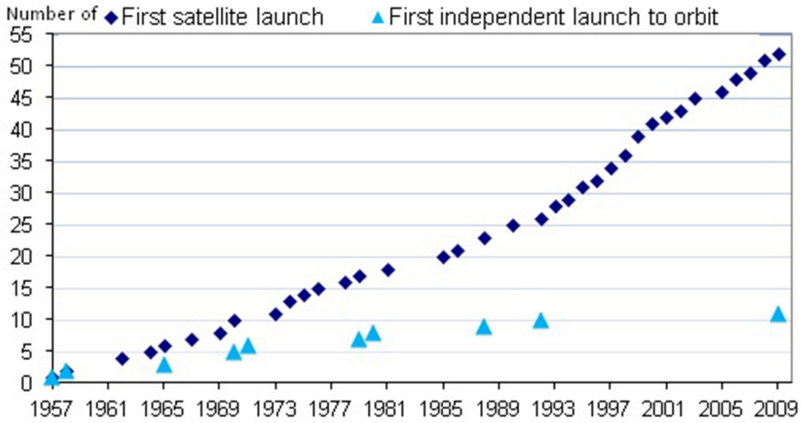


Figura 2. Evolución de países con satélites en órbita. OCDE 2011

De igual manera, el número de países que admite tener en marcha programas espaciales o presupuestos dedicados a aplicaciones civiles o militares del espacio no deja de crecer.

La economía global del espacio, de acuerdo con los datos recogidos por Space Foundation una de las bases estadísticas más consistente de que se dispone, ascendió a más de 300.000 MUS$ en 2012. Esta cifra recoge

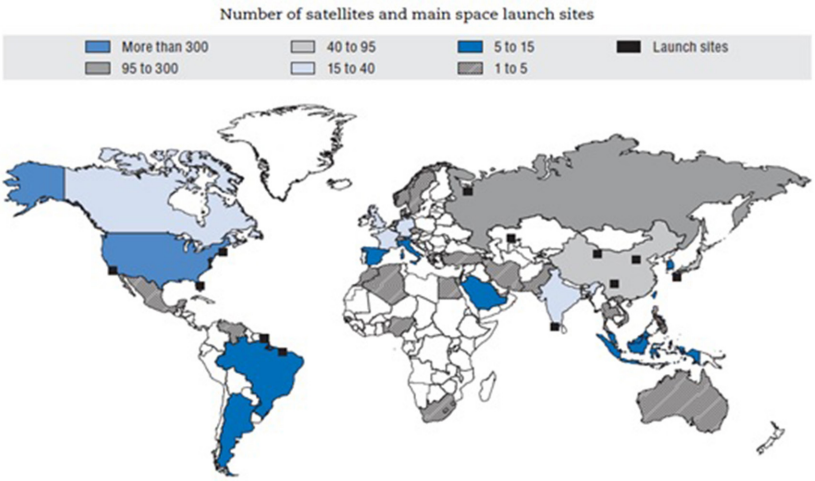


Figura 3. Países con satélites en órbita según número de satélites lanzados. OCDE 2011

tanto la inversión pública como las infraestructuras y productos industriales y los servicios derivados de la actividad espacial.

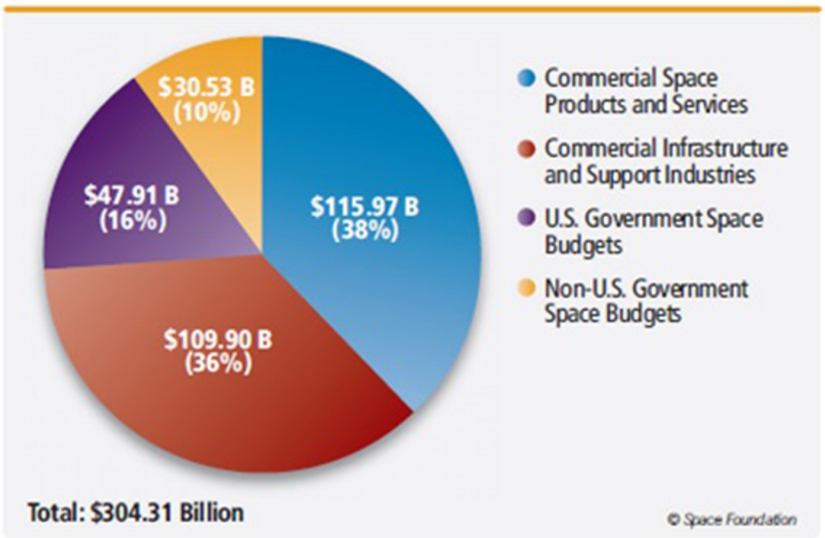


Figura 4. Actividad económica global en el espacio 2012.
Space Report 2012, Space Foundation

La actividad pública supuso según esa misma fuente 78 BUS$ (el 26% del total). Solo Estados Unidos representa el 61% de esa inversión pública. Los países del G8 (EE.UU. Japón, Alemania, Francia, Reino Unido, Italia, Canadá y Rusia) acumulaban en 2010 en torno al 80% de la actividad

púbica mundial, seguidos por los BRIC con casi un 15%. España representaría, según estimaciones propias, un modesto 0,5% del total.

La inversión en investigación y desarrollo responde a patrones similares, con el grupo de cabeza acumulando en torno al 80% de la inversión mundial publicada. Es interesante constatar que en estos países líderes en inversión espacial, la investigación dedicada al espacio supone entre un 4% y un 13% de la investigación total destinada al sector aeroespacial en general.

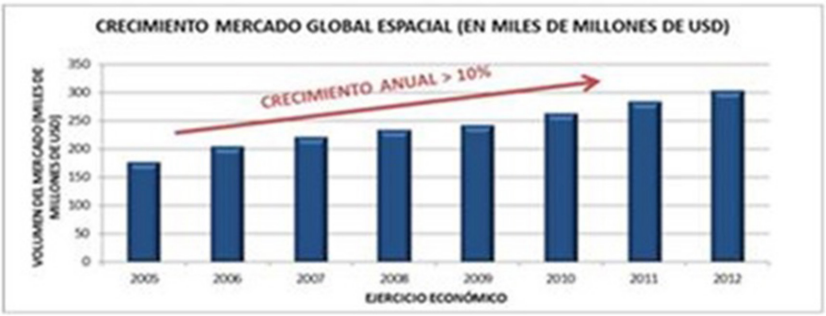


Figura 5. Crecimiento del mercado espacial mundial 2005-2012. TEDAE

En cifras globales el mercado mundial del espacio ha sido capaz de mantener crecimientos relevantes en medio de la crisis. Las tendencias indican que las economías más dinámicas como Brasil, Rusia e India han hecho crecer sus presupuestos dedicados al espacio por encima del 30% en 2012, frente a ligeros descensos en las castigadas economías del sur de Europa y mantenimientos o ligeros crecimientos en el resto del G8. Esta tendencia podría llevar a un progresivo desplazamiento del centro de gravedad de la economía espacial fuera del eje Europa-EE.UU.

Un reciente estudio realizado por Boston Consulting Group[1] en colaboración con la asociación española TEDAE distingue entre los mercados *upstream*, de operadores y *downstream*. El mercado *upstream* engloba los programas de investigación, defensa y seguridad así como industria dedicada a la construcción de instalaciones del segmento terreno (ej.: centros de control de satélites) y equipos espaciales del segmento vuelo (ej.: lanzadores, satélites). Los operadores centran su actividad en la explotación de las instalaciones y equipos espaciales para su uso civil o militar. Por último, el mercado *downstream* está enfocado en las aplicaciones y servicios vía satélite o basados en tecnología espacial.

[1] Evaluación del Impacto de la Inversión en Espacio para la Economía Española. The Boston Consulting Group, S.L. Mayo 2014.

De los 220.000 millones de euros (304 BUS$) antes citados, aproximadamente 71.000 millones corresponden a *upstream*, 13.000 millones a operadores y 136.000 millones a *downstream*. El segmento vuelo supone casi un 24% de los ingresos de *upstream*, es decir, unos 17.000 millones de euros. El segmento terreno representa por su parte un 11%, es decir, unos 8.000 millones de euros. Por otro lado, el segmento de investigación, defensa y seguridad, con 46.000 millones de euros, concentra aproximadamente el 65% del volumen de negocio del mercado *upstream*. Estas cifras ponen de manifiesto la importancia de la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías dentro del sector espacial así como su estrecha relación con la seguridad y la defensa de los países que las desarrollan.

Figura 6. Cadena de valor y tamaño del mercado global de la industria espacial. BCG

Desde el punto de vista de la producción industrial, unos pocos países dominan la escena mundial. No sorprende ver que coincide con aquellos que comenzaron antes a invertir en este sector y que han mantenido una línea constante en sus inversiones. Los Estados Unidos y Europa se mantienen como los principales productores de satélites y generadores de servicios y aplicaciones, seguidos de Canadá y Japón. Son también los principales consumidores de productos y servicios espaciales, con China, India, México y Brasil entrando en la lista de los principales mercados mundiales.

El sector espacial industrial en su parte de vuelo evolucionó rápidamente hacia una industria globalizada, por su estructura de mercado y por su sistema de producción. Las exigencias tecnológicas asociadas al coste de puesta en órbita y la no posibilidad de reparación elevan las barreras de entrada, tanto por el alto coste de entrada como por experiencia y referencias probadas (herencia). Incorporarse a la categoría de productor validado es costoso ya que se requiere una inversión muy significativa, en relación con el precio recurrente del componente o sistema, inversión

que además debe repercutirse sobre series habitualmente muy cortas. Es también complejo ya que la fiabilidad requerida para participar solo se consolida a través de las referencias en vuelo de sistemas muy similares, lo que constituye una segunda barrera a nuevos entrantes: sin referencias no hay oportunidades, sin oportunidades no hay referencias. Los inversores en sistemas espaciales son tradicionalmente pocos en número y muy cuidadosos con su inversión, ya que esta es significativa (en los cientos de millones de euros típicamente) y los plazos para su ejecución elevados (entre 2 y 5 años). Esta característica de la demanda favorece también una concentración y globalización en el segmento de vuelo. Así en el mundo existen unas pocas empresas capaces de suministrar grandes y medianos satélites y lanzadores. Aunque como veremos más adelante, algunos elementos están contribuyendo también a dinamizar este segmento de la industria.

Los mecanismos en el segmento terreno permiten una más ágil evolución tecnológica e incorporación de mejoras. Aunque los requerimientos de fiabilidad son también muy elevados, hay posibilidad de probar, con ciertas precauciones, nuevas ideas. Ello posibilita un sector más fragmentado y dinámico.

En el extremo, algunos subsectores de servicios y aplicaciones muestran una gran dinámica, con aparición casi continua de nuevos e innovadores actores que proponen y experimentan, incorporando al elemento espacial tecnologías procedentes de otros sectores para obtener resultados a veces sorprendentes. Este segmento de la industria es sin duda más abierto, más local y más intensivo en mano de obra. No es infrecuente encontrar en los países que han definido una política espacial acciones para fomentar este segmento de aplicaciones y servicios, ya que cierra el lazo del efecto positivo del espacio en la economía.

Tendencias de la economía del espacio

Crece el interés por la inversión en el espacio

Países de todo el mundo desarrollan estrategias para impulsar sus capacidades en el campo del espacio. Los nuevos entrantes se concentran inicialmente en dotarse de infraestructuras. Enseguida abordan el disponer de una capacidad científica e industrial adecuada a sus posibilidades. También los países con programas espaciales consolidados se plantean nuevas estrategias para racionalizar sus esfuerzos, relanzar su industria y para mantener su ventaja competitiva.

Los planes estratégicos y documentos de política espacial abordan temas como la cooperación internacional o la coordinación de actividades civiles y militares. Ambos asuntos están muy presentes en Europa.

La estrategia espacial francesa enfatiza el desarrollo dual civil y militar como vía para optimizar esfuerzos y mejorar capacidades industriales. El Reino Unido reestructuró recientemente su propia Agencia Espacial como instrumento para el lanzamiento de su «Space Innovation and Growth Strategy», estrategia de innovación y crecimiento en el ámbito del espacio. Alemania reformuló su estrategia espacial en 2010. Italia cuenta con un plan director 2010-2020 que pretende racionalizar la inversión y mantener la ambición. Países de menor tamaño como Finlandia o Israel cuentan con sus propios planes estratégicos en continua revisión. Sudáfrica y México crearon recientemente su propia Agencia Espacial. Bolivia ha dado un paso similar con el objetivo de gestionar el satélite adquirido a China que acaban de lanzar.

¿Cuál es la causa detrás de una dinámica mundial tan acusada? ¿Por qué el espacio, un sector industrial relativamente pequeño a escala mundial y nacional, despierta tanto interés? Existe un amplio consenso a nivel mundial de que el espacio es un motor de crecimiento económico sostenible.

Las inversiones en los programas espaciales suelen justificarse por las capacidades científicas, tecnológicas, industriales y de seguridad que aportan. Desarrollar una especialización puede permitir a un país participar más adelante en grandes programas espaciales en base a su experiencia, siguiendo el ejemplo de Canadá (en la robótica y las imágenes de radar) o de Noruega (con las telecomunicaciones por satélite en entornos difíciles, como las plataformas en el mar). El espacio es también una herramienta indispensable para la ciencia, que proporciona los conocimientos fundamentales sobre el clima, la gravedad, la vida y el magnetismo, todos los dominios científicos que rigen la vida en la Tierra.

Pero más allá de este primer aspecto, el espacio juega un papel fundamental en la sociedad moderna y tiene un creciente impacto en nuestra forma de vida. Contribuye a multiplicar el crecimiento y el desarrollo económico en muchos otros sectores. El valor de sus actividades se mide cada vez más en términos de influencia en la economía y la sociedad. En esta época de desafíos económicos sin precedentes, el espacio ha demostrado ser un elemento de estabilización de la economía.

A través de los avances tecnológicos, el espacio contribuye a la innovación. A través de la industria de fabricación y aplicaciones, crea constantemente puestos de trabajo altamente cualificados, lo que contribuye al crecimiento y la competitividad. Varias aplicaciones espaciales han alcanzado la madurez técnica y se han convertido en las fuentes de nuevas actividades comerciales posteriores, a veces muy alejadas de la investigación espacial y del desarrollo inicial. Por ejemplo, el crecimiento de posicionamiento, navegación y temporización de las aplicaciones, que dependen de señales de satélite, ha estimulado nuevos mercados comer-

ciales (por ejemplo, conjuntos de chips de GPS en los teléfonos inteligentes). A través de la utilización de los datos espaciales y su combinación con otros datos, el espacio es el origen del desarrollo de nuevos servicios que contribuyen al crecimiento en ámbitos sociales y económicos, por ejemplo la previsión meteorológica, la tele-medicina, la vigilancia del medio ambiente y la agricultura de precisión. El efecto multiplicador global de la inversión en economía del espacio se ha llegado a valorar en un factor de x60.

Pero ya Einstein escribió: «No todo lo que cuenta, se puede contar». Esto también es cierto para la diversidad de los impactos socio-económicos derivados de las actividades espaciales.

La OCDE propone y analiza en detalle una clasificación de los impactos derivados de la inversión en espacio:

- Generación de nuevos productos y servicios comerciales, incluidos los «efectos indirectos» industriales de contratos de la industria espacial, es decir, las nuevas exportaciones o nuevas actividades fuera del sector espacial.
- Ganancias de productividad/eficiencia en diversos sectores económicos, como por ejemplo la pesca o el transporte aéreo.
- El crecimiento económico regional y nacional.
- Los ahorros conseguidos al evitar elementos perjudiciales o dañinos, como las inundaciones o la evasión fiscal.

Europa ha concluido que impulsar la competitividad de los operadores en los mercados mundiales, ya sea en infraestructuras o servicios, y aumentar los servicios basados en el espacio en comparación con los servicios basados en tierra contribuye al crecimiento. En base a ello ha puesto en marcha inversiones de más de 25.000 millones de euros en programas espaciales de eminente aproximación práctica, como Galileo o Copernicus.

Aumenta la cooperación internacional

La cooperación internacional en programas espaciales sigue creciendo. Ayuda a compartir los costes de investigación y proporciona acceso a nuevas capacidades. La Agencia Espacial Europea es posiblemente el ejemplo mas claro de ese tipo de cooperación y sus efectos. Tras cincuenta años de cooperación, Europa cuenta con satélites meteorológicos y de observación, un sistema de navegación propio, capacidad autónoma de lanzadores e importantes logros en el terreno científico.

En el ámbito multinacional posiblemente uno de los ejemplos más conocido sea la Estación Espacial Internacional ISS, un muy notable fruto de la cooperación continuada por más de 15 años entre las agencias espa-

ciales de EE.UU., Europa[2], Rusia, Japón y Canadá. La ISS es un gran logro tecnológico de la humanidad, y también lo es en el campo de la organización ya que implica planificar, coordinar y gestionar una gran variedad de actividades y recursos que involucran a muy diversas organizaciones.

Acuerdos bilaterales entre Rusia y Estados Unidos trasladan a los astronautas americanos a la ISS mientras se desarrolla la siguiente generación de plataformas tripuladas. De manera semejante se organizan otros foros multinacionales con objetivos más o menos amplios como el Disaster Monitoring Constellation (DMC), que une a Argelia, Nigeria, China, Turquía, el Reino Unido y España, Asia-Pacific Regional Space Agency Forum (APRSAF) que une a Japón, Australia, Bangladesh, Brunei, Bután, Canadá, Camboya, China, Francia, Alemania, India, Indonesia, Japón, Corea, Laos, Malaysia, Mongolia, Myanmar, Nepal, Nueva Zelanda, Paquistán, Filipinas, Rusia, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Estados Unidos y Vietnam o la Conferencia Espacial de las Américas (CEA) que desde 1989 permite a 20 países latinoamericanos intercambiar puntos de vistas sobre los avances regionales en el espacio.

En los últimos tiempos multitud de acuerdos bilaterales entre agencias nacionales fijan planes de cooperación. Un modelo frecuentemente observado une a una agencia con larga tradición de un país europeo o asiático con otra de menor experiencia para desarrollar programas conjuntos y, en el proceso, industria espacial local. Sólo en los dos últimos años se han anunciado casos semejantes en lugares tan diversos como México, Sudáfrica, UAE, Brasil o Bolivia. El espacio es así un instrumento de la cooperación científica y económica internacional.

Nuevas tecnologías, nuevos jugadores, menores costes

Los costes en muchos elementos de la cadena de valor del espacio están abaratándose. Algunos nuevos entrantes y el desarrollo de nuevas tecnologías están apuntando una tendencia a la reducción de costes en algunos elementos del proceso. El emprendedor e inversor norteamericano de origen sudafricano Elon Musk fundó en 2002 SPACE-X con el objetivo declarado de dividir por 10 el coste de un lanzamiento. Su compañía es, en este momento, clave para el envío de suministros a la estación espacial internacional ISS. Los lanzadores tradicionales, incluyendo el europeo ARIANE, reaccionan con nuevas propuestas a este fenómeno. Varios grupos de trabajo en todo el mundo atacan el segmento de lanzadores ligeros con elementos reutilizables orientados a reducir el coste y el plazo

[2] Bajo la representación de la Agencia Espacial Europea –ESA– participan los siguientes países: Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Italia, Noruega, Reino Unido, Suecia y Suiza.

de los lanzamientos de satélites por debajo de 250 Kg, incluyendo a una pequeña compañía española, PLD Space, fundada en 2011.

En 2012 veinticuatro organizaciones o países pusieron en órbita 119 satélites. En 2013 ese número saltó por encima de los 200 satélites, con el sorprendente record de más de 70 satélites lanzados en noviembre de 2013 (Gunter's Space Page, http://space.skyrocket.de). Todo apunta a que este número se sobrepasará en 2014, donde ya se han lanzado casi 90 satélites a mayo, superando el ritmo del año anterior. Los denominados «CubeSats», satélites en miniatura de muy bajo coste (su módulo más básico es un cubo de 10 cm de lado), son en gran medida responsables de este fenómeno. Aunque la vida útil media de este tipo de satélites es aún corta y las capacidades operativas limitadas, el fenómeno ha dado lugar a la entrada en escena de nuevos jugadores procedentes del mundo universitario y emprendedor que ya generan nuevas y sorprendentes ideas.

SpaceWorks, en su estudio «2014 Nano/Microsatellite Market Assessment» pronostica que el número de satélites pequeños que se lanzan se multiplicará por tres entre 2013 y 2016, acercándose a las 600 unidades. Además en ese período, ya inmediato, el sector comercial tomará la delantera constituyéndose en el mayor lanzador de nano y micro-satélites, muy por encima de gobiernos y universidades. Los estudios llevados a cabo llevan a prever que el mayor crecimiento de estas nuevas plataformas se producirá en el campo de la observación de la Tierra.

El impacto en la economía del espacio de estas tendencias está aún por determinar. Sin duda este tipo de satélites requiere nuevas y más baratas estrategias de puesta en órbita. Las infraestructuras de fabricación de componentes y de integración de satélites responderán a nuevos paradigmas. Pero por encima de todo ello, dan oportunidad a una nueva generación de aplicaciones, basadas en infraestructuras más baratas, menos estables en el tiempo, a lo mejor de prestaciones limitadas, pero quizás

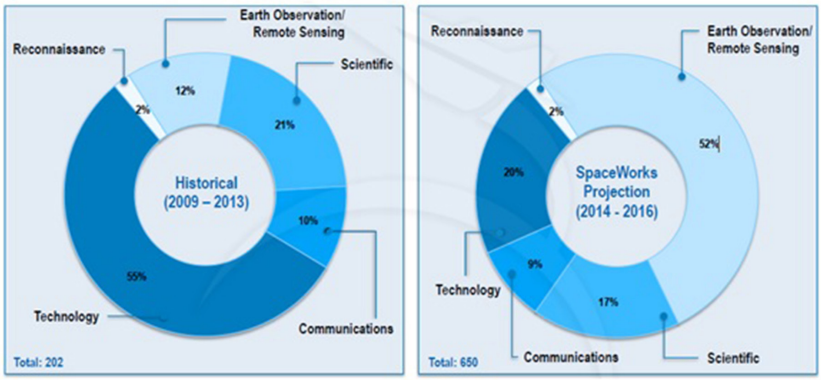


Figura 7. Tendencias en el tipo de nano y microsatélites por tipo de uso. Fuente: SpaceWorks

más eficaces desde el punto de vista del período de revisita, el tiempo de puesta en marcha o la disponibilidad. Todo un nuevo planteamiento por explorar.

Cerrando la edición de este capítulo, la compra por parte de Google de la compañía Skybox, fundada en 2009 por un grupo de emprendedores procedente del mundo CubeSat, pagando por ella 500 millones de dólares USA es sin duda un primer y gran impacto mediático relacionado con este fenómeno.

Europa y el espacio

El mercado europeo asociado al sector industrial del espacio ascendió a 6.555 millones de euros (unos 9.000 MUS$) en 2012. Aproximadamente el 52% proviene de fondos públicos europeos de diversa naturaleza, representando la Agencia Espacial Europea (ESA) dos tercios de esa cifra. Este mix no es muy distinto del que se da en el resto de las principales economías mundiales del espacio, variando quizás el peso del componente de defensa en el sector institucional.

Final sales by procuring entity Private vs Public procuring entity (M€)	2010	2011	2012	Var. 2012/11
Final sales	6146	6375	6555	2.83%
Sales to ESA	2106	2218	2269	2.30%
Sales to other European institutions (public)	1146	1220	1152	-5.56%
Sales to Public institutions RoW	541	387	499	29.05%
Sales to European private operators	760	947	873	-7.80%
Sales to Arianespace	670	715	828	15.89%
Sales Private satellite operators RoW	460	362	426	17.95%
Sales of equipment and parts RoW	344	416	364	-12.59%
Other/unknown customers	119	110	143	29.59%

Figura 8. Actividad del sector industrial europeo del espacio. Eurospace 2012

Los programas institucionales europeos se orientan prioritariamente a misiones de servicio público, como la meteorología, la ciencia, la seguridad, la navegación, el medioambiente, la exploración espacial, los vuelos tripulados o los lanzadores.

Los programas grandes, programas promovidos por la Unión Europea en el ámbito del espacio, cómo Galileo o Copernicus y más recientemente el SST, contribuyen a consolidar de manera muy clara la presencia geopolítica europea. Estos programas son sin duda de gran importancia para la industria ya que cubren una gran cantidad de áreas tecnológicas, al tiem-

po que se diseñan para consolidar una presencia tecnológica, política e industrial europea en el mundo.

La Agencia Espacial Europea, ESA, que este año celebra 50 años de los primeros pasos en la cooperación europea en materia de espacio, es el principal gestor de esos programas con los fondos provenientes de los 20 Estados miembros, Eumetsat y la propia Unión Europea. Con un presupuesto estabilizado en torno a los 3.000 millones de euros, no sólo es el principal cliente de la industria espacial europea. Su rol es difícilmente sustituible en la gestión de grandes programas, en la cooperación multinacional y, sobre todo ello, en el desarrollo tecnológico de la industria.

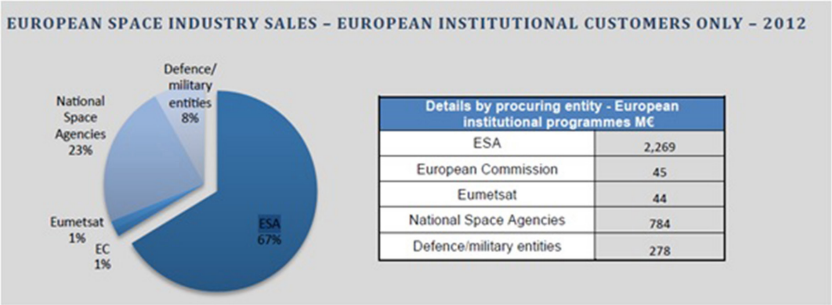


Figura 9.European Space Industry sales, institutional customers. Eurospace 2012

Muchos países europeos cuentan con agencias espaciales propias que canalizan y ordenan las inversiones nacionales en materia espacial y además hacen de interlocutor ante la propia ESA, ante otras agencias nacionales y ante las autoridades relacionadas con el espacio en la UE y otros organismos.

Figura 10. Porcentaje de exportaciones de la industria europea del espacio. Eurospace 2012

El 80% de las ventas de la industria europea del espacio se produce en Europa. El sector industrial exporta un 20% de su producción a un amplio conjunto de países fuera de la Unión Europea.

Las ventas a operadores comerciales representan 1.300 millones de euros, un 20% del total. Los satélites geoestacionarios de comunicaciones son el principal producto comercial de la industria. La naturaleza cíclica de este mercado dota a este segmento de clientes de un importante componente de estacionalidad. Este ciclo arrastra en cierta medida a la industria de los lanzadores.

Las ventas de sistemas espaciales militares en 2012 representaron 636 millones de euros, apenas un 10% de la actividad total con una caída del 25% respecto a 2011. Es de destacar que el 35% de esa cifra (226 millones de euros) se canalizó en 2012 a través de agencias públicas que compran en nombre de sus respectivos gobiernos (como el CNES francés, el DLR alemán o la ASI italiana) y otro 26% (168 millones de euros) a través de operadores privados como Airbus Services o HISDESAT.

Final sales of military systems by procuring entity (M€)	2010	2011	2012	Var. 2012/11
Civil public agencies (Europe)		190	212	11.44%
Military institutions (Europe)		396	207	-47.64%
Private satellite operators (Europe)		151	146	-3.13%
Other customers (Europe)		21	17	-20.95%
Military institutions (RoW)		14	14	2.31%
Private satellite operators (RoW)		61	22	-64.13%
Other customers (RoW)		18	17	-3.55%
Total		**851**	**636**	**-25.35%**

Figura 11. Ventas de sistemas espaciales a clientes militares. Eurospace 2012

En las últimas dos décadas, sólo un mercado de la industria europea ha crecido de manera significativa: el mercado de las aplicaciones de los satélites. El crecimiento se ha apoyado en dos tendencias: la mejora de la acción comercial en los mercados emergentes y el ciclo de crecimiento de las aplicaciones de telecomunicaciones por satélite. Los mercados de navegación y especialmente de observación de la tierra, apoyados en las capacidades desplegadas por los grandes programas de la Unión Europea y por la inversión privada y nacional, deberían sumarse a esa tendencia en la próxima década.

El sector industrial del espacio es en esencia un proveedor de infraestructura. El sector opera en el extremo superior de la cadena de valor del espacio, suministrando a los proveedores de servicios e instituciones públicas naves espaciales y lanzadores en función de sus necesidades.

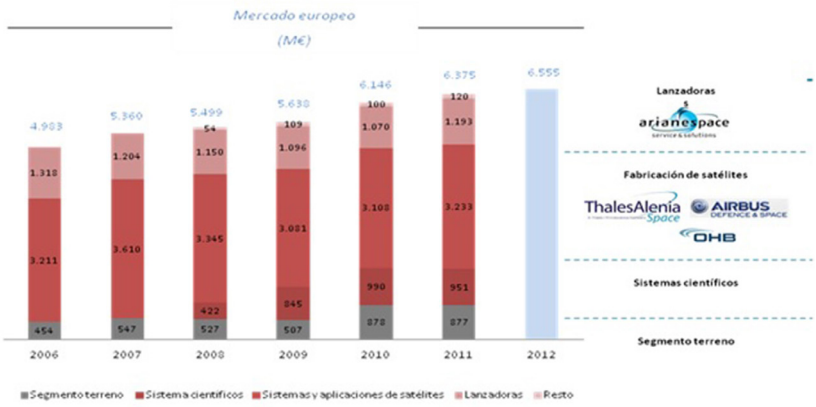


Figura 12. Mercado europeo por segmento de actividad. Eurospace 2012, elaboración propia

El núcleo de la actividad industrial espacial es el diseño, desarrollo y fabricación de satélites y de sus cargas útiles para diversas aplicaciones en los ámbitos de comunicaciones, observación de la tierra y navegación.

La segunda área de negocio por volumen de actividad es lanzadores. Tras una década de retroceso casi constante, en 2012 esta actividad experimentó un prometedor crecimiento.

Las actividades científicas incluyen una amplia variedad de sistemas y tecnologías, incluyendo entre otros la contribución europea a la Estación Espacial Internacional ISS, la exploración de Marte o los vuelos tripulados.

El segmento terreno cubre actividades industriales tan diversas como la ingeniería y servicios de consultoría, el desarrollo y la producción de estaciones terrestres y el desarrollo de medios de prueba.

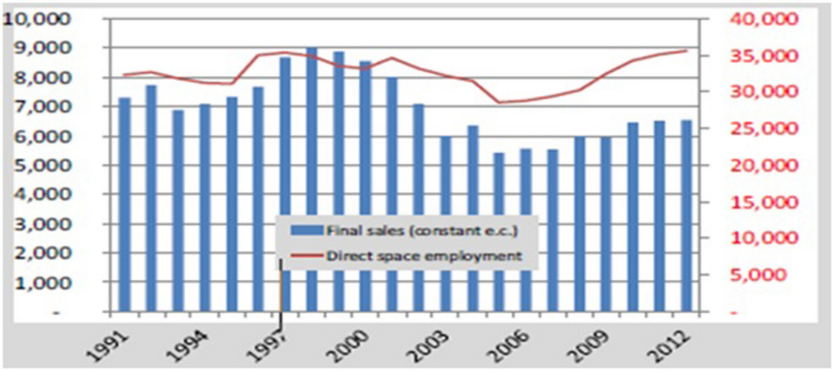


Figura 13. Evolución del empleo del sector espacial en Europa. Eurospace 2012

En su conjunto, el sector industrial da empleo directo a unas 35.000 personas, el 70% de las cuales tiene título universitario, normalmente en carreras técnicas de alta especialización. La cifra de empleo se mantiene relativamente constante a pesar de los ciclos del sector.

En las últimas décadas se han producido en la parte superior de la cadena de valor (integradores de sistemas) importantes fusiones y adquisiciones que han reestructurado el sector, acompañadas en ocasiones de estrategias de integración vertical y horizontal. El resultado es un sector industrial muy concentrado en el segmento de integradores.

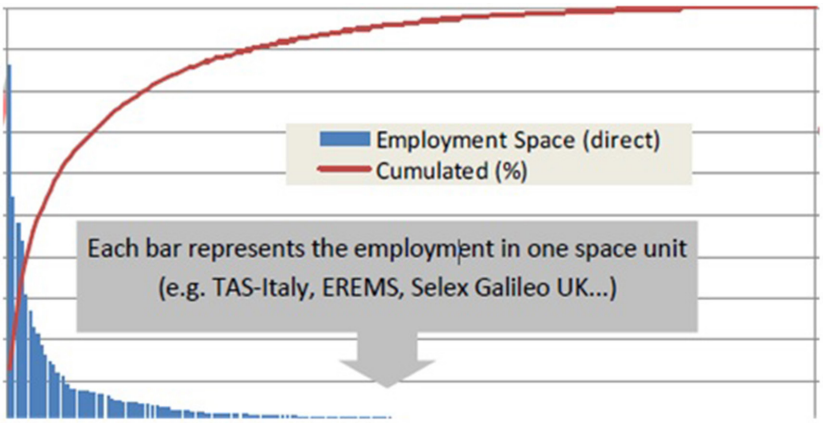


Figura 14. Empleo por unidad de empresa. Eurospace 2012

Los dos principales grupos industriales (AIRBUS y Thales Alenia Space) acumulan directamente el 57% del empleo industrial del sector y las principales unidades industriales. Las PYMES en cambio representan menos del 8% del total del empleo manufacturero de la industria espacial, siendo apenas el 50% de todas las empresas del sector industrial del espacio incluidas en las estadísticas europeas.

La empresa media del espacio tiene 174 empleados. La cifra es sin embargo engañosa. Las 30 mayores empresas acumulan el 75% de los empleados. Las 100 empresas más pequeñas apenas suman 1.400 empleados, esto es 14 empleados de media por empresa.

Esto refleja un sector muy concentrado en su capa más alta y a la vez muy fragmentado en su base, resultado posiblemente de un sector aún joven y en construcción y de la peculiar estructura cooperativa de los programas europeos, con importante atención al retorno geográfico.

Específicamente el segmento terreno se encuentra notablemente fragmentado o incorporado parcialmente en los grandes integradores, elemento poco habitual en otros sectores industriales más maduros. Es de prever una evolución que corrija o compense este aspecto.

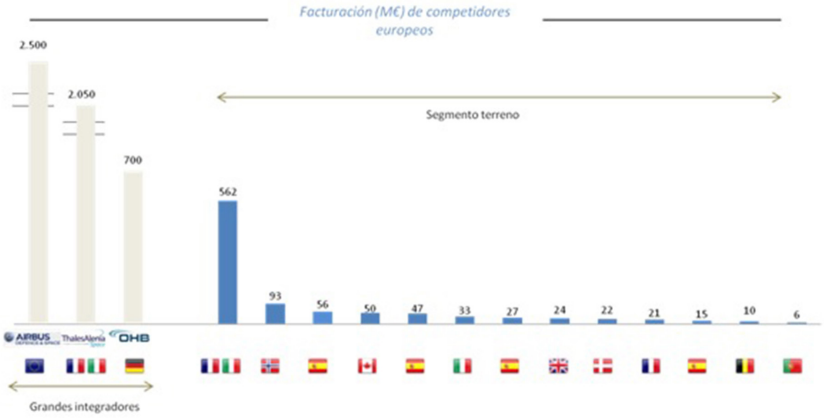


Figura 15. Niveles de concentración en integración y en segmento terreno. Cada bandera representa el país de origen de la empresa recogida en el estudio. Elaboración propia

Las capacidades industriales de espacio más grandes de Europa pertenecen principalmente a AIRBUS y Thales Alenia Space, seguidas de OHB, Finmeccanica, RUAG y Safran. La Industria se distribuye por toda Europa, con las principales zonas industriales situadas en Francia, Alemania, Italia y, en menor medida, Reino Unido, España y Bélgica.

El sector espacial en España

Caracterización del sector

España participa en el sector espacial desde 1951. Los primeros pasos consistieron en intercambios de personal con el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Fruto de aquella relación, en la década de los sesenta, se construyeron estaciones de la NASA en territorio español y nuestro país comenzó a cooperar con otros países europeos a través de la Organización Europea de Investigación Espacial (ESRO), en la que entró como miembro fundador. En 1975, España ingresa en la Agencia Espacial Europea (ESA), también como miembro fundador.

Desde entonces, en España se han desarrollado un conjunto de instalaciones científicas, empresas industriales y de servicios que la sitúan como el quinto país en importancia dentro del sector espacial europeo.

La industria del espacio cuenta en la actualidad más de veinte empresas. La asociación TEDAE agrupa a una gran parte del sector industrial del segmento *upstream*. España cuenta con dos operadores de satélites de comunicaciones. Otro conjunto de empresas operan instalaciones o desarrollan aplicaciones y servicios cubriendo en conjunto prácticamente todos los ámbitos de la actividad espacial.

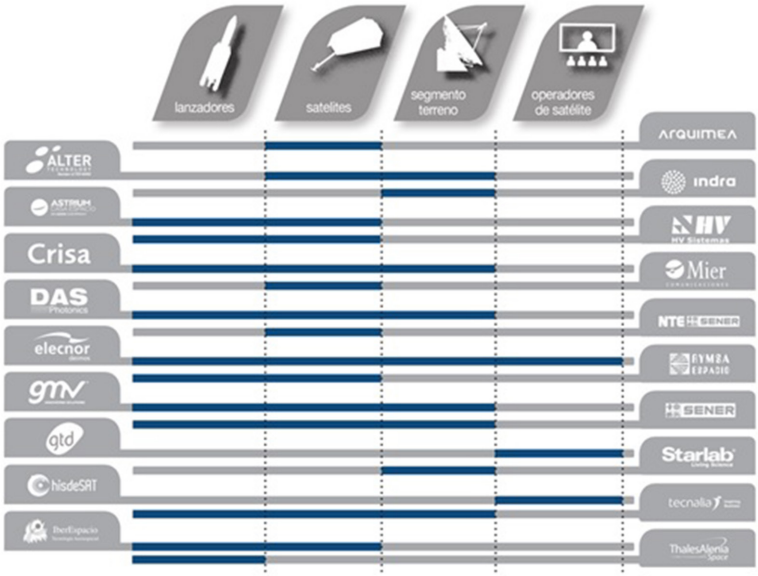


Figura 16. La industria española trabaja todos los sectores de actividad espacial. TEDAE

Muchas de estas empresas han conseguido alcanzar un posicionamiento de primer nivel en su área de especialidad, consiguiendo participar en algunos de los programas de mayor repercusión, así como realizar contratos con grandes compañías, agencias espaciales y departamentos de defensa fuera de la Unión Europea.

El sector espacial español alcanzó en 2012, en medio de un escenario incierto por la caída de la inversión pública en España, una facturación total de 737 millones de euros, máximo histórico que supuso un aumento ligeramente superior al 2% en relación al año anterior. De ellos, 478 millones de euros correspondieron a la componente más industrial y 259 millones de euros a los dos operadores de satélites de comunicaciones.

Desde 2004, el sector espacial ha logrado más que duplicar su nivel de facturación en España. En el período 2004-2010 el sector creció a una tasa media anual del 14%, multiplicando su cifra de negocio por un factor de 2,2. En el período 2010-2013 el crecimiento se ha ralentizado. Este comportamiento en un ciclo económico adverso demuestra la madurez y capacidad de resistencia del sector.

Los ingresos del segmento de vuelo representaron el 42% del total y los de segmento terreno un 21%.

La evolución de los últimos cuatro años por segmento de actividad refleja un incremento de la actividad de los operadores. En gran medida este crecimiento se apoya en una relevante presencia internacional.

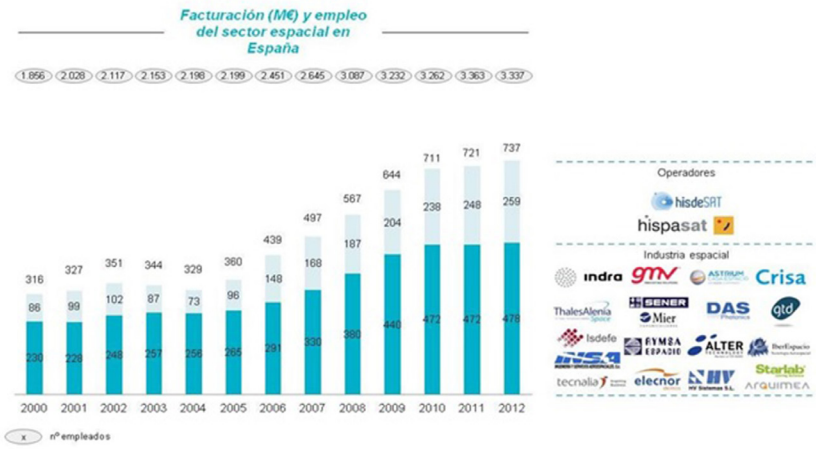


Figura 17. Actividad y empleo en la industria española del espacio. TEDAE, elaboración propia

El segmento vuelo que incluiría a los sistemas de satélites y lanzadores, ha mejorado sus cifras, lo cual pone de manifiesto el aumento de la relevancia de la empresa española en la base industrial global de fabricación y lanzamiento de satélites.

El segmento terreno, incluyendo los proveedores de servicios, ha mantenido sus cifras. Es interesante constatar sin embargo que el peso del segmento terreno en el conjunto de la actividad industrial española en el espacio es muy superior a la media europea y mundial. Mientras en cadena de valor global observamos que el segmento terreno viene a re-

presentar un 11% del segmento *upstream*, en la escena industrial española este peso aumenta hasta representar un 35% del total. Ello refleja la fortaleza relativa de las industrias españolas de este segmento en la escena europea y mundial.

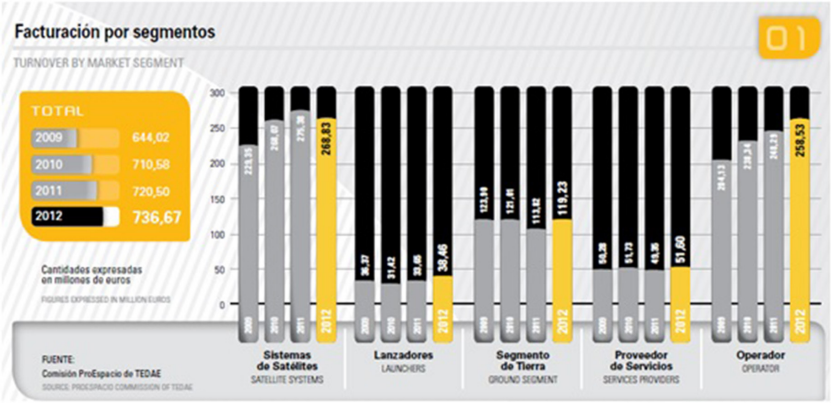


Figura 19. Actividad de las empresas del sector espacial español por porcentaje de volumen de facturación. TEDAE

El sector industrial espacial español presenta una facturación media anual de 26 millones de euros por empresa, en un abanico muy amplio que va desde 0,4 M€ hasta 105 M€. Las 8 empresas que más facturan concentran casi el 85% de la cifra de negocio del sector. Este reparto es algo más equilibrado que el que observamos en Europa, donde los tres principales integradores del sector acumulan el 80% de la actividad.

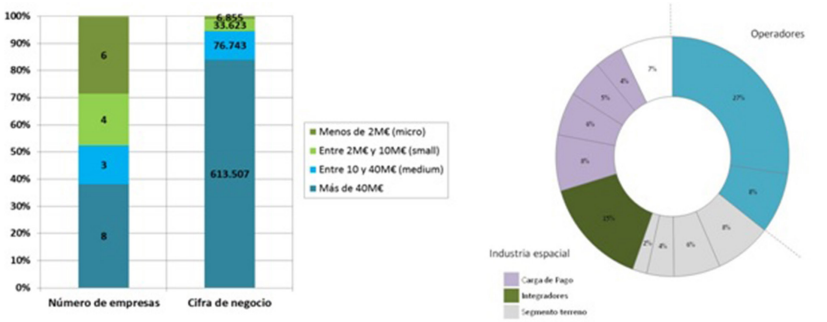


Figura 20.Análisis de niveles de concentración del sector en España. TEDAE, elaboración propia

La cifra de empleo ha experimentado en 2012 un crecimiento del 2%, similar al de la facturación, alcanzando el máximo histórico de 3.337 empleados.

El número de empleos directos generador por las industrias espaciales españolas abarca desde 10 a 550. Las 5 empresas que generan más empleo concentran más del 60% del total de empleos generados por el sector; las 11 empresas con mayor número de empleados concentran a casi el 90% del sector industrial sin considerar a los operadores de satélites de comunicaciones.

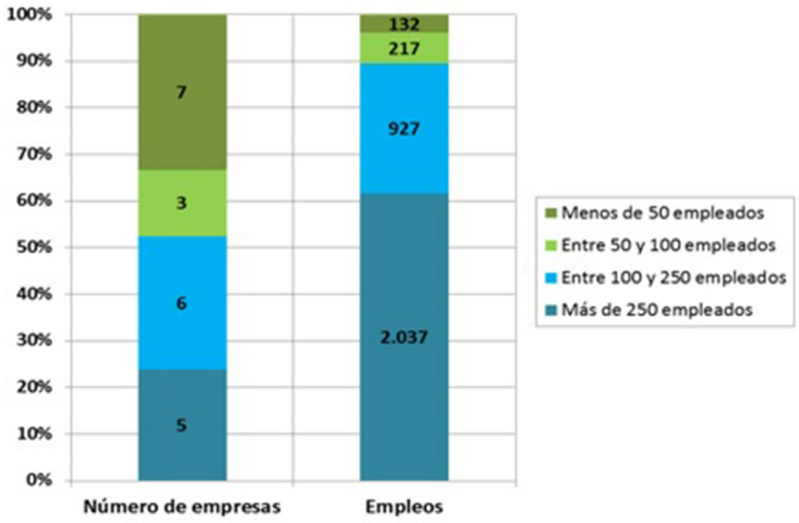


Figura 21: Distribución del empleo en el sector espacial español. TEDAE

El segmento vuelo, incluyendo sistemas de satélites y lanzadores concentra el 55% del empleo, los operadores un 3%, mientras que el segmento terreno, incluyendo servicios, más intensivo en mano de obra, recoge el 42% restante.

A excepción de los casos de Sener-NTE y del de Rymsa-Mier, no se ha producido concentración significativa en el sector. En 2006 había 16 empresas en la asociación del sector y en la actualidad el número ha crecido a 19 asociadas. En 2006 las siete mayores empresas de Proespacio facturaban el 80% del total de facturación; hoy las siete mayores empresas de la comisión Proespacio de TEDAE facturan el 79% del total.

Se cuenta en España con una relevante presencia de las principales empresas europeas del sector, que sitúan en el país algunos de sus centros de excelencia mundiales.

La industria del espacio española se encuentra principalmente radicada alrededor de Madrid, con una significativa presencia en torno a Barcelona y Sevilla.

El sector español del espacio exportó en 2012 el 71% de su actividad. La UE, excluido España, es el principal destino de esas exportaciones, repre-

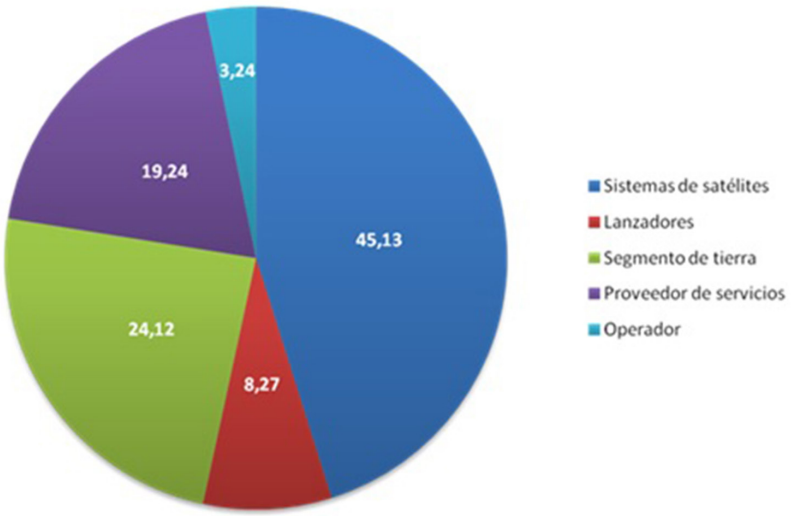
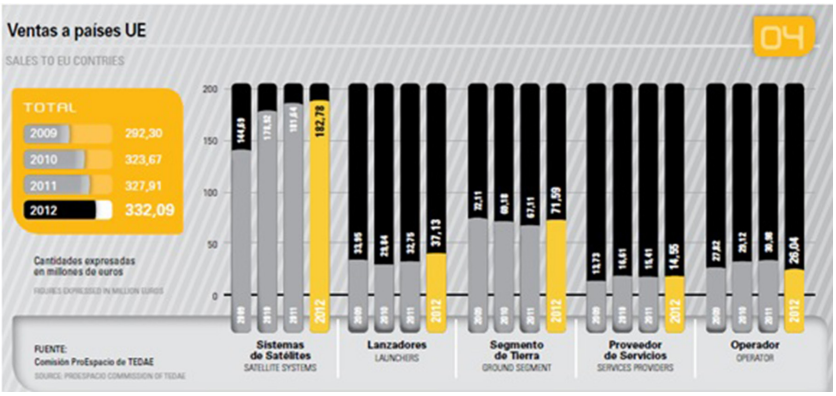


Figura 22. Empleo del sector espacial en España por segmentos de actividad. TEDAE



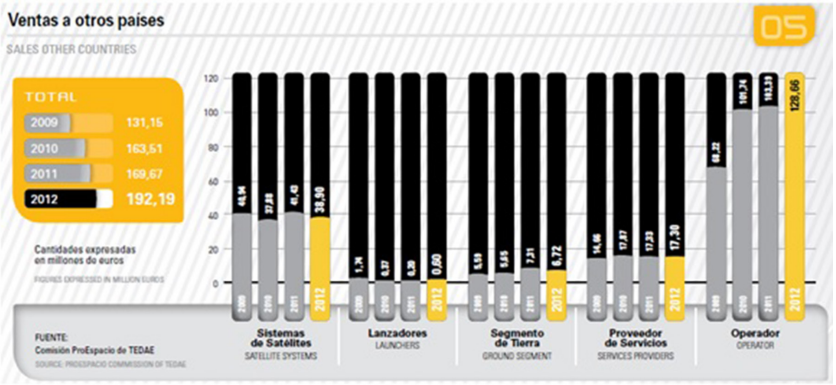


Figura 23 y 24. Ventas a países de la UE y a otros países por segmento de actividad. TEDAE

sentando un 45% de las ventas totales. Las ventas a países fuera de la UE suman 192 millones de euros, un 26,1% del total, cifra que compara favorablemente con la media europea del sector, que situábamos en un 20% de actividad exportadora fuera de la UE. La actividad de los operadores de satélites de comunicaciones aporta un peso significativo a este dato.

La actividad científica en proyectos espaciales se regula hasta el año 2007 a través del Programa Nacional de Espacio. La Subdirección General de Proyectos de Investigación, del MICINN define entonces el Plan Nacional de I+D+i (período 2008-2011) que se articula en torno a 10 sectores, incluido el Aeroespacial. Consolidando una tendencia ya manifestada en el plan anterior, se produce un crecimiento importante (cualitativo y cuantitativo) en el número de proyectos con participación española, alcanzando en 2009 la cifra de 21 M€ la inversión de la administración en proyectos científicos espaciales. En 2010 se invierte nuevamente la tendencia debido a los recortes presupuestarios derivados de la crisis.

Las aportaciones del Plan Nacional se centran en el desarrollo de cargas útiles fomentando la participación de Investigadores Principales (IP's). Crece en el período el número de Universidades e Institutos con capacidad científica y tecnológica para participar en este tipo de proyectos (INTA, IAA, IAC, IEEC, UV, ICM, UB, UC, UAH, ICM-CSIC, UPM, UPC...).

La actividad científica genera también un aumento del número de contratos industriales. Si bien dicha participación es muy variable, aproximadamente un 35-40% de los presupuestos tienen retorno industrial, lo que equivalente a unos 7M€ anuales actualmente.

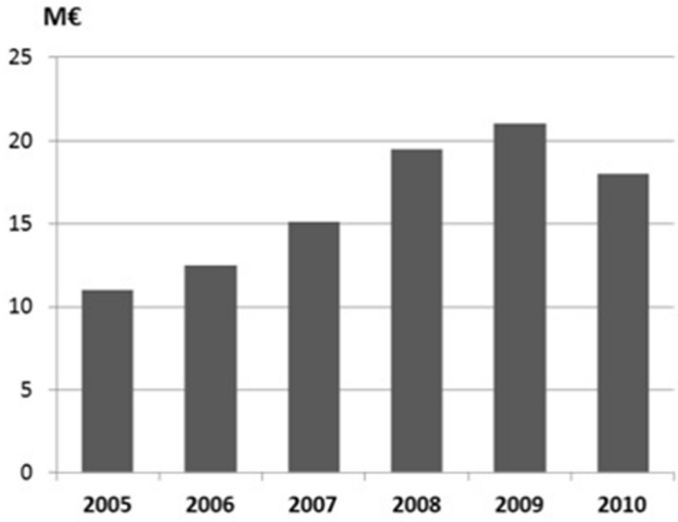


Figura 25.Inversión del Plan Nacional de I+D+i en programas espaciales. Fuente SGPI

La participación española en la ESA

La Agencia Espacial Europea, ESA, es una organización intergubernamental cuyo objetivo es promover la cooperación e impulsar la investigación, tecnología y desarrollo de infraestructura espacial. Está compuesta a fecha de hoy por 20 Estados miembros. España es uno de los 10 socios fundadores junto con Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Italia, Reino Unido, Suecia y Suiza. Desde su fundación en 1975, la ESA ha desarrollado con éxito 70 misiones espaciales y su lanzador Ariane ha realizado más de 200 misiones.

Su actividad se agrupa en las 10 áreas que se muestran en la siguiente figura y que están estructuradas en programas obligatorios y programas opcionales. Todos los Estados miembros participan en los programas obligatorios siendo su contribución proporcional a su PIB. En los programas opcionales los Estados miembros tienen plena libertad para decidir su grado de participación, si bien todos los países tienen una participación global en programas opcionales en el entorno de su peso por PIB.

PROGRAMAS OBLIGATORIOS	PROGRAMAS OPCIONALES
1. Ciencia del Espacio	3. Vuelos tripulados
2. Programa básico de tecnología	4. Telecomunicaciones
	5. Observación de la Tierra
	6. Lanzadores
	7. Navegación por satélite
	8. Exploración robótica
	9. Space Situational Awareness (SSA)
	10. Programa avanzado de tecnología

Figura 26. Áreas de trabajo de la ESA. TEDAE

El Consejo es el órgano de gobierno de la ESA que establece las líneas básicas de actuación. Todos los Estados miembros están representados en el Consejo y tienen un voto. Cada tres o cuatro años, el Consejo se reúne a nivel ministerial en lo que se conoce como Conferencia Ministerial (CM). La CM es una reunión de extraordinaria importancia donde se establecen objetivos y prioridades, se decide sobre la continuidad de los programas en marcha, la aprobación de programas nuevos y el establecimiento de envolventes presupuestarias, que definen los compromisos financieros plurianuales de los Estados miembros. El resultado de la CM marca el devenir del sector espacial europeo para los siguientes años.

La figura 27 muestra las cuantías comprometidas por España en los programas obligatorios y opcionales de la ESA en las cuatro últimas conferencias ministeriales. El gráfico de la derecha dibuja el porcentaje de participación español únicamente en los programas opcionales.

	Programa Obligatorio			Programas Opcionales		
	ESA	España	% ESP	ESA	España	% ESP
CM01	2.644	180	6,8%	5.139	263	5,1%
CM05	3.032	221	7,3%	5.059	330	6,5%
CM08	3.109	248	8,0%	6.498	398	6,1%
CM12	3.557	302	8,5%	5.800	83	1,4%

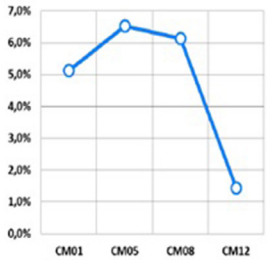


Figura 27.Cantidades comprometidas por España en los Consejos de la ESA de 2001 a 2012. TEDAE

Como ya se ha indicado, la participación en el programa obligatorio se calcula de forma automática proporcionalmente al PIB de los Estados miembros. Esta cuantía se usa preferentemente para financiar los gastos operativos de la Agencia en los siguientes 4 años y para abordar programas de ciencia básica que de otro modo no conseguirían el interés concreto de los países. El impacto industrial es por lo tanto reducido.

En lo que se refiere a programas opcionales, España venía realizando un esfuerzo importante de convergencia hacia el objetivo del 8%, porcentaje próximo al peso español por PIB dentro de la ESA y por consolidarse como el 5° inversor en el espacio en Europa, después de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia. Las circunstancias derivadas de la delicada situación económica atravesada por España entre 2008 y 2013 truncaron

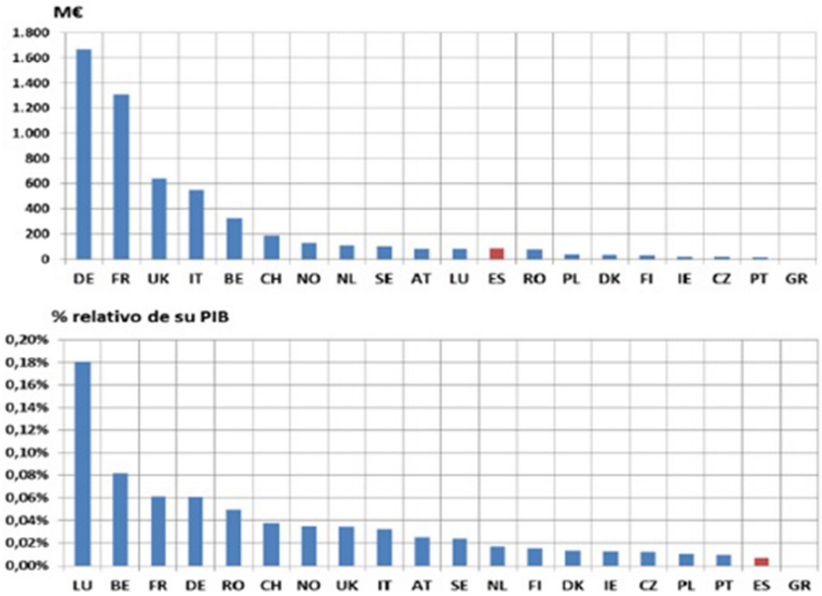


Figura 28. Aportaciones opcionales comprometidas por los países en la CM12. TEDAE

esa tendencia. En la CM12 la aportación española se desplomó, cayendo a un 1,4% del presupuesto planteado por la ESA, el nivel histórico más bajo de la aportación española.

Hay que señalar que los programas opcionales tienen una importancia capital para la industria. En ellos se abordan programas esenciales y de enorme proyección como son los de lanzadores, navegación por satélite, observación de la Tierra, vigilancia del espacio y telecomunicaciones. En estos programas opcionales los Estados miembros participantes con frecuencia pueden negociar el tipo de actividades a realizar por su industria y, como resultado, ésta obtiene contratos de mayor interés tecnológico y de mayor proyección de futuro. Además permiten asumir posiciones de mayor liderazgo a la industria española. Los programas opcionales tienen por consiguiente gran valor tecnológico y estratégico para la industria.

En años anteriores la inversión española se ha concentrado en términos absolutos en los programas de observación de la Tierra, telecomunicaciones, exploración y lanzadores, y en menor medida navegación y tecnología. En términos relativos la participación ha sido muy destacada en el programa de vigilancia del espacio SSA/SST, donde España ha apostado por un papel de liderazgo en su fase inicial de programa preparatorio aprobado en la CM08, seguida de navegación, tecnología y telecomunicaciones, donde España ha optado históricamente por invertir por encima de su PIB.

Las complicadas circunstancias presupuestarias españolas que coincidieron con la celebración de la CM12 se concretaron en una aportación nula en cuatro líneas de programas que habían sido prioritarias hasta la fecha (SSA, navegación, tecnología y telecomunicaciones), muy pequeña en lanzadores y con un severo recorte del 40% en observación de la Tierra.

Al cierre de esta edición, una vez reconducida la situación económica general del país, estos autores conocen del esfuerzo que está haciendo la administración española por reconducir la situación, promoviendo aportaciones adicionales cuya cuantía aún está pendiente de concretar y recuperando terreno perdido en algunos programas clave en complejas negociaciones europeas. Realmente consideramos esencial el éxito de este esfuerzo para el futuro del sector industrial español del espacio.

Aporte del sector espacial a la productividad y las exportaciones

El ya citado estudio recientemente realizado por BCG concluye que, dentro del conjunto de la industria española, el sector espacial ocupa una sólida posición competitiva debido a su intensidad exportadora y a la productividad de sus empresas. Estos dos factores confieren al sector

espacial una alta capacidad de crecimiento durante ciclos económicos favorables y una gran solidez durante ciclos económicos adversos.

Desde el punto de vista de la productividad, medida como valor añadido bruto por persona ocupada, la industria espacial superó los 106.000 euros en 2012, frente a la media de 53.000 euros del conjunto de la industria española, situándose por encima de la mayoría de sectores industriales. La alta productividad del sector se debe, entre otros factores, a la elevada cualificación de su empleo, y no hace sino reforzar su posicionamiento como uno de los sectores con mayor potencial de desarrollo a medio y largo plazo.

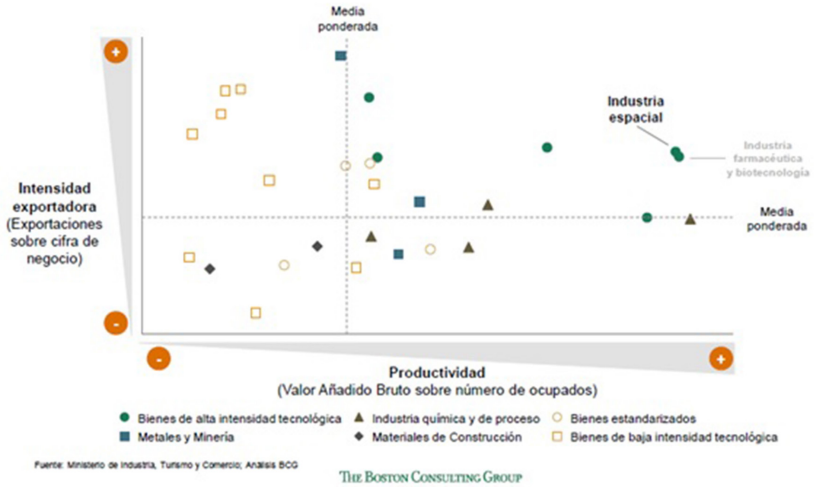


Figura 29.Estudio de BCG sobre los principales sectores industriales en España. MINETUR, BCG

Otro de los elementos diferenciadores del sector espacial frente a otros sectores industriales es el gran esfuerzo que realiza en investigación, desarrollo e innovación. Las empresas industriales dedican de media el 2,1% de su valor añadido bruto a actividades de I+D+i. Por su parte, las empresas industriales del sector espacial dedican aproximadamente un 4,7%, en línea con las grandes empresas del sector a nivel internacional. Estas cifras corresponden a una inversión financiada exclusivamente con fondos privados, por lo que se verían incrementadas si también se tuviera en cuenta el I+D+i financiado con fondos públicos.

Por otra parte, la industria espacial, con más del 71% de su facturación destinada a las exportaciones, se sitúa muy por encima del conjunto de la industria española, que en 2012 alcanzó un nivel medio de exportaciones del 47%. La elevada intensidad exportadora del sector espacial reduce su dependencia de la demanda interna y pone de manifiesto su alta competitividad internacional.

Empleo espacial en España

El sector espacio español emplea a más de 3.300 personas con una elevada cualificación media. Según los últimos datos disponibles, incorpora a 2.310 licenciados, ingenieros y directivos, a 768 técnicos y a 259 administrativos en 2012, lo que refleja la especial naturaleza de su mercado de trabajo. La evolución del empleo en el sector ha sido muy estable durante los últimos años, en contraposición con los descensos de empleo que han experimentado el total de los sectores en España.

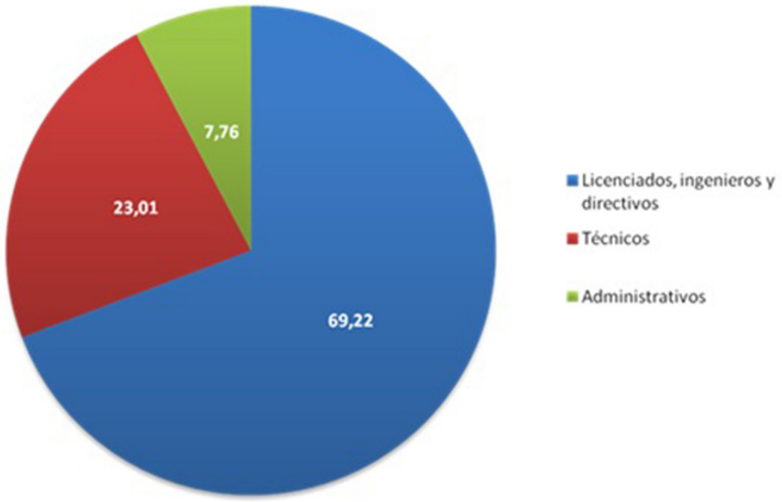


Figura 30. Empleados por cualificación, %. TEDAE, 2012

En términos generales, el sector espacio presenta mayor estabilidad que el resto de sectores en prácticamente todos los países.

Los niveles de formación de los profesionales del sector espacio son superiores a la media de la cualificación en otros sectores de la economía, tanto de la industria como de los servicios. Casi el 70% de las personas que trabajan en el sector son titulados superiores. De entre todos los titulados superiores destacan los ingenieros (telecomunicaciones, aeronáuticos, etc.).

El índice de actividad e inversión en formación continua entre las empresas del sector espacio en España es superior al del resto de sectores, confirmando los elevados niveles de formación requeridos dentro de la industria del espacio.

El mantenimiento y crecimiento continuado de la base científica y tecnológica del sector es un elemento clave revisado con asiduidad en todos los informes europeos y mundiales del espacio. La industria del espacio

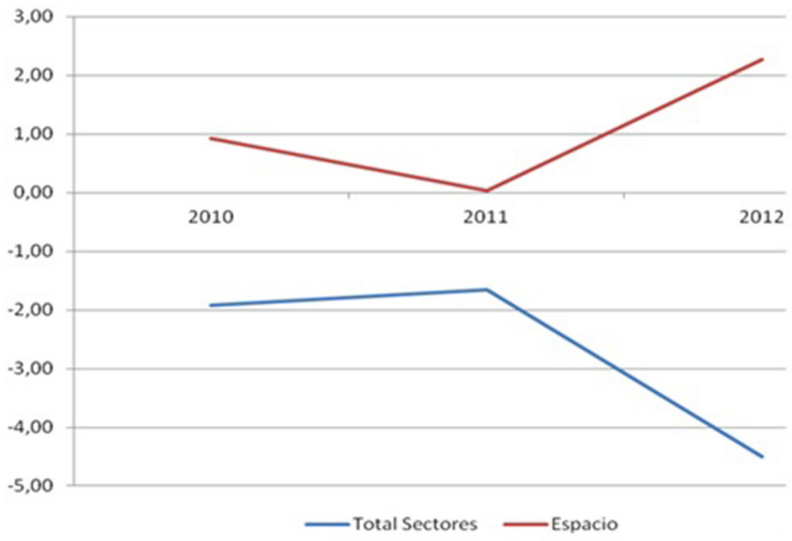


Figura 31. Variaciones del empleo, %. INE, TEDAE

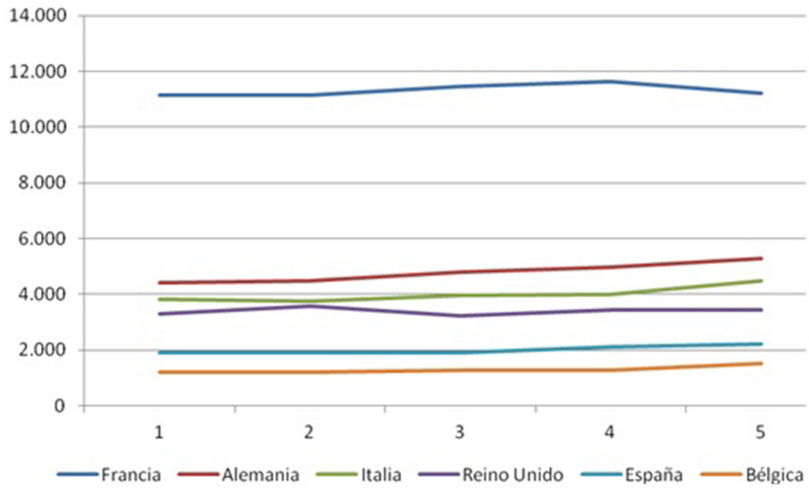


Figura 32. Evolución internacional del empleo del sector espacio. Eurospace

a nivel global se fundamenta en un suministro continuo de graduados universitarios en los campos de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. En este contexto, atraer talento hacia el sector espacial se convierte en uno de los retos fundamentales del sector. Merece la pena pues revisar la situación en España y las acciones que se están llevando a cabo.

El programa para la evolución internacional del estudiante (PISA 2006) analizó con detalle las orientaciones y actitudes de los estudiantes hacia las ciencias. Algunos datos relevantes sobre opiniones obtenidos para el caso de España fueron los siguientes:

AFIRMACIÓN	%
La ciencia tiene valor para la Sociedad	87,6
La ciencia es muy importante para mí	58,6
Se me dan bien las ciencias	51,8
Grado de interés por temas de astronomía	43,4
Disfruto haciendo problemas de ciencias	27,4
Me gustan los libros de ciencias	44,6
Me gustaría trabajar en proyectos científicos profesionalmente	26,3

Figura 33. Estudiantes de 15 años que opinan sobre las distintas cuestiones relacionadas con la ciencia. Informe PISA, 2006

Como se puede apreciar, en general, existe conciencia de la importancia de la ciencia para la sociedad, aunque la orientación profesional hacia esta rama de actividad presenta niveles bajos.

En España existe una serie de importantes universidades con elevados niveles de calidad, capaces de ofrecer profesionales altamente cualificados al sector espacial. Sin embargo la tendencia en la matriculación de estudiantes de ingeniería ha sido dispar en los últimos años:

	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Indices (Base 2000/2001=100)						
Ingeniería Aeronáutica	120,8	132,37	144,68	156,63	170,44	151,24
Ingeniería Industrial	90,64	86,96	85,14	85,68	86,83	72,17
Ingeniería de Minas	72,64	65,93	61,87	59,41	61,11	52,52
Ingeniería Naval y Oceánica	80,02	79,32	76,35	79,93	89,88	80,89
Ing. de Telecomunicación	106,92	99,09	89,24	81,27	76,97	59,56
Ingeniería Informática	116,59	108,53	96,44	86,82	77,43	57,31
Ingeniería Electrónica	59,15	50,52	42,53	38,43	33,12	29,36
Ing. en Organización Industrial	164,96	166,37	156,12	163,88	174,28	177,69
Ingeniería de Materiales	181,76	168,69	145,72	131,08	164,41	138,74

Figura 34. Evolución de alumnos matriculados en diversas ingenierías. INE

La ingeniería que cuenta con el mayor índice de crecimiento en los últimos años es la de organización industrial. Por el contrario, la ingeniería de telecomunicaciones (tradicional proveedora de ingenieros para el sector espacial) ha experimentado una evolución negativa en número de matriculaciones. La ingeniería aeronáutica, muy relevante dentro del sector espacial español, ha experimentado crecimiento sostenido de matriculaciones.

Estos datos ponen de relieve que los jóvenes optan por unos u otros estudios en base a la vocación por una parte y a la posibilidad de encontrar empleo por otra.

El sector espacio cuenta con la competencia de otros sectores como el informático o de los videojuegos y es percibido, posiblemente, como un sector volátil de cara a conseguir empleo.

Como consecuencia de todo ello, muchos responsables del sector espacio afirman que se está produciendo un problema generacional con respecto a los ingenieros. Un alto porcentaje de los ingenieros que hoy trabajan en la industria espacial están «finalizando sus carreras» y la tasa de relevo generacional no es suficiente. Esta situación, general en Europa e identificada también en las agencias gubernamentales de EE.UU., no se produce en los países emergentes. En China, país en el que la apuesta por la industria del espacio es muy relevante, gran parte de los ingenieros actuales que trabajan en el sector espacio son jóvenes licenciados.

Para atraer talento hacia el sector espacial resultan necesarias políticas que trabajen desde la base y que aúnen los esfuerzos de universidades, empresas, colegios e instituciones públicas.

Parece necesario realizar un esfuerzo en materia de sensibilización que acerque el sector del espacio al sistema educativo con el fin de ir incorporando a los profesionales que serán necesarios en el futuro. A juicio de los responsables de algunas facultades de ingeniería, «no hay demasiados estudiantes con vocación al sector espacio, pero los que hay están muy comprometidos».

Las empresas apuestan por el talento y muestran gran interés en incorporar a los mejores ingenieros y licenciados en sus plantillas. Los perfiles más demandados son ingenieros aeroespaciales, informáticos, de telecomunicaciones e industriales.

A nivel general, las universidades son objeto de valoraciones positivas por la mayor parte de los responsables empresariales del sector espacio. De hecho, las empresas colaboran activamente con la universidad en la incorporación y apoyo de los estudiantes, con programas de prácticas o apoyos en las realizaciones de proyectos fin de carrera o tesis doctorales. Sin embargo, las colaboraciones son muchas veces puntuales, faltando mecanismos continuados y estables de colaboración.

Cada año se incorporan personas recién tituladas a las plantillas de estas empresas y son formadas dentro de la propia empresa en todas aquellas cuestiones necesarias para desempeñar sus responsabilidades en el puesto de trabajo.

En algunos casos, junto a los ingenieros españoles, las empresas atraen talento de universidades internacionales. Por el contrario, son también

muchos los universitarios españoles que buscan fuera de nuestras fronteras la posibilidad de incorporación profesional. El carácter global del sector espacial justifica estos movimientos.

A pesar de que el nivel académico de la universidad española es, a juicio de los representantes de las empresas del sector, adecuado, es importante continuar realizando un esfuerzo en adaptar los contenidos de los programas formativos a las necesidades de las empresas, potenciando aspectos como el diseño eficiente o habilidades propias de empresa que incluyan aspectos como el compromiso con el trabajo.

Desde que un nuevo titulado se incorpora en una empresa hasta que desarrolla el cien por cien de su rendimiento, pasa un tiempo considerable. Es necesario continuar el trabajo conjunto entre el sector y la universidad para reducir al máximo estos tiempos. Por otra parte, en ocasiones no se encuentran los perfiles concretos realmente demandados, de ahí la necesidad de continuar realizando un esfuerzo de acercamiento entre universidad y empresa.

En este sentido, son destacables algunas experiencias realizadas. A modo de ejemplo, durante 4 años y hasta 2012 la Universidad Politécnica de Madrid realizó un Máster en Tecnología Espacial. Con el fin de adaptar cada vez más los contenidos universitarios a la industria, la UPM ha creado el Itinerario Espacio Seguridad, dentro de la Ingeniería de Telecomunicaciones, en el que se ven cuestiones aplicables directamente a la industria espacial. Desde la universidad se fomenta la asistencia de los alumnos a congresos internacionales, la presentación a concursos internacionales y otras actuaciones.

En lo que se refiere a la formación profesional, la otra gran fuente de profesionales para el sector, resulta necesario revisar los itinerarios para adaptarlos lo máximo posible a las necesidades del sector. Se echan en falta perfiles industriales concretos. Esta situación obliga a las empresas a invertir una gran cantidad de recursos de tiempo y dinero en conseguir los profesionales necesarios. Impulsar propuestas como las escuelas de aprendices pueden ser iniciativas de interés en este ámbito.

Mirando hacia el futuro

Oportunidades para el sector industrial del espacio en España

El mercado total (upstream) accesible a la industria espacial española (excluyendo operadores) ha sido estimado por la Comisión de Espacio de TEDAE en 10 mil millones de euros para 2013. Dicho mercado tiene una componente comercial mayoritaria (el 52%) y una componente institucional europea muy importante, constituida por la ESA (31%), los programas

espaciales de la UE (14%) y Eumetsat (2%). La componente nacional se estima en apenas un 1% de dicho mercado accesible. Por tipo de misión el mercado accesible a la industria española está compuesto por telecomunicaciones (30%), lanzadores (25%), observación de la Tierra (15%), ciencia y exploración espacial (11%) y navegación por satélite (7%).

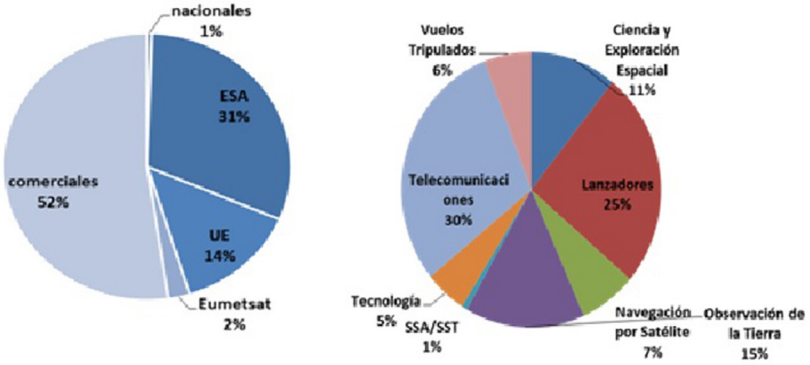


Figura 35. Desglose del mercado accesible a la industria española en 2013. TEDAE Proespacio

En dicho mercado el conjunto de la industria española realizó en 2013 algo más de 410 millones de euros, lo que supone una cuota de mercado del 4,1%. La figura que sigue muestra el desglose de cifra de negocio y cuota de mercado tanto por segmentos de actividad como por origen de financiación. Es importante destacar que la ESA representa el motor principal de la industria nacional con un 37% de la cifra de negocio dependiente de programas de dicha agencia. El mercado comercial se sitúa en segundo lugar suponiendo un 28% de las ventas. Por tipo de misión resulta destacable la

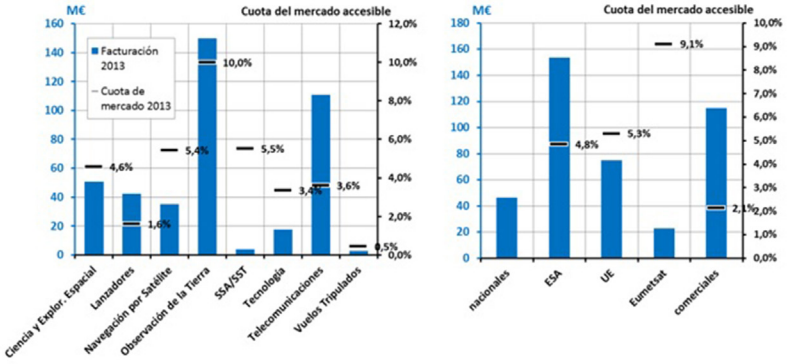


Figura 36. Desglose de la cifra de negocio correspondiente al ejercicio 2013 y cuota de mercado accesible equivalente de la industria espacial española por origen de financiación y por tipo de misión. TEDAE Proespacio

importancia de las misiones de observación de la Tierra y de telecomunicaciones; es así mismo particularmente destacable la cuota de mercado de la industria española en observación de la Tierra.

De acuerdo a los estudios realizados por TEDAE el mercado total accesible a la industria española será cercano a los 13 mil millones de euros en 2020. La evolución prevista de los distintos segmentos de mercado se muestra en la figura 37, con un significativo crecimiento de los programas espaciales de la UE (+86%), así como los programas comerciales (+21%). El mercado ESA se espera permanezca estable, creciendo Eumetsat un 20%. Por tipo de misión los principales vectores de crecimiento provendrán de vigilancia del espacio SST (+140%), navegación por satélite (+86%) y observación de la Tierra (56%). El mercado nacional se espera aumente hasta alcanzar una cifra cercana a los 90 millones de euros anuales.

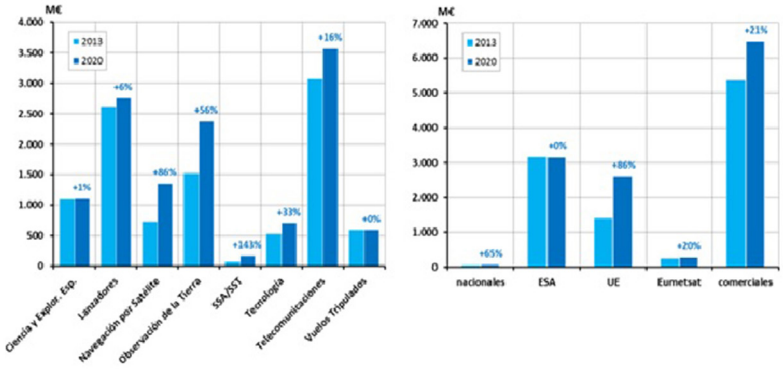


Figura 37. Evolución prevista del mercado espacial upstream accesible a la industria espacial española del 2013 al 2020. TEDAE Proespacio

De acuerdo al análisis realizado por TEDAE Proespacio, la industria española está en condiciones de capturar una cuota del mercado accesible del 6%, lo que supondría multiplicar la cifra de negocio actual por un factor de 1,8, generando de este modo 2.500 empleos. La figura anterior recoge el detalle de expectativa de cifra de negocio. Es importante destacar el gran incremento de la cifra de negocio prevista en programas de la UE, así como en el mercado comercial. Por tipos de misión el incremento de cifra de negocio afecta a todos los segmentos, de manera muy destacada en lanzadores, telecomunicaciones, navegación por satélite y observación de la Tierra.

Es importante reseñar que esta evolución prevista se apalanca grandemente en dos factores principales:

- El esfuerzo industrial por mantener un nivel técnico a la altura del reto.

- La continuidad, con un nivel de participación acorde al peso español, en los programas opcionales de la ESA.

Como ya ha sido desarrollado en el apartado 5, los programas opcionales de la ESA son de una importancia capital ya que aborda programas de gran interés tecnológico y proyección de futuro. Además permiten asumir posiciones de mayor liderazgo a la industria española que puede y debe proyectarse fuera de la Agencia hacia un éxito más sólido en los mercados abiertos de la UE, Eumetsat o en el ámbito comercial.

Inversión pública en la economía del espacio. Instrumentos para una economía del espacio

En el presente contexto de crisis económica, los gobiernos buscan definir políticas y acciones que contribuyan a acelerar el crecimiento económico prestando atención a los aspectos de innovación tecnológica, lucha contra el cambio climático y a la sostenibilidad medioambiental. Las políticas de innovación, de creación y aplicación de conocimientos, surgen como uno de los espacios más claros de la intervención pública. En otras palabras, conseguir acelerar las tasas de crecimiento económico de forma compatible con un desarrollo sostenible es un objetivo de los gobiernos cuyo logro depende esencialmente de la puesta en marcha de políticas activas de innovación.

Nuestro país, y la Unión Europea en su conjunto, necesitan políticas activas de inversión tecnológica que establezcan claramente las prioridades y respondan a un modelo de especialización científica, tecnológica y productiva que nos permita capitalizar las oportunidades que las capacidades existentes nos brindan.

El espacio, como se ha visto a lo largo de este documento, se constituye en un importante candidato a estas políticas, concentrando innovación, tecnología y capacidad de desarrollo junto con crecimiento, importantes efectos sobre la productividad general de la economía y potencial sin límites para desarrollar nuevos negocios y servicios con proyección internacional. Las oportunidades concretas para el sector industrial del espacio español han sido revisadas en detalle en el apartado 6.1 anterior.

La base de interés por la investigación espacial existe, como hemos visto, en la sociedad, y más importante, en los jóvenes estudiantes. No es necesario fomentar el interés por el espacio entre los estudiantes desde la educación básica ya que los estudiantes se interesan por el espacio por sí mismos. Lo único que necesitamos es inversión para poder mantener su entusiasmo y darles los medios para que se desarrollen.

Las políticas activas de innovación han de diseñarse no sólo para resolver los problemas presentes sino para anticipar retos futuros y han de partir

del hecho de que la magnitud de dichos retos sobrepasa los límites de intervención de los gobiernos en sus respectivos ámbitos de actuación, por lo que una estrategia política en inversión en espacio debe incorporar mecanismos de colaboración entre el ámbito público y el privado.

La componente de inversión pública en la investigación y el desarrollo de proyectos relacionados con el espacio es muy relevante ya que los retornos son de largo plazo y a la sociedad entera, y por tanto muchos proyectos son difíciles de financiar con capital privado. En paralelo, hoy en día, y debido a la situación económica global, los gobiernos de todo el mundo están obligados a replantear sus ambiciones espaciales, con lo que la carrera espacial necesita involucrar al sector privado.

Así el apoyo dado por el gobierno norteamericano al sector privado es reflejo de la dura realidad presupuestaria de Washington. Lo mismo que ocurre con otros gobiernos occidentales. La expectativa declarada por esos gobiernos es que pasando más actuaciones al sector privado y aprovechando el ahorro por la mayor eficacia que las empresas privadas pueden introducir, las agencias del gobierno puedan concentrarse en objetivos más ambiciosos de largo plazo.

Peter Hughes, director de tecnología del Goddard Space Flight Center de la NASA ha declarado que «El transbordador espacial salió demasiado caro. El sector privado promete ocuparse de la labor de transporte por mucho menos, liberando recursos para tecnologías avanzadas, y así podemos planear ir más allá de la Luna». «El sector de transporte de ida y vuelta de personas a la zona de órbita baja de la Tierra es perfecto para empresas comerciales, dejando la ciencia más potente —cuyo objetivo es Marte o Júpiter— como papel del Gobierno», recalca Robert Bishop, rector de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Marquette.

Dentro de la industria del espacio española, se cuenta con una larga tradición de participación en los organismos internacionales asociados a la economía del espacio. Se trata de un sector que trabaja para instituciones como la Agencia Espacial Europea (ESA), el International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), el Telescopio Europeo Extremadamente Grande (E-ELT), siendo importante el número de instituciones científicas que España financia en cooperación con otros países. A ellas se añaden otras instalaciones científicas y tecnológicas de las universidades, los organismos públicos de investigación, o los centros tecnológicos. Estas instalaciones científicas y tecnológicas singulares necesitan para el ejercicio de su actividad acudir a la contratación de bienes y servicios con empresas y entidades pertenecientes a los países participantes, doctores o tecnólogos, para desarrollar proyectos de investigación industrial, desarrollo tecnológico o estudios previos a la I+D.

Para la continuidad de este modelo, básico en la pirámide de la innovación, la aportación directa incorporada al Presupuesto del Estado es im-

prescindible y debe formar parte de un compromiso estable. Sin duda el caso específico de la Agencia Espacial Europea, ya tratado extensamente en apartados anteriores, es el buque insignia de esta acción para España y en el contexto europeo.

Uno de los aspectos a los que los gobiernos están prestando mayor atención es el de la promoción de la inversión privada en I+D, ya que el desfase a nivel español (y europeo) del gasto en I+D+i en comparación con países como Estados Unidos y Japón se debe en gran medida a menores niveles de inversión privada.

Las ayudas directas por parte de los gobiernos en forma de contratos, subvenciones o financiación más o menos blanda es uno de los mecanismos más empleados. En España la estrategia estatal de ayudas públicas para el fomento de actividades de I+D+i se define actualmente en el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica 2013-2016, con programas de trabajo anuales en los que se establecen los plazos, presupuestos y organismos de gestión de las diferentes áreas o programas prioritarios. En Europa la estrategia de incentivación pública de este tipo de actividades se establece en HORIZONTE 2020 (H2020).

Dentro del marco de la UE una de las formas aceptadas para fomentar la inversión privada es el empleo de estímulos fiscales a las actividades de I+D+i. Este tipo de medidas tiene la ventaja para la contabilidad pública de que no se consideran como ayudas de estado y tampoco computan en el déficit presupuestario al no considerarse gasto del sector público. La propia Comisión Europea anima a los países miembros a usar y mejorar los incentivos fiscales a las actividades de I+D+i.

Esta modalidad de incentivo constituye un potente instrumento para estimular inversiones, tanto por el alcance conceptual (incluye a la vez conceptos como la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica) como por su potencial incentivador. Sus efectos económicos pueden ser equivalentes a los de las subvenciones y, si se le da la forma adecuada, pueden alcanzar a todo tipo de empresas, ya que se trata de un sistema objetivo que incentiva la realización de proyectos concretos.

Los sistema más clásicos proponen una deducción fiscal asociada a la inversión o el gasto en I+D+i con límite en la cuota del Impuesto sobre Sociedades. Ello no supone en todos los casos una ayuda inmediata a la empresa que realiza el esfuerzo inversor, ya que esa ayuda se puede demorar varios años, hasta conseguir las cuotas suficientes para absorber la deducción. Y esto es especialmente problemático para las empresas que realizan grandes inversiones en I+D, en las empresas de nueva creación, en las que los resultados positivos pueden tardar en llegar, y en las PYMES, cuya capacidad de financiación es limitada.

Para incrementar la eficiencia de este incentivo a la inversión privada se plantean las deducciones fiscales por actividades en I+D+i, por la vía de crédito fiscal. El crédito fiscal a la I+D+i está definido como un mecanismo de financiación para las empresas que invierten, convirtiendo la deducción aplicada por este concepto en circulante a corto plazo.

Países como Francia fueron pioneros en estas medidas que sortean las limitaciones a las ayudas públicas impuestas por la CE para darle un mayor protagonismo a su sistema de fiscalidad de la I+D. Desde el año 1983, Francia tiene en funcionamiento un sistema de devolución del crédito no imputado que ayuda a la empresa sin beneficios a recibir financiación de forma inmediata.

Esta medida de acompañamiento del incentivo tiene habilitadas dos modalidades de activación. La primera de ellas en forma de devolución inmediata (esto es, el crédito fiscal se paga en el momento a la empresa) y dirigida a pymes, empresas de menos de cinco años, empresas con estatuto de joven empresa innovadora y empresas en proceso concursal.

La segunda modalidad de activación del incentivo se concreta en una devolución tras un ciclo de tres años, imputando el saldo en cada impuesto de sociedades intermediario. Es decir, se hace un balance transcurrido cada período de tres años de lo pendiente de aplicar y se paga dicho importe a la empresa.

La puesta en marcha de esta medida en Francia tuvo un impacto sin precedentes en el uso de las deducciones, puesto que cerca de 8.000 empresas se benefician de esta medida, de las que un 82,7% son pymes, lo que refleja el éxito de esta política de financiación de la I+D apoyada indistintamente desde hace 30 años por los distintos Gobiernos en Francia. Se calcula que el coste del incentivo en la actualidad es de unos 3.800 millones de euros.

Estos incentivos tienen como ventajas frente al gasto público directo:

1. No computar como gasto para medir el déficit público.
2. Recuperación inmediata, ya que la inversión efectuada se recupera a corto plazo mediante su reducción o deducción en el impuesto correspondiente.
3. Aplicabilidad universal a la que pueden acogerse todas aquellas empresas que cumplan con los requisitos legales ya que las subvenciones son mucho más restrictivas y pueden permitir favoritismos.
4. Menores costes de gestión tanto en la tramitación como en su control, ya que los sujetos deben limitarse a cumplir los requisitos formales previstos en la normativa fiscal.

Países como EE.UU., Japón, Australia, Holanda, Irlanda y el Reino Unido cuentan con créditos fiscales similares.

España puso en marcha con la Ley de apoyo a los emprendedores y su internacionalización de septiembre de 2013 un mecanismo similar equiparándose, al menos parcialmente, con otros países de nuestro entorno.

Con efectos para los períodos impositivos a partir de 1 de enero de 2013, se introdujo la posibilidad, con carácter opcional para el sujeto pasivo, de que la deducción por I+D+i quede excluida del límite establecido para la aplicación de las deducciones y se aplique, si bien con un descuento del 20% de su importe, hasta dejar a cero la cuota íntegra del Impuesto sobre Sociedades o, incluso, se proceda a su abono si esta última es insuficiente para absorber la deducción.

Este mecanismo según la norma en vigor en España está sujeto a una serie de limitaciones en importe y en condiciones (máximo de 3 millones de euros anuales por el conjunto de las actividades de I+D e innovación tecnológica y de 1 millón de euros anuales para el caso de actividades de innovación tecnológica, mantenimiento del empleo, reinversión en los dos siguientes años de la misma cifra) que acotan la universalidad de la medida. Las empresas de mayor tamaño encuentran con frecuencia pocas ventajas en su uso.

Las principales dificultades de la utilización de este tipo de incentivos se encuentran muchas veces en los continuos cambios de legislación que producen inseguridad en las empresas y dificultan la planificación a largo plazo típica de los procesos de innovación. También el desconocimiento de los sistemas de certificación y la propia complejidad de la casuística legal.

Sin embargo, la existencia de este tipo de incentivos es actualmente un factor importante que consideran las empresas cuando deciden en qué lugar de Europa implantar sus actividades de I+D+i, y las empresas que operan en los países con dichas ventajas se saben más competitivas que sus socios europeos. Es aconsejable pues para España estudiar los mejores casos en nuestro entorno europeo, donde principalmente compiten las empresas españolas del espacio por el desarrollo de productos y tecnologías, y desarrollar aún más la legislación en ese sentido.

Se calcula que en España este complemento a las deducciones fiscales en I+D+i puede suponer un coste anual de 600 millones de euros, aunque hay que volver a poner énfasis en el efecto multiplicador que tiene este mecanismo fiscal y en su contribución al crecimiento en el medio plazo.

Por último, cabe destacar la predisposición de nuestro sistema de calificación fiscal de la I+D+i, mediante la emisión del informe motivado para proyectos certificados por entidades acreditadas por ENAC, que permitiría que un esfuerzo de este tipo vaya de forma eficaz a proyectos y empresas que hacen I+D+i. De todo ello, nuestro país saldrá beneficiado y de modo muy particular sectores tan decisivos como el espacial, cuya intensidad innovadora destaca fuertemente frente a otros sectores de la industria.

Bibliografía, documentos y webs

Clúster Aeronáutico de Madrid. El sector del Espacio en la Comunidad de Madrid. Análisis y perspectivas.

ESA Communications. ESA: Boosting Europe's competitiveness and growth.

Eurospace. Space trend 2013. Global Space activity overview. 2nd edition June 2013.

Eurospace. The European space industry in 2012. Facts and figures.

Federal Aviation Administration. FAA Aerospace Forecasts 2013-2033.

Federal Aviation Administration. 2013 Commercial Space Transportation Forecasts.

OEDC. The space economy at a glance 2011.

Space Foundation. The Space Report 2013.

SpaceWorks. 2014 Nano/Microsatellite market assessment.

TEDAE Comisión Proespacio. Libro Blanco del Espacio en España. (en borrador).

TEDAE Comisión Proespacio. Informe anual del espacio 2012.

The Boston Consulting Group S.L. Evaluación del impacto de la inversión en espacio para la economía española. Mayo 2014.

Páginas web consultadas

Gunter's Space page. http://space.skyrocket.de/.

Johnatan Space Report. http://planet4589.org/space/log/stats.html.

ESA. http://www.esa.int/ESA.

Capítulo quinto

El (posible) futuro del espacio

Álvaro Azcárraga

Resumen

El dominio del espacio próximo es esencial para el desarrollo de la humanidad, y la forma de hacerlo permitiendo el acceso de todos, pero bajo unas reglas aceptadas universalmente, como lo son las reglas de tráfico en nuestras carreteras. Es evidente que habrá infractores, como los hay en las carreteras, pero ello no quita valor al derecho de acceso, bajo unas reglas comunes.

Igualmente los activos en órbita tendrán una protección como la tienen los que están en la superficie de la Tierra, y unos derechos de soberanía que no estarán directamente relacionados con quién llegó primero, o quién es más fuerte. Se dirá que las disposiciones actuales de los Tratados del Espacio Exterior (OST en sus siglas en inglés) ya contemplan estos principios, pero no es del todo así, fueron redactados en una época, la Guerra Fría, donde lo que prevalecía es que una parte no adquiriera ventaja sobre otra, más que el uso igual por todos de las ventajas del espacio. La situación es parecida, aunque no idéntica, a los tratados de no proliferación nuclear, donde lo que se intenta es limitar el acceso a ciertas capacidades, no tanto el regular el uso de dichas capacidades.

En todo caso el futuro cercano del uso del espacio estará centrado en proteger los activos en órbita, en evitar la contaminación, tanto física como electromagnética de las órbitas terrestres y otras órbitas exóticas

como las halo, así como la instalación de infraestructuras en cuerpos celestes próximos. Aquellos que no tengan nada que ofrecer en estas actividades quedarán forzosamente relegados a un segundo plano, porque quien domine el espacio dominará la Tierra, como antaño ocurría con el dominio de los mares. Un ejemplo de esto es la Estación Espacial Internacional donde sólo sus socios deciden su futuro, y esto ha obligado a China a orbitar su propia estación, y a la India a plantearse lo mismo.

En un futuro más lejano nos vamos a fijar en lo que se puede alcanzar si logramos acceder al espacio con algo más eficaz que los cohetes, por ejemplo manipulando el campo gravitatorio, si es que de verdad puede hacerse. Hay otros puntos de inflexión todavía más potentes, por ejemplo el encuentro con otras entidades sentientes, pero aunque las haya, la inmensidad del espacio hace que sea probable que este hecho no ocurra en mucho tiempo, aunque el impacto emocional e intelectual sea enorme el día que se sepa que hay «otros», aunque no podamos interactuar con ellos. Por todo ello nos limitamos al acceso sostenido al espacio, y a la modificación de algunas reglas de la mecánica celeste, por poder interactuar con los campos gravitatorios.

Todo esto tiene que llevar a un desarrollo considerable de las reglas de juego y posiblemente a una autoridad única para todos los humanos, lo que no es tarea menor y seguramente más complicado que alcanzar la capacidad tecnológica necesaria para conseguir el futuro descrito en estas líneas.

El hecho evidente e inexorable es que no hay futuro sin la ocupación, explotación y uso del espacio, y que por tanto el estar en esta movida, que dirían los modernos, es una obligación para todo Estado.

La violencia de la presente crisis económica, que no será la última, hace que a veces la gente se pregunte del porqué del gasto en la investigación y exploración espacial. Es de esperar que comprendan que no es un capricho, ni siquiera un gasto útil. Es una necesidad imperiosa, la base de nuestro futuro, como la educación o el pan nuestro de cada día.

Palabras clave

Espacio, gobernanza, seguridad y defensa, iniciativa privada.

Abstract

The domination of near Space is essential for the development of the human kind, and the way to do it is by allowing for the access of everyone, but under universally accepted rules, as are the traffic rules in our roads. It is evident that offenders will exist, as there exist on the roads, but that doesn't subtracts value to the rights of access, under common rules.

Equally, in-orbit actives will have a protection as those on the surface of the Earth have, and sovereignty rights not directly related to who arrived first, or who is stronger. It may be said that the dispositions of the Outer Space Treaties (OST) already foresight these principles, but it is not all that way, they were written in a time, the Cold War, when what prevailed was that one part didn't get advantage over the other, more than the equal use of the advantages of Space by everybody. Situation is similar, although not identical, to the Nuclear Non Proliferation Treaties, meant to limit access to certain capabilities and not so much the use of such capabilities.

Anyway use of Space in the near future will be focused on the protection of the in-orbit actives, avoid pollution, both physical and electromagnetic, of the terrestrial orbits and other exotic orbits such as halo, as much as the installation of infrastructures in near celestial bodies. Those not having anything to offer in these activities will remain forcedly relegated to a second plane, because that who dominates Space will dominate the Earth, as happened in the past with the domination of the seas. An example of this is the International Space Station where only its associates decide on its future, and this has driven China to orbit its own station, and India to consider the same.

In a farer future we will focus on what can be reached if we can enter Space with something more efficient than rockets, for instance, manipulating the gravitatory field, if it is really achievable. There are other points of inflection even more powerful, for instance, the meeting with other feeling entities, but although they were there, the immensity of Space makes this fact probable not to happen in a long time, although the emotional and intellectual impact might be enormous that day in which the existence of "others" is known, although being unable to interact with them. That is why we set the limits in the sustained access to Space, and to the modification of some celestial mechanics rules, to be able to interact with the gravitatory fields.

All of this has to lead to a considerable development of the game rules and possibly to a single authority for all the humans, what is not a lesser task and for sure is more complicated than reaching the technological capability required to achieve the future described in these lines.

The evident and inexorable fact is that there is no future without the occupation, exploitation and use of Space, and therefore being on the verge, as moderns would say, is a must for all States.

The violence of the current economic crisis, not to be the last, sometimes makes people wonder about the expense in research and space exploration. Hopefully, they will understand it is not a craving, nor a useful expense. It is an overriding necessity, the base of our future, as education or the daily bread.

Key words

Space, governance, security and defence, private initiative

Introducción

Para afrontar el tema con un cierto rigor, no exento de imaginación, bueno es recordar lo que se escribió no hace tantos años por auténticos especialistas, y tenerlo como referencia. Uno es el libro del Dr. Jerry Grey, profesor de Propulsión Nuclear en Princeton[1], subtitulado, quizás no muy modestamente, Guía del Futuro, y que en su momento (1983) tuvo tanta influencia que incluso uno de los grandes escritores americanos del siglo XX, James Michener (el autor de Iberia, entre otros libros de gran éxito) se atrevió a prologarlo, pese a ser un lego en la materia (Michener, no Grey). Este libro, por ejemplo, cita la necesidad de cooperar en el espacio, pero no menciona a China, no pudo prever la caída de la Unión Soviética, y naturalmente no habla para nada de Internet.

Sí apunta algunas direcciones, quizás la más importante es que hay que analizar por separado lo que se puede hacer mirando hacia el exterior, esto es de las órbitas próximas a la Tierra a las profundidades del espacio, y mirando hacia el interior, o sea todo lo que sea desde el espacio hacia la Tierra, que es donde hoy en día están la mayoría, si no la totalidad de las aplicaciones espaciales. También apunta a los avances con la microgravedad y con el desarrollo de nuevos materiales y productos.

El comité de expertos de la ESA[2] sí cita a China y a Internet, y por cierto no dice nada de la Unión Soviética, ya desaparecida. ¡Ay lo que son 14 simples años, que es lo que separa el libro de Grey de la publicación del segundo informe del Comité! Pero tampoco vimos (yo era uno de sus miembros) la llegada «en masse» de la telefonía celular terrestre, que reduce considerablemente el número necesario de grandes satélites en órbita GEO, ni las aplicaciones de la geolocalización, y por hablar de algo que puede ser más trascendente el descubrimiento, cada día más «in crescendo» de planetas en otras estrellas, muchos de ellos con características «terrestres». Por tanto no espero ningún éxito en la visión del futuro que se pueda exponer en estas líneas, pero sí que sirva para estimular la imaginación del lector, y contribuir a seguir la buena vía.

El general Ballesteros, director del IEEE me sugiere que haga la prospectiva en tres campos: investigación, aplicaciones y desarrollo industrial. Es una buena idea, pero creo que puede ser más interesante la propuesta por el Dr. Grey, hacia afuera, hacia adentro, eso sí, con los tres campos citados.

Por fin, hay que hacer una observación: el futuro está siempre condicionado por saltos tecnológicos de muy difícil, si no imposible, identificación

---

[1] Jerry Grey.Beach Heads in Space (a Blueprint for the Future). McMilan Publishing Co. New York, 1983.

[2] ESA Long Term Space Policy Committee (SP 1187, SP2000). ESA Publication, Noordwijk 1993, 1997.

en el presente, por lo que estas líneas se escribirán bajo el modelo «business as usual». Al final de las mismas se citará un posible salto tecnológico y sus más que previsibles consecuencias.

En todo lo que supone abrir una frontera, tan difícil como conseguir el adecuado soporte tecnológico, ha sido el dominar el espíritu, no siempre respetuoso con las leyes, de los pioneros. Dado que el autor de estas líneas no es un experto en leyes, ha tenido que recurrir a primerísimos espadas para que le asesoren, como son el catedrático de la Universidad de Jaén Juan Manuel Faramiñán Gilbert, uno de los líderes mundiales en Derecho Espacial, la presidenta del Instituto Internacional de Legislación Espacial Tanja Mason-Zwaan, y por fin, pero no menos, Elisa González Ferreiro, directora del Centro de Estudios del Instituto Iberoamericano de Derecho Aeronáutico y del Espacio y de la Aviación Comercial que acaba de publicar un Código sobre Derecho Espacial[3]. En todo caso lo que se escribe es de la única responsabilidad del autor, estas personas contribuyen amablemente a que no diga más disparates que los precisos.

El futuro empieza ayer

Parodiando el título de una novela de gran éxito en su época, es preciso recordar que vivimos en una nave espacial llamada Tierra, con magníficas vistas al Universo que nos rodea. Pero yendo más concretamente a la situación presente, y sin despreciar los primeros pasos, históricos y recibidos con enorme entusiasmo, pero sin peso en la cotidianeidad de la vida de los hombres, llevamos dos décadas que sin los medios espaciales el mundo global en el que vivimos no sería posible. Ya somos una cultura «espacial» y sin embargo muchas veces parece que no nos damos cuenta de ello pues no solo son las telecomunicaciones, sino la observación de la Tierra, la climatología y la meteorología, la oceanografía, la navegación y georreferenciación, eso con la mirada hacia el interior, según la clasificación del Dr. Grey, y además el conocimiento, sencillamente descomunal, adquirido mirando hacia el exterior, desde el efecto de las tormentas solares, la presencia de los objetos celestes próximos (NEOs en su nomenclatura inglesa), la existencia de grandes cantidades de agua en nuestro sistema solar, y fuera de él, los planetas extrasolares y como no, la inmensidad y violencia del Universo. Y para acceder a toda esta información hace falta una infraestructura industrial capaz de fabricar los vehículos que lleven a órbita los satélites y sus cargas útiles, con una instrumentación cada día (literalmente) más precisa y con una vida útil más larga. Y hace falta otra infraestructura en la Tierra para recoger, procesar, archivar y difundir todos los millones de Gigabits producidos. No

[3] «Código de Derecho Espacial».Textos Legislativos y Complementarios, por Elisa González Ferrero, ISBN 978-84-616-4269-4, Madrid, 2013.

pretendemos llamar a Microsoft, Apple, Samsung, Intel y otros del gremio de las IT industrias espaciales, solo decimos que el espacio genera las oportunidades para que estas compañías aprovechen sus capacidades tecnológicas y dupliquen, si no más, su capacidad de negocio.

El próximo futuro verá un cambio importante en el área de las telecomunicaciones por satélite: los avances con la telefonía celular terrestre hacen que el número de plataformas de uso múltiple de gran tamaño se reduzca de forma importante, pero sin embargo las telecomunicaciones marítimas vía satélite crecerán al 7% anual en la próxima década[4] y el número de pequeños microsatélites para dar acceso a internet crecerá de forma exponencial[5]. Esto supone un cambio importante en la industria de lanzadores, que había apuntado a vehículos como el Protón, el Atlas o el Ariane V, capaces de poner en órbita de Transferencia Geo hasta 10 toneladas métricas, a desarrollar vehículos más pequeños, pero más sencillos de manipular y más baratos en términos absolutos (no por kilogramo de peso en órbita), lo que abre la puerta a entidades distintas de las tradicionales, como Space-X, Orbital Sciences y otras, que asaltan el mercado con el cuchillo entre los dientes. Y esto no quiere decir que no harán falta los lanzadores grandes, sino que bajarán de una media de 25 vuelos al año a no más de 15. Es interesante notar la iniciativa de la Agencia Europea del Espacio, a través de su programa ARTES, de desarrollar un satélite grande de telecomunicaciones con propulsión orbital eléctrica, el NEOSAT (Figura 1).

Figura 1

Esto permitirá una vida útil más larga al satélite y por tanto más tiempo para recuperar su inversión.

Indudablemente el cambio hacia vehículos más pequeños aporta otra modificación: la entrada de la iniciativa privada de forma masiva, y de la utilización del «Project financing», esto es, pagar el desarrollo de los sistemas con los préstamos garantizados por los beneficios futuros. Y otra

[4] Space Daily Express. Feb. 24 – 2014 (Maritime Comm/Euroconsult).
[5] Space Daily Express. Feb. 24 – 2014 (Neosat y Cubesat).

vez se complican las cosas, esta vez de forma legal, pues las leyes espaciales tienen singularidades que hacen a veces difícil medir el riesgo, por ejemplo la obligación de que los lanzamientos sean responsabilidad de las naciones, y no de entes jurídicos privados.

En el apartado de observación de la Tierra se mezclan los campos de investigación y aplicaciones (aparte del omnipresente sector industrial). En efecto la observación de la Tierra es ciencia, en todo lo que se refiere a climatología, oceanografía, vulcanología e incluso la búsqueda de alertas para terremotos, y son aplicaciones desde el catastro, el tráfico terrestre y marítimo, el control de fronteras, el control de cultivos y la cartografía más precisa jamás hecha (por cierto la de Marte es más precisa que la de la propia Tierra, pero esto se está corrigiendo a pasos forzados). En la observación de la Tierra hay dos elementos esenciales: los intervalos de visita (esto es el tiempo que transcurre para volver a observar una zona determinada) y la resolución de los instrumentos de observación. Los avances irán en esas dos direcciones, por ejemplo con radares de apertura sintética y telescopios ópticos multiespectrales de una precisión impensable hace unos pocos años, como la carga útil del satélite Ingenio español (Figura 2), lo que, sumado a la capacidad de apuntar a zonas específicas, como lo hace el ojo de un camaleón, harán muy difícil ocultar determinadas informaciones a los escrutadores.

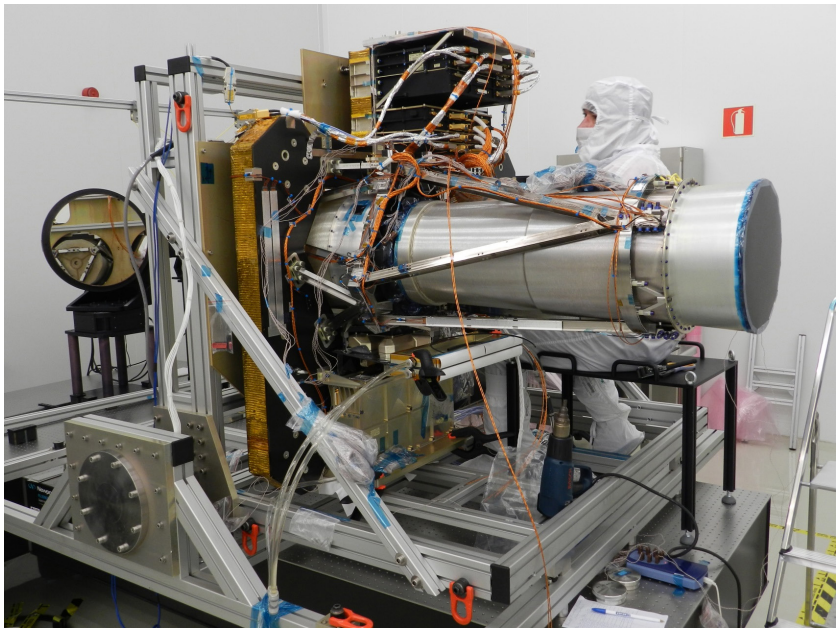


Figura 2

Pero donde viene el cambio mayor será en navegación y geoposicionamiento, y con ellos el wi-fi universal y gratuito, el llamado outernet por su impulsor, Media Development Investiment Fund (MDIF). En efecto se trata de tener cientos de Cube Sats, satélites cúbicos de 10x10x10 cm, retransmitiendo la señal wi-fi y con cobertura global. Esta es una solución, otra todavía más audaz es empaquetar dos señales en el mismo satélite, una de navegación y otra de wi-fi, con lo que tendríamos una cobertura multisatélite en cualquier lugar del globo. Ni la señal de navegación, ni mucho menos el wi-fi, tendrían la calidad de los satélites dedicados o la cobertura terrestre actual, pero darían una capacidad básica a un 40% de la humanidad que todavía no tiene Internet, y evitaría por otro lado la censura que existe en ciertos lugares.

Desde el punto de vista científico, y hacia afuera, estamos en un mismo barco con el resto de las naciones europeas, que a la vez se coordinan, a través de la Agencia Espacial Europea con las otras naciones del mundo, y por ello sólo podemos hablar de programas comunes. Tanto la visita a los bordes de la heliosfera, como misiones a Mercurio y Marte están en el horizonte próximo, a lo que hay que añadir que la singularidad de al menos dos de los satélites galileanos de Júpiter, Ganymede y Europa, cubiertos de hielo y con posibles océanos subterráneos van a ser un objetivo de la Ciencia en la próxima década. Y por no ser exhaustivos sigue el esfuerzo por descubrir y caracterizar exoplanetas (por ej. la misión CHEOPS de la ESA) y este mismo año entra en fase operativa el satélite GAIA, destinado a catalogar estrellas con una precisión sin precedentes, por cierto con un parasol, totalmente hecho en España, de 10 metros de diámetro, la mayor superficie desplegable jamás hecha en Europa, y muy parecida a las antenas que se usan en las escuchas de inteligencia.

Por último se está pendiente del aterrizaje sobre un cometa, de la sonda ROSETTA, para identificar si estos son simples luces en el cielo o distribuidores de los elementos esenciales (bloques fundamentales) para el origen de la vida en los confines interiores de los sistemas estelares.

Murmullos y maquinaciones: el complejo industrial y su relación con la seguridad

No se puede hacer una previsión sin tocar el tema tabú, que por lo demás no es tan complicado de entender, pero que está, desde el inicio de la era espacial, bajo la sensación de ser algo turbio, incluso terrible, y en todo caso innombrable: las aplicaciones para la defensa y la seguridad de la ocupación del espacio.

Ya sabemos que al menos desde hace dos décadas vivimos en un mundo «espacial» y que en el futuro próximo lo probable es que vaya a más. Por tanto no debía sorprender que el dominio del espacio tenga connotacio-

nes de soberanía y superioridad, digan lo que digan los tratados internacionales, y que los países más fuertes de la Tierra y algún que otro osado que no tiene nada que perder por intentar estar en el meollo, inviertan en el espacio. Y sorprende el cinismo de algunos políticos (no las pobres gentes del pueblo) que se rasgan las vestiduras porque se sienten vigilados, cuando ellos practican el espionaje político e industrial en cuanto pueden y si no pueden, les fastidia horrores.

Además da la casualidad (se podría decir que por exigencia del guión) que la industria espacial es una parte de la industria aeroespacial, y esta a su vez tiene siempre un importantísimo componente de seguridad y defensa. Por tanto no es posible predecir un futuro de la actividad espacial sin considerar este componente, que además, y por encima de los intereses científicos y de los de negocio, es el que financia y dirige la mayor parte de la investigación y desarrollo, ya sea directa o indirectamente.

Empecemos por los vehículos lanzadores. Para salir del pozo gravitatorio terrestre (Figura 3) hace falta adquirir una velocidad de 7 Km/segundo, unos 25.200 Km/hora.

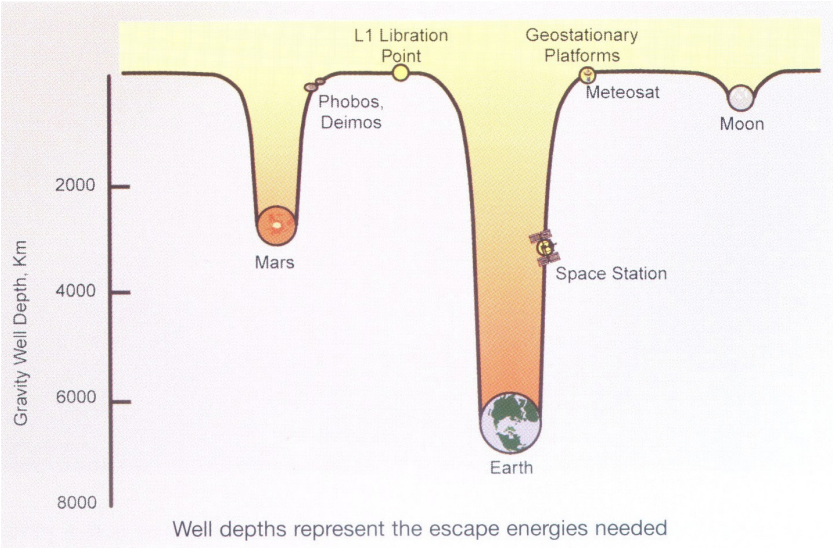


Figura 3

Sólo sabemos hacerlo usando una tecnología que tiene siglos de edad, aunque recientemente haya mejorado bastante, que es el motor cohete (Figura 4).

No conquistaremos el espacio hasta que no encontremos una alternativa a esta situación, que por otro lado impone dos condiciones: no todo el mundo puede desarrollar cohetes grandes, y no todos tienen lugar donde

Figura 4

lanzarlos, excepto si se van a aguas internacionales. La relación entre la industria del cohete y la defensa es obvia, pero hay que advertir que ni hoy, ni en un futuro próximo, saber hacer cohetes portadores a órbita implica saber hacer misiles balísticos. Estos últimos necesitan además reentrar de forma precisa y regulada en la atmósfera, y dominar esta tecnología es mucho más costoso y difícil que la de simplemente elevarse sobre la Tierra. Como decíamos, además de las necesidades propias de todo vehículo lanzador, hay que añadir la logística propia de un campo de tiro, y sus aledaños relacionados con la seguridad de las personas, zonas de caída de escalones de vehículo, etc. En un futuro próximo quizás los cohetes puedan ser más pequeños, al miniaturizar las cargas útiles, y esto abre interesantes posibilidades a ciertos lugares (como es el caso de Wallops Island, en Virginia) para convertirse en centros de lanzamiento orbital, no tan alejado de centros urbanos e industriales, pero siempre habrá que mantener los campos de lanzamiento grandes operativos, pues habrá necesidad de lanzar vehículos realmente importantes de vez en cuando.

Antes de terminar con los lanzadores, y siendo esto una prospectiva, hay que formular la pregunta ¿y la propulsión nuclear?

Aparte del hecho de que desde el punto de vista del propulsante se gana poco impulso específico (pero se ahorra uno el comburente) basta recordar que hasta las giselas (generadores isotópicos) tan necesarias para dar potencia a las sondas que se alejan del Sol, y por tanto no pueden confiar en paneles solares, están bajo sospecha, con lo que no parece probable un desarrollo de un reactor nuclear con niveles de potencia, y por tanto de radiación, mucho más altos. Los gritos se oirían, pese al vacío cósmico, hasta en la Luna.

Las cargas útiles, felizmente, son de doble uso, y nunca se oirá que se desarrolla un nuevo radar de apertura sintética o un telescopio óptico orbital, para fines militares, aunque sean estos fines los que marcan la punta de lanza de la tecnología, y la financian muchas veces. Existen sin embargo algunos vehículos «raros», por decir algo, que tienen fines más claros: por ejemplo sabemos que los EE.UU. están terminando dos satélites cuya misión podría ser definida, pero no oficialmente, claro, como vigilantes de la órbita que identifican aquellos satélites cuyos fines declarados y trayectorias no son normales, o los satélites «cinéticos» cuyo fin es estar dormidos hasta que se les requiera para alterar su trayectoria y tratar de chocar y destruir a otro satélite.

Hay un campo que afecta a la seguridad, pero con mayúscula, y es el de los objetos próximos a la órbita terrestre (NEOs). Todos los días caen en la Tierra toneladas de material extraterrestre, la mayor parte agua, pero de vez en cuando hay objetos que atraviesan la atmósfera y alcanzan la superficie. Pueden ser como un guisante, o como una montaña, y lo

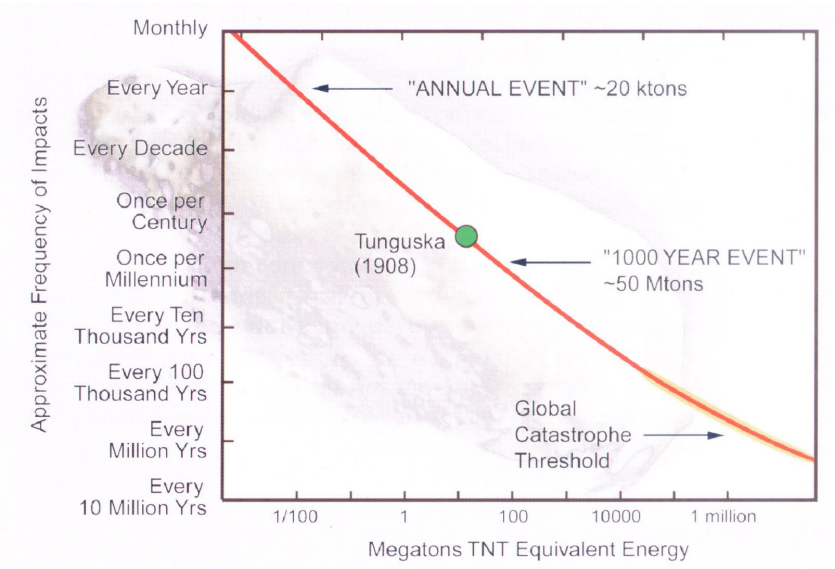


Figura 5

importante es su frecuencia, pues si bien los pequeños no causan daños excepto si golpean a una persona, y los grandes ocurren cada muchos millones de años, y además podemos verlos con mucha anticipación, los intermedios pueden causar un auténtico desastre y además darnos poco tiempo para reaccionar. Hablamos de objetos de entre 100 y 150 metros de diámetro, que pueden impactar con la Tierra cada pocos años, geológicamente hablando (Figura 5) y cuyos efectos superarían los de las mayores bombas de hidrógeno hechas por el hombre.

Necesitamos identificar y seguir a estos objetos (ya se hace por algunas agencias espaciales) a escala global, y tener una autoridad única, aceptada por al menos las mayores potencias espaciales, para tomar decisiones sobre la variación de la órbita de tales objetos, si fuera preciso. Es evidente que si alguien puede alterar la órbita de un cuerpo celeste lo puede hacer para bien, o para mal, esto es que impacte contra algún lugar determinado de la Tierra. La tecnología no es el arma, lo es la intención de quien la usa.

Esto que decimos, y que será parte del futuro inmediato, es aplicable a tantas otras cosas, que es difícil no olvidar alguna: desde la cartografía exacta actualizada cada día, a la información sobre fenómenos naturales, a los sistemas de inteligencia electrónica. Tendremos que convivir con el hecho de que los peligros están en la naturaleza del ser humano, pero sin miedo al desarrollo tecnológico, que tanto nos facilita la vida.

Ética, estética y legislación vigente: el *corpus juris spatialis* y sus consecuencias

Desde los primeros balbuceos espaciales, tanto la Unión Soviética como los Estados Unidos tuvieron interés en evitar que ningún país adquiriera ventajas decisivas en la exploración y utilización del espacio extraterrestre, por lo que se negociaron y firmaron tratados que, como pasó con los acuerdos SALT de limitación de armas de destrucción masiva, el objetivo era el equilibrio, aunque se escribiera cooperación, y desde luego nunca la ocupación real del espacio.

«El Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio extraterrestre, incluyendo la Luna y otros cuerpos celestes» fue recogido de la Resolución 2222 (XXI) de la Asamblea General de la ONU el 19 de diciembre de 1966, y entró en vigor el 10 de octubre de 1967, y contiene varios errores fundamentales, a juicio del autor, precisamente por sus orígenes y razón de ser.

Lo primero es que está basado en el temor mutuo, y no en el deseo de desarrollar unas capacidades útiles para todos. Después está la definición de que el espacio es de la competencia (*province* en inglés) de la huma-

nidad, pero ya en el Tratado sobre la ocupación de la Luna (Resolución 34/68 de la Asamblea General del 5 de diciembre de 1979) se habla de patrimonio común. En cualquier caso se da carta de naturaleza al conquistador (siempre que diga que lo hace en nombre de la humanidad) en vez de reconocer los derechos del usuario, que es lo que de verdad fomenta la exploración espacial.

Además, y posiblemente lo más grave, el tratado sólo reconoce capacidad de ir al espacio a las Naciones, y no a los individuos, lo que estrangula la iniciativa privada, junto con la limitación descrita en el párrafo anterior.

El artículo V del tratado especifica que los astronautas son «enviados de la humanidad al espacio ultraterrestre» lo que tiene un indudable contenido estético, pero a lo mejor no ético si los enviados en cuestión van en una misión de objetivos totalmente reprobables. ¿Y si no son personas, sino máquinas? ¿También tienen categoría de enviados?

En los últimos años se ha hecho esfuerzos muy importantes para modernizar el llamado «*corpus juris spatialis*» y adaptarlo a la realidad de hoy en día, tan próxima pero tan distinta a la de la Guerra Fría. Sería mucho pretender que se reconozca que se actuó como se actuó en vista de la situación de la época, pero al menos se intenta decir que cuando pone blanco también vale gris, y qué derechos tenemos todos, pero no por igual. Sin embargo todavía no se ha definido dónde empieza el espacio ultraterrestre. Se dice 100 Km de altura porque allí ya no puede regir el derecho aeronáutico, y a menos altura no podrían sobrevivir el roce con la atmósfera los satélites artificiales, por lo que demuestra el trabajo que queda por hacer[6].

Otro problema muy importante es la ocupación de las órbitas, que en un principio no eran «cuerpos celestes» desde un punto de vista jurídico, pero el crecimiento de los satélites y naves artificiales, así como la proliferación de restos (debris) en órbita aconsejan adaptar los tratados para cubrir estas situaciones.

Por fin, y como si fuera a regañadientes, se van ampliando los conceptos, de tal manera que la palabra Nación cubre a los individuos y entidades jurídicas de la misma actuando por su cuenta (art. VI OST: «las actividades de las entidades no gubernamentales deberán ser fiscalizadas y autorizadas por el Estado parte, que es el responsable»), y la utilización se abre a la explotación si hay un cierto acuerdo con otras Naciones distintas[7]. Igualmente el concepto de «patrimonio común» está siendo constante-

[6] Faramiñán Gilbert, Juan Manuel.«La delimitación del espacio ultraterrestre». Ed. Eurolex y Universidad Autónoma de Madrid, pp.211-227.Madrid, 2005. ISBN 84-933401-4-6.

[7] Pueyo Losa, J. «La Luna y los cuerpos celestes» en Instituciones de Derecho Internacional Público. Ed. Tecnos, 2007.

mente revisado y actualizado, pues el contenido preciso de este término jurídico da lugar a discrepancias, sin que por ello se niegue su naturaleza legal[8].

Es pues esperanzador el futuro de la actividad espacial, pese a que sean las Naciones Unidas las que deban de mediar en los conflictos de interés (Dios nos coja confesados), pero ya se establecen reglas de juego que permiten que cualquier entidad participe en la exploración y explotación del espacio. No está todavía claro qué medidas se tomarán contra los infractores, de hecho usurpadores de un bien común, ni contra los agresores, pero todo llegará.

La actividad espacial en el futuro próximo y su impacto en la vida diaria

Podemos contemplar un futuro donde nubes de minimicrosatélites nos informan, nos vigilan, nos atienden e incluso nos curan, aparte de que sigan algunos satélites y naves espaciales haciendo misiones más complejas y a largo plazo.

Esto implica vivir en una sociedad muy interconectada, pero precisamente por ello mismo, muy vigilada y controlada. Es optimista suponer que un individuo pueda sobrevivir sin estar conectado, y los habrá, pero serán parte de una sociedad marginal, consentida pero sin derechos en la vida real. En definitiva que será rentable no sólo vivir conectado, sino ser cooperante activo para alcanzar los fines que nos hayamos propuesto. Y esto incluye a la llamada industria espacial, y a la participación de la iniciativa privada (en el sentido de no-gubernamental) en los desarrollos espaciales.

Las palabras «industria espacial» cubren todas las actividades para hacer lanzadores, todo tipo de naves espaciales, los sistemas en tierra para el control y mando de los mismos, e incluso los sistemas para el procesado y archivo de los datos obtenidos desde órbita. Pero no incluye toda la industria que se genera por el aprovechamiento de los datos y su distribución (aunque sea por vía satélite) por toda la superficie de la Tierra. Un ejemplo para aclarar este concepto: todas las aplicaciones de navegación y georreferenciación, aunque se generen en el espacio, no forman parte de la industria espacial, al igual que los programas de televisión, aunque sean vía satélite, son parte de la industria de la información, y no de la industria espacial.

La Tabla 1 nos da una idea del orden de magnitud de los presupuestos espaciales de 2012, último año en que los datos están consolidados, y lo

[8] Gros Espiell, H.«El Patrimonio Común de la Humanidad y el genoma humano». Law and the Human Genome Review, n.º 3, 1995.

AÑO	EEUU[1]	RUSIA[1]	CHINA[1]	INDIA	JAPÓN	FRANCIA	ALEMANIA	ITALIA	R.U.[2]	ESPAÑA[3]
2009	49500	3000	3000	762	2700	1413	993	743	345	453 (301)
2010	50000	3000	3000	770	3615	1471	1086	770	332	484 (330)
2011	50000	3000	3000	752	3000	1434	1184	780	345	495 (330)
2012	50000	3000	3000	681	2960	1600	1210	751	320	434 (280)
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	350 (250)

[1] Valores estimados
[2] No incluye Defensa y Seguridad
[3] En paréntesis, las inversiones institucionales

Tabla 1

primero que sorprende es la modestia de los mismos. Si bien los EE.UU. hacen un esfuerzo considerable, pero no extraordinario dadas sus ambiciones hegemónicas, de 120 €/persona, Japón ya baja a 25€/persona y Europa no llega ni a 20 €/persona y año. Canadá, como España, está en el entorno de 8 €/persona, y entra dentro de la categoría de «dos cervezas» en el sentido de que teniendo en cuenta su nivel de vida y sus costes internos, no parece que la actividad espacial drene recursos a otras partidas consideradas más «sociales» del presupuesto de la Nación, aunque habrá muy pocas actividades más útiles, tanto en retorno, como en apostar por la supervivencia, que las espaciales.

Quizás algún lector poco avisado se sorprenda, acostumbrado al mantra de los «ingentes gastos espaciales», pero el hecho real es que la actividad espacial constituye una modesta parte del PIB de la mayor parte de las Naciones, pero como la sal y la pimienta en las comidas, da sabor a su integración en el mundo que se nos avecina. Uno de los secretos es la integración de esta industria en otra de mayor rango, como es la aeronáutica, y por eso los dos mayores industriales del espacio son también Boeing y Airbus. Pero también se practica con acierto el doble juego de competencia, cooperación, estando en algunos programas en el mismo equipo y haciendo la guerra en otros. Así se mantienen bien afiladas las competencias, pero también se aprovechan las sinergias entre unos y otros.

Francia, que tiene muy claro el papel que juegan las actividades espaciales en sus intereses estratégicos, tiene muy claro que quiere liderar un esfuerzo europeo[9] y juega con acierto una política de Estado, con una inversión sostenida, pero también modesta (25 €/persona) e intentando liderar agrupaciones y consorcios internacionales dentro del marco

[9] Pompidou, Alain. «La Politique Spatiale de Recherche et de Developpement Industriel». Journal Officiel de la Republique Francaise, 19, año 2004.

de la Agencia Europea del Espacio y de la Unión Europa. En este futuro inmediato que estamos describiendo parece que será uno de los firmes sostenes de esta capacidad común paneuropea, pues, como dice la nota al pie 9, el diputado Pompidou (sobrino del que fue presidente) sin entrar en cuentas más o menos discutibles se sabe que la actividad espacial genera una actividad entre 2,7 y 3 veces la inversión en el espacio, llegando a 7 si se consideran todos los efectos de cascada en las aplicaciones derivadas de procesar los datos provenientes de fuentes en órbita. Pero eso sí, si se quiere aprovechar esta coyuntura, uno debe tener algo que ofrecer, y por eso es tan importante pertenecer al gremio. Este no es un mercado de compradores, sino de partícipes.

En un futuro próximo también la gobernanza del espacio, y sobre todo en Europa, tendrá que mejorarse de forma sustancial. En efecto en todas las grandes potencias se da una multiplicidad del origen de los fondos dedicados al espacio, pero al fin del día todas ellas tienen una autoridad única final que impone las prioridades. El caso de Europa es más complicado, toda vez que es un conglomerado de Estados, sin tener una indiscutible autoridad política sobre todos ellos, y además las instituciones multinacionales que se interesan por este campo no tienen exactamente los mismos miembros, como es el caso de la UE, la ESA y la OTAN.

Es evidente que la capacidad tecnológica y de gestión (en materias espaciales) de la ESA es ahora mayor, y está bastante bien rodada, pero no tiene capacidad en programas de defensa, ni el peso político de la Unión Europa. Parece lo más lógico que en unos pocos años la ESA sea la Agencia Espacial de la Unión Europa, incluso para asuntos de defensa, pero no siempre lo más sencillo y funcional es lo que se impone en asuntos de gobernanza.

Es interesante observar lo que pasa en Francia, el país europeo con más clara vocación espacial, que tiene un centro (el CNES) con autoridad sobre todas las actividades espaciales, incluso la política industrial, cuyos nada desdeñables fondos (unos 2.000 millones de euros) provienen de varios ministerios, y cuyo presidente despacha con el mismísimo Presidente de la República. Por cierto también el administrador de la NASA despacha con la Casa Blanca, a través del vicepresidente de los Estados Unidos, que es el presidente nato del Consejo del Espacio americano y es que en el pasado, pero más todavía en el futuro, el destino de las Naciones estará muy ligado a su capacidad espacial.

Igualmente en el caso español, donde el presupuesto y representación están en un ministerio, y el organismo con experiencia en la gestión en otro, convendría tener un actor único, llámese agencia, centro o lo que se quiera, pero sin crear una superestructura a las ya existentes, solo un órgano gestor a coste cero para el presupuesto, con su presidencia en las dependencias de Presidencia del Gobierno, para tener una voz única en todos los departamentos ministeriales (y son muchos) con interés en el espacio.

Y además, lo que viene imparablemente, como el tsunami tras el terremoto, es la iniciativa privada y la reestructuración del mercado, y por ello la industrial. Esta es una evolución de la que hay que felicitarse, pues el destino de las actividades humanas acaban por marcarlo los individuos, por encima de las instituciones e incluso de las leyes establecidas. Y llegará el día en que el peso de la actividad privada superará a la pública, y ese día podremos decir que se ha «normalizado» el espacio, incluso en la línea de los tratados, pues se harán las cosas que la gente cree necesarias y útiles, y no se perseguirán objetivos de prestigio nacional o de dominación, estos últimos escondidos bajo algún pomposo nombre científico.

La Commercial Spaceflight Federation que preside el astronauta Michael López Alegría tiene ya 17 miembros (y más de treinta entidades asociadas), la mayoría norteamericanos, pero al menos uno, británico. Cuatro entidades están ya trabajando no sólo para llevar cargo, sino personas, a la estación espacial (ISS) bajo contrato con la NASA, a saber Blue Origins, Boeing, Sierra Nevada Corporation y Sapce-X[10]. Y ya es historia que dos entidades totalmente privadas han llevado cargo (pero no personas) bajo contrato con la NASA, pero como un proveedor externo.

Estas iniciativas empiezan a ser realmente importantes, y de una escala muy superior a los vuelos privados que algunas personas pudieron pagarse, al módico precio de 20 millones de dólares, para pasar una semana en la ISS, que al menos tuvieron el valor de demostrar que el turismo espacial sería posible en un no muy distante futuro.

Naturalmente el futuro a corto plazo depende del éxito comercial de las industrias de lanzadores. Las empresas establecidas con Arianespace, United Launch Alliance o RKK Energya (esta con el 38% en manos del Estado ruso) a las que se añaden Orbital Sciences, Space-X, Bigelow ven con interés la apertura del mercado al capital privado, toda vez que el negocio crecerá exponencialmente con la presencia de éste. El negocio institucional seguirá siendo el que marca el camino, y los desarrollos tecnológicos, a seguir, con una importante incidencia en la financiación del I+D, pero será la iniciativa privada la que haga despegar, y nunca mejor dicho, la actividad espacial.

Mirada especial sobre seguridad y defensa: la clave del desarrollo espacial

Corría el año del quinto centenario del descubrimiento de América, cuando el ministro representante de España en el Consejo de la Agencia Europa del Espacio, que iba a reunirse en Granada, tenía tomada la decisión

[10] Space Travel. 5 marzo 2014.

de abandonar la presencia española en la participación europea en la Estación Internacional (ISS en inglés, Figura 6) que además se llamaba Columbus, por razón de la crisis que atravesaba el país en la época. (Aviso a navegantes; parece que esto de la crisis es un motivo redundante para no invertir en aquellas cosas que el público no demanda, sin tener en cuenta sus consecuencias).

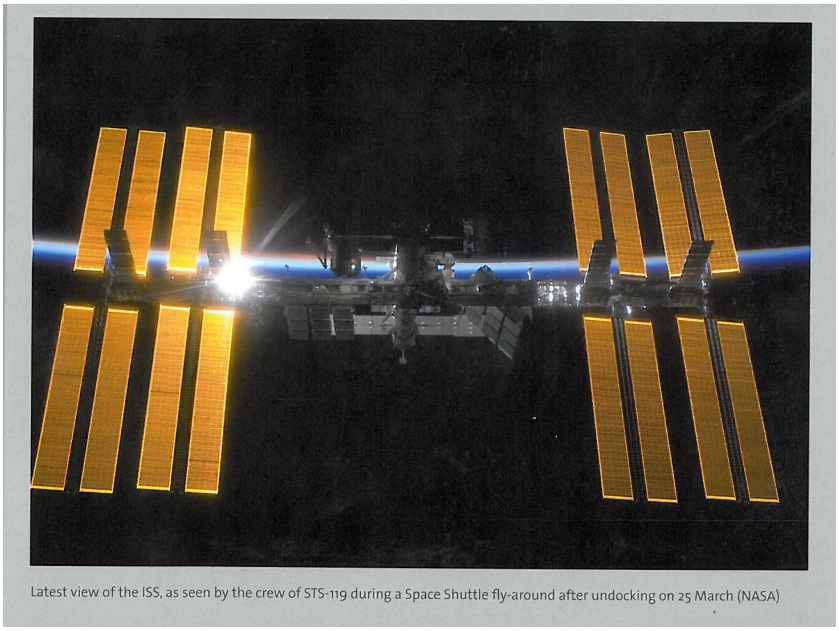

Latest view of the ISS, as seen by the crew of STS-119 during a Space Shuttle fly-around after undocking on 25 March (NASA)

Figura 6

Un afortunado encuentro con el señor ministro horas antes del anuncio de la citada decisión, donde se le pudo explicar que, aparte del feo estético que sería abandonar un programa llamado Colón en las fechas que se celebraba su glorioso viaje, sería un grave error estratégico. En efecto todos los días, la mayor estructura jamás puesta por el hombre en órbita, del tamaño de un gran estadio de fútbol, pasaría (y se vería) por encima de España, sin que tuviera el país el menor poder de decisión. Algunos dirían que la ISS no tenía objetivo militar alguno, lo que es correcto, pero parece que seguirían anclados en otras épocas, donde la seguridad y defensa sólo eran cosa de ejércitos y armas. Como bien sabemos ahora, la información es tan importante como la superioridad armamentística, y los flujos de bienes y servicios pueden ser armas disuasorias de un efecto difícil de alcanzar con medios más tradicionales. El caso es que hoy España es partícipe del programa Columbus, y con ello copropietario de la ISS al mismo nivel de información que los demás partícipes, lo que no sólo incluye el bien, y su utilización, sino también la órbita que ocupa, y todo ello por unos céntimos por español y año. Más esfuerzo, incluso vi-

das, cuesta ocupar algún pequeño islote, sobre el que no nos cabe dudas que abandonarlo constituiría un grave paso atrás en nuestra seguridad.

Es interesante observar lo que hace, y cómo lo hace, la Federación Rusa, en el campo espacial, país partícipe en la ISS, junto a los EE.UU., sin que su cooperación sufra de los piques y enfrentamientos habituales entre dos superpotencias, que tienen que cuidar no sólo lo que el otro hace, sino también lo que puede parecer que hace.

Rusia, heredera del vasto poder espacial de la extinta Unión Soviética, se rige en esta área con un conjunto de leyes y disposiciones de alto valor estratégico, entre los que destaca la Ley de la Federación Rusa número 5663-1, del 20 de agosto de 1993, sobre actividades espaciales[11], modificada y corregida en 1996, 2003, 2006 y 2011, el concepto del desarrollo a largo plazo de la Federación Rusa hasta 2020 (doc 1662-r del 17 de noviembre de 2008), y las provisiones y principios de la política espacial rusa hasta el año 2030, aprobado por el presidente Putin el 19 de abril de 2013 (nº Pr-906). Este cuerpo jurídico define los objetivos básicos de la actividad espacial rusa, a saber: utilizar todos los medios disponibles para la defensa de la Federación, garantizar su acceso independiente de terceros al espacio, y mantener la cooperación con las Repúblicas de Bielorrusia y Kazastán, aparte de cooperar con otros países bajo el principio de igualdad y beneficios mutuos. Se requiere, pues, incrementar el potencial científico-técnico de su base industrial, para adquirir más conocimiento sobre la Tierra y el entorno espacial próximo, y más tarde del Sistema Solar y el Universo.

Se puede decir más alto, pero difícilmente más claro: para la Federación Rusa, el desarrollo de su capacidad espacial es la llave para su seguridad y para su desarrollo tecnológico. Obsérvese que Rusia no plantea utilizar el espacio como campo de batalla, aunque no lo excluye, sino utilizar el conocimiento que obtenga del dominio del espacio para garantizar su propio bienestar y seguridad, y lo hace con planes de desarrollo hasta 2030. No tenemos nada parecido en Europa, y ni siquiera en los Estados Unidos, sometidos al escrutinio y aprobación anual por parte del Congreso, y a los ciclos presidenciales.

Otra interesante observación es la promoción de dos instrumentos de desarrollo de esta política: las plataformas tecnológicas y los clúster de innovación, y en ambas se promueve la creación de entidades público-privadas para agilizar la marcha. Parece que los planes quinquenales de antaño han pasado a mejor vida, y los poderes públicos a nivel estatal

[11] Edelkina, Anastasia;Karasev, Oleg y Velikanova,Natalia.«Space Policy in Russia: New Trendes and Tools». The Aviation and Space Journal, Year XIII, Jan-Mar 2014, p. 44. Alma Mater Studiorum.

y regional están dispuestos a facilitar el desarrollo de iniciativas privadas, a las que se reconoce más motivación y eficacia.

Como conclusión a estas breves reflexiones sobre la seguridad y defensa relacionadas con el espacio, basadas en el ejemplo de un Estado muy diferente de los que llamamos «de nuestro entorno», podemos decir: la exploración y explotación del espacio es una de las actividades más importantes, si no la más importante, para garantizar nuestra seguridad y bienestar, a través del conocimiento adquirido, y que no solo no excluye, sino que justifica la cooperación internacional bajo los principios de igualdad y equidad. Otros campos de actividad se parecen, y se relacionan, con el del espacio, por ejemplo las tecnologías de la información, que pueden desestabilizar países con más facilidad, y menos costo, que la guerra tradicional. Pero ¿hay mejor manera de informar que hacerlo desde el espacio?

La privatización y la gobernanza del espacio: una obra para titanes

Hemos visto en capítulos anteriores la marcha, que parece irreversible, hacia una integración de la iniciativa privada en los asuntos del espacio, y a los problemas de gestión que las vigentes leyes espaciales pueden suponer en un futuro próximo. Ambos asuntos están íntimamente ligados y requieren un tratamiento conjunto.

La privatización de las actividades no supone, al menos de momento, la enajenación de activos del espacio, como son las órbitas de los cuerpos celestes, lo que chocaría frontalmente contra el Artículo II del vigente tratado del espacio, sino más bien el uso comercial del espacio exterior, tal como lo presentó la OCDE en su informe de 2011[12]. Por cierto, dicha entidad calculó en más de trescientos mil millones de dólares el valor de las actividades espaciales globales en el año 2012, y pronosticó un sólido crecimiento (en el entorno del 7%) en los próximos años. De esta cifra un 38% eran de productos directamente derivados del espacio, como son las comunicaciones y la observación de la Tierra.

La definición más amplia de «actividad privada» (o comercial, si se prefiere este término) es la realizada por una entidad no gubernamental (lo que no excluye que tenga capital del Estado), asumiendo los riesgos de su actividad, y con capacidad legal para ofrecer los servicios a sus clientes, sean gubernamentales o privados. Es importante leer a Rolf Skaar, antiguo miembro de Comité de Política a Largo Plazo de la ESA, y también del Consejo Rector del ESPI en su obra «Comercialización del Espacio y

[12] OECD, Handbook on Measuring the Space Economy, OECD publishing.

su Evolución»[13], donde ya citaba estos temas y la transferencia de conocimiento del sector público al privado, que permitía a este tomar la iniciativa a nada que la legislación vigente se lo permitiera.

Las actividades susceptibles de ser privatizadas son la prestación de servicios hacia y desde la órbita, incluyendo el desarrollo de los adecuados sistemas de transporte espacial, y aquellos servicios en órbita, desde el ya incipiente turismo espacial, a en un futuro la minería, la generación de energía e incluso la agricultura, de lo que hablaremos en los apartados siguientes. Hablando de turismo espacial, y dada la indefinición sobre la frontera entre lo aeronáutico y lo espacial, hay unas cuantas iniciativas interesantes (incluso con empresas españolas) pero que no son, en sentido estricto, espaciales. Nos referimos a los vuelos parabólicos, para disfrutar de unos minutos de ingravidez, y a los vuelos en globos estratosféricos, que permiten ver la curvatura de la Tierra, y la negritud del firmamento, pero que se quedan muy por debajo de los cien kilómetros de altura. Sin embargo, sí estarían catalogados como «espaciales» los vuelos suborbitales (siempre y cuando superen, siquiera brevemente los 100 Km de altura) y las actividades y servicios hacia la órbita, como es el aprovisionamiento de la Estación Espacial Internacional, o desde la órbita, como son la generación de imágenes por empresas privadas, la limpieza, en su día, de los residuos en órbita, e incluso el envío de las cenizas de seres humanos, en vez de enterrarlas o esparcirlas por el mar.

El lector avisado puede preguntarse qué potencias espaciales tienen interés en esta comercialización, dados los regímenes políticos vigentes en Rusia, China, e incluso en la India, por no hablar de otros países más exóticos y cuyas actividades espaciales están más bien para demostrar músculo que para el desarrollo pacífico del espacio. Sin embargo Rusia, por ejemplo, tiene «privatizada» una gran parte de su industria espacial (NPO Energya, la mayor empresa de transporte espacial del país tiene «solo» un 40% de su capital en manos del Estado) y hay muchos Estados que tienen interés en dejar que sean entes ajenos a los poderes públicos los ejecutores de su política. Así, en caso de «accidentes» una gran parte de la responsabilidad caerá sobre los administradores de estos entes privados, y no sobre los gobernantes, que podrán incluso presumir de aplicar castigos ejemplares. Evidentemente estas empresas están controladas y bajo la regulación de sus gobiernos, pero no dejan de ser privadas, como lo son en España Iberdrola o Endesa, por citar alguna, lo que no es óbice para que su actividad esté completamente sometida a los poderes públicos.

Pero en todo esto, y como se decía en el siglo XIX del Imperio Otomano, tenemos un «gran enfermo» que no es otro que Europa. En efecto, grandes y no tan grandes potencias espaciales tienen un gobierno único, y

[13] Skaar, Rolf. ESPI report 4, mayo 2007.

sin embargo Europa tiene unas estructuras supranacionales, y decenas de Estados soberanos, con los que hay que coordinar cualquier decisión de alcance. Y para hacer el número más difícil todavía, las estructuras supranacionales no tienen la misma composición (UE, Agencia Europea del Espacio, Agencia de Defensa, etc.) ni siquiera los mismos intereses.

El Tratado de Lisboa ya da poder a la Unión Europea para ocuparse del Espacio, y con ciertas prevenciones de temas de defensa enmarcados dentro de la seguridad, pero de momento lo que tenemos es una batalla por el poder entre la Comisión Europea y la Agencia Espacial, con algunos programas calificados como estratégicos para Europa, como son Galileo y Copernicus, sufriendo las consecuencias. Llama poderosamente la atención que países que se dicen democráticos y liberales se comporten a veces como el perro del hortelano, ni comen, ni dejan comer, en el sentido de que dicen que no tienen los medios financieros para sufragar ciertos programas, y que por lo tanto solicitan la contribución del capital privado, pero por otro lado niegan a esta contribución una razonable garantía de recuperación, bajo el argumento de que los servicios que se presten tienen que ser cubiertos y sin coste para el ciudadano. Al final se hacen los programas con exclusiva financiación pública, pero tras perder años de desarrollo y sufrir importantes sobrecostes.

A escala mundial no están las cosas mucho mejor, la comisión para el uso pacífico del espacio de la ONU, COPUOS, no tiene una subcomisión para tratar las iniciativas no gubernamentales, seguramente por el corsé de los Tratados del Espacio. Hay una iniciativa muy interesante, introducida por un experto español, para añadir a las dos subcomisiones existentes una tercera sobre «asuntos económicos y sociales»[14] que se ocuparía de las actividades comerciales. Ojalá prospere.

Lo que sí es indudable es que en el inmediato futuro se renovarán los esfuerzos por tener una legislación espacial que favorezca la iniciativa privada, no contra la pública, sino haciendo que ésta sea subsidiaria en materia de aplicaciones, y sólo sea esencial en los campos de la ciencia, la seguridad y la defensa.

Una mirada desenfadada a un futuro posible

Moría el siglo XVIII cuando el físico italiano Alejandro Volta enviaba a la Royal Society sus descubrimientos sobre la electricidad, que treinta años después ampliaba el inglés Michael Faraday. Y aunque ya se aplicaba para el telégrafo desde mediados del siglo XIX, tuvieron que pasar

[14] Prado, Elvira.III Seminario sobre Actividades Espaciales y Derecho. Instituto Iberoamericano de Derecho Aeronáutico y del Espacio y de la Aviación Comercial, p. 138. Madrid, 2013.

90 años para que la electricidad tuviera su primera aplicación comercial, sustituyendo al gas como fuente de iluminación de las ciudades.

En el principio del siglo XXI se han confirmado diversos aspectos de la relación entre la Teoría General de la Relatividad y la Física Cuántica[15] que no es otra que la gravitación, y además se ha confirmado la existencia del bosón de Higgs, aquel que da la característica de la masa a las partículas elementales. No es quizás excesivamente aventurado pensar que en tres generaciones la ciencia haya aprendido a manejar la gravedad, lo que traería consecuencias muy interesantes, algunas obvias, y otras no tanto como es el poder modular el campo gravitatorio y tener un sistema de comunicaciones casi instantáneo, pues la señal gravitatoria cruzaría todo el universo en menos de un segundo (!) dejando a la velocidad de la luz a la altura del tam-tam. Obsérvese que no se postula algo más rápido que la luz, sino que se detectan modulaciones del campo gravitatorio de forma casi independiente a su distancia del observador.

Una de las consecuencias obvias de poder jugar con las leyes de Newton es la de tener que dejar a la superficie de la Tierra como única área accesible para el ser humano. Ya en el siglo XIX, con la llegada de los medios de transporte de masas, las ciudades dejaron de albergar los centros fabriles, pasando estos a áreas especializadas y dejando las ciudades esencialmente como lugar de residencia. En analogía con estos hechos, si podemos prescindir de los cohetes para abandonar el pozo gravitatorio terrestre, y tan importante como esto, podemos depositar en la superficie de la Tierra, sin necesidad de tener un pesado escudo térmico para la reentrada, desde cualquier órbita, cualquier masa, podremos de manera eficaz ubicar los centros fabriles y las plantas generadoras de energía fuera de la Tierra, con la correspondiente ganancia en limpieza y seguridad.

Como se viene repitiendo en estas líneas, no hay respuesta para prevenir el uso indebido de la capacidad de alterar el efecto de la gravedad, el arma es la mente humana y no la capacidad tecnológica. Pero si se adquiere esta capacidad los usos benéficos de la misma con mucho superarán los posibles horrores que pudieran acarrear.

La Humanidad no tiene solo la Tierra para desarrollarse, sino un sistema binario Tierra-Luna, donde el satélite es del orden de magnitud, en tamaño, que el planeta (Figuras 7 y 8), lo que lleva al concepto de la Gran Tierra (Figura 9), esfera de influencia de unos tres millones de kilómetros de diámetro, y que alberga la Luna y varios cientos de pequeños cuerpos celestes próximos, y dos de los cuatro puntos de libración, o puntos de equilibrio, entre los tres cuerpos que dominan el campo gravitatorio próximo, es decir el Sol, la Luna y la Tierra.

---

[15] Faus, Antonio Alfonso. Frontiers of Fundamental Physics, Eight International Symposium, AIP Conference proceedings. Volume 905, p. 125. Melville Ed. New York, 2007.

Figura 7

Figura 8

Lo primero que podría sacarse a órbita son las plantas solares de generación de energía, concepto desarrollado por Glaeser hace ya cincuenta años, donde aprovechando que el Sol ilumina las veinticuatro horas del día, se podría producir energía de forma continua y retransmitirla a la Tierra como microondas (Figura 10).

Las plantas tendrían dimensiones considerables, de unos 10 Km de largo, con las antenas de 500 metros de diámetro, para conseguir que la

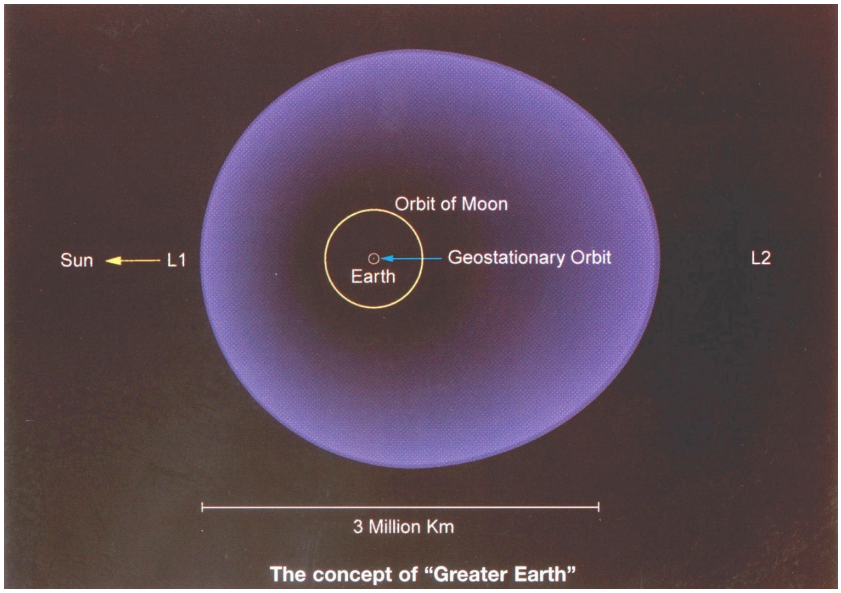


Figura 9

densidad de potencia del haz en la superficie de la Tierra fuera de unos pocos miliwatios por metro cuadrado, equivalente a lo que se tiene bajo una línea de alta tensión hoy en día. Los puristas se preguntan qué efecto tendría este hoy sobre la atmósfera terrestre. Lo tendría, faltaría más,

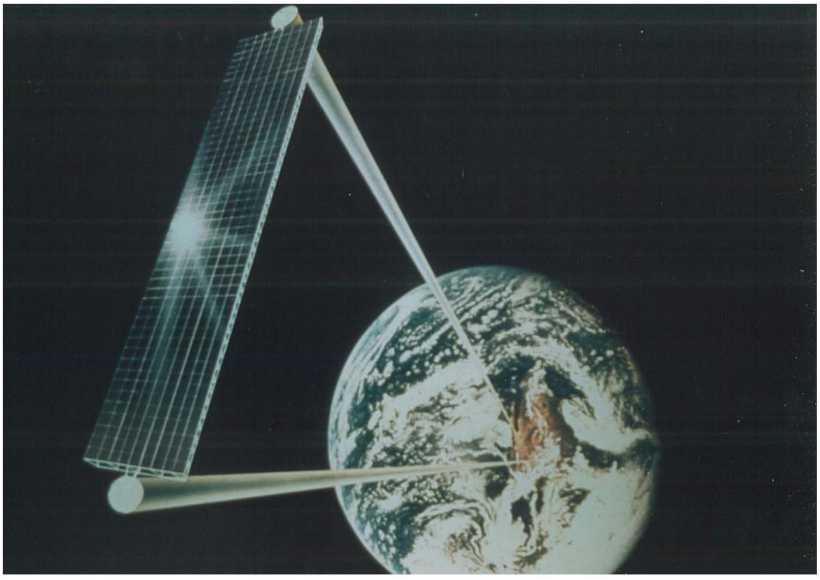


Figura 10

pero se puede apostar con toda seguridad que menos que quemar millones de toneladas de productos fósiles cada día, como hacemos hoy. Otros, más preocupados por la estética, se quejan de que estas estructuras en órbita estropearían el cielo nocturno (Figura 11) y no permitirían la observación del espacio profundo con los telescopios. Claro está que si tenemos aparatos de 10 Km de longitud en órbita, en estos mismos ingenios podremos tener los más avanzados telescopios y además sin el inconveniente de la atmósfera terrestre.

Figura 11

La realidad puede superar la ciencia-ficción, si dominamos la gravedad para poder orbitar estos monstruos, podremos, a lo mejor, confinar los átomos de hidrógeno y producir la fusión nuclear, con lo que en órbita tendríamos plantas de dimensiones mucho más pequeñas para la misma potencia instalada. Además la materia prima, el isótopo tritio, abunda en la superficie de la Luna, lo que permite su explotación sin dañar la superficie de la Tierra, que es lo que queremos proteger.

Pero una gravedad reducida es también una bonanza para mucha gente, por ejemplo los que sufren del corazón, y para el crecimiento de animales y plantas. Acabaremos teniendo granjas orbitales (Figura 12) y hábitats (Figura 13), con sus correspondientes corazas antirradiación, lo que en su día incluso dará lugar a una diversificación de la raza humana, entre los terrenos y los espaciales. Soñar no cuesta nada, lo que es caro es no tener ilusiones y seguramente lo que más dificulta este escenario serán temas de gobernanza antes que las barreras tecnológicas.

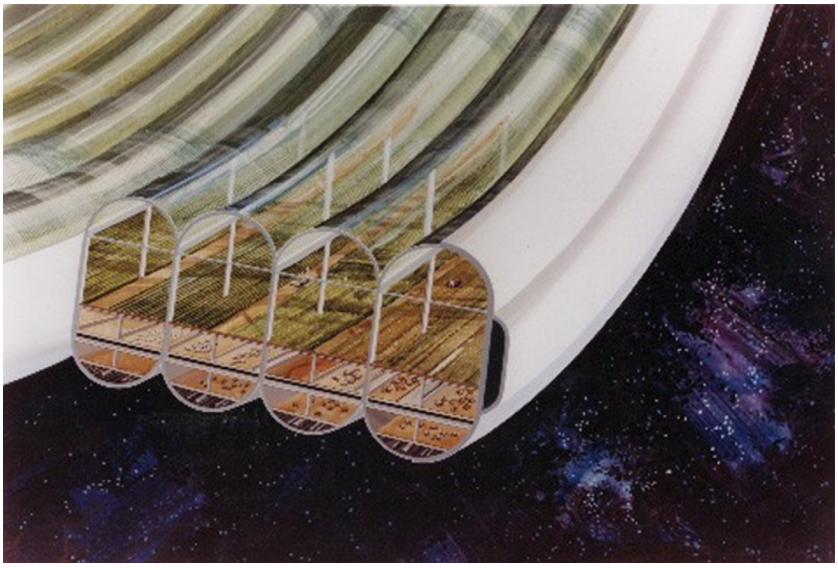


Figura 12

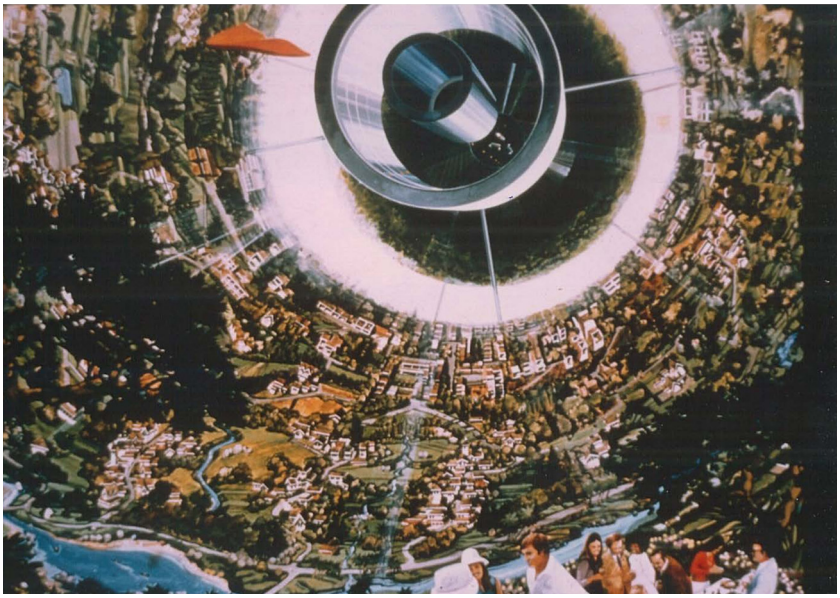


Figura 13

Por cierto, un dominio de los campos gravitatorios daría una solución al tema de los NEOs (cuerpos celestes próximos a la Tierra) del que no podemos olvidarnos, pues siempre tendremos la amenaza de un impacto catastrófico, como nos lo recuerda el satélite Mimas de Saturno (Figura 14).

Figura 14

Finalmente, pero no lo menos impactante, es el conocimiento sobre la variedad y tamaño del Universo. La conocida imagen tomada por el telescopio espacial Hubble (Figura 15) de el punto más oscuro de nuestro cielo, que mostraba miles de galaxias como la nuestra, y la demostrada existencia de agua en muchos cuerpos celestes, como es el caso de Marte, o del satélite galileano de Saturno Europa (Figura 16), completamente cubierto por hielo, nos apuntan a una posible existencia de vida extraterrestre, y a las consecuencias éticas y filosóficas que su confirmación supondrían para la Humanidad.

Figura 15

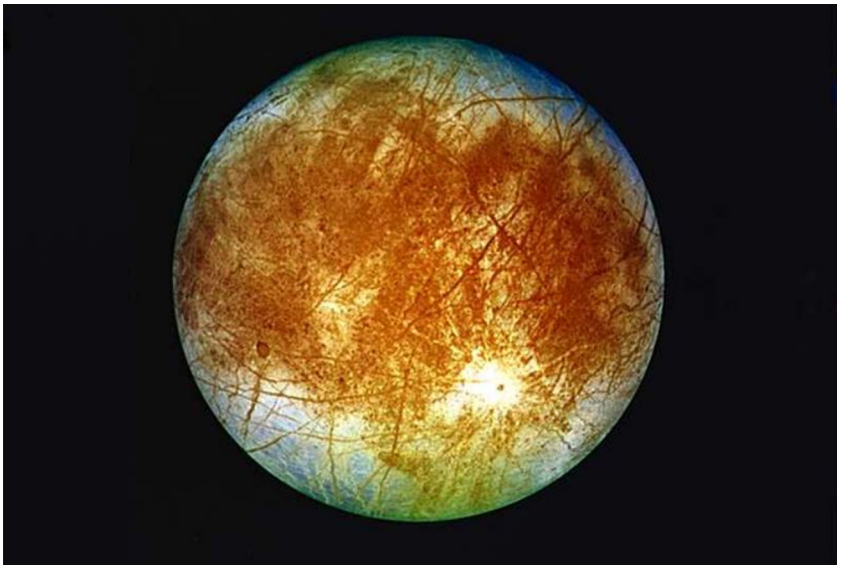


Figura 16

De momento nos quedamos en nuestro Sistema Solar, que ya ofrece campo de sobra para la exploración y explotación del espacio. La bellísima imagen tomada por la Sonda Cassini (Figura 17) donde se vislumbra a la Tierra en el anillo exterior de Saturno, hacia las 10 si fuera un reloj, nos enseña simultáneamente la pequeñez de nuestro planeta y la inmensidad de las tierras a explorar. Es de esperar que hayamos aprendido alguna lección del pasado.

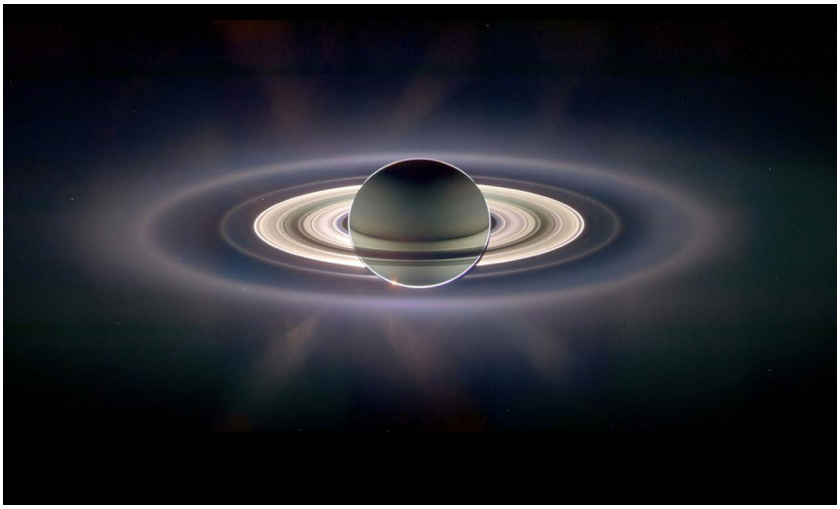


Figura 17

Algunas reflexiones sobre el futuro de la actividad espacial en España

Aunque vivimos tiempos en que se duda de todo, es un hecho que España es parte de Europa, y por lo tanto su destino está unido al de esta última. Los problemas de España son los de Europa, falta de visión estratégica debido a los múltiples intereses creados, y difícil gobernanza por la excesiva atomización de la capacidad de acción como ente único en programas como Copernicus (antes GMES[16]), con sus complicaciones institucionales, técnicas y de ámbito de aplicación. España está en la misma tesitura con el espacio, pues es la opinión de este autor que no estar activo en este campo es abandonar el futuro, como lo era en los siglos XV y XVI la navegación. Con poco esfuerzo institucional (y en España no llega a 5€ persona y año) se puede llegar muy lejos, y recortar donde hay muy poco no soluciona ninguna crisis, y puede llevar a la pérdida de posiciones adquiridas. Y pero aún, si la gestión de este poco no es eficaz, el daño se multiplica.

España además conoce bien (y a veces bien le duele) lo que es la fragmentación del poder ejecutivo, con lo que con su experiencia puede ayudar a otras naciones europeas a alcanzar consensos y decidir la vía de acción, aparte de que, y esto la propia ciudadanía española lo ignora, está bastante bien situada en el conjunto de las Naciones activas en el campo espacial. Hay empresas bien situadas en el campo de los servicios, una capacidad propia en temas de seguridad y defensa, y una industria que vende bien, pues está especializada y lo que hace lo hace muy competitivamente. Además España es socio de todas las instituciones europeas del ramo, desde la UE, la Agencia Europa del Espacio, Eumetsat, Eutelsat, Galileo, Copérnico y tantos otros.

Todo lo que se necesita es poner en perspectiva lo que se tiene y la utilidad del espacio, más una buena gestión de los modestos presupuestos institucionales. El problema, como dice el conocido investigador Fernando Reinares, del Instituto Elcano, es que somos un país que carece de consensos fundamentales en materias de defensa, seguridad y relaciones internacionales[17] (y eso que se refería al gravísimo atentado del 11 de Marzo de 2004) y que nuestra clase política por tanto trabaja a corto plazo. Ya decía el filósofo J.H. Montgomery, hace casi un siglo (Tabla 2) que para sobrevivir, una sociedad tiene que tener placeres presentes y proféticos, lo que traducido al lenguaje de la calle quiere decir atreverse con programas ambiciosos, que nos darán más capacidad de supervivencia y más satisfacciones que la simple persecución del estado del

[16] Pavlov, Nikolay.«EU Crisis Management and the Security Dimension of GMES». *ESPI perspectives G3*, november 2012.

[17] Reinares, Fernando. *ABC*. Domingo 9 de marzo de 2014, p. 39.

bienestar. Pero esto no se consigue sin esfuerzo, y sin continuidad, como cualquier otra gran gesta humana.

Si estas líneas contribuyen a ayudar a nuestros políticos a tomar las buenas decisiones, serán un resultado más que satisfactorio.

Una Sociedad no es un fin en sí misma, sino los medios para alcanzar otros fines. Al igual que los organismos individuales, la Sociedad organizada puede ser buena o mala. Es mala si ha alcanzado la seguridad sólo para consumir sus bienes y repetir fórmulas de conducta, pues entonces ni siquiera puede disfrutar de sí misma. Es buena sólo si sus placeres son a la vez presentes y proféticos.

J.H. Montgomery "La biología de la Sociedad".

Tabla 2

Infraestructuras espaciales en España

David Ramírez Morán

Anexo I

Introducción

A continuación se ha elaborado una relación de las infraestructuras espaciales más importantes ubicadas en España. Los elementos más significativos que caracterizan a estas infraestructuras son los sistemas de transmisión, formados por antenas de grandes diámetros y transmisores de media y alta potencia, y por centros con las capacidades necesarias para tratar los flujos de información, tanto por su volumen como por las medidas de seguridad con las que hay que manejarla y distribuirla.

Se han incluido también aquellos centros que cuentan con instrumentos o instalaciones de aplicación específica para el sector espacial.

Centro espacial de Canarias

La estación de seguimiento de Maspalomas fue creada por la NASA en el año 1960 con la firma de un acuerdo con el gobierno español el 18 de marzo de 1960 y entrando en funcionamiento en enero de 1961. Se construyó para dar soporte a las misiones Gemini y Mercury, siendo utilizada posteriormente para las misiones Apollo, Apollo-Soyouz y Skylab. En abril de 1975 terminaron las operaciones de la NASA en la estación y no fue hasta 1979 cuando se encomendó al INTA la labor de reactivar la instalación para la recepción de datos de satélites, incorporándola a la

red Earthnet de la ESA. Desde entonces se han ido ampliando las capacidades de la estación hasta hoy. Actualmente la estación es propiedad del INTA aunque colabora con distintos organismos y agencias como ESRIN, JAXA, ESOC, EUMETSAT, Hispasat e Hisdesat. La estación está especializada en operaciones de control y seguimiento de satélites y forma parte de la red de estaciones de apoyo de la ESA y de la JAXA.

En 1994 se ubicó el Centro de Recepción de Imágenes Español (CRIE) del programa Helios en las dependencias de la estación aunque, desde 2003, esta actividad se lleva a cabo directamente en las instalaciones del CESAEROB de la base aérea de Torrejón, descrito más adelante.

En esta estación también se ha hecho la instalación con precisión geodética de un receptor de dos frecuencias de señal GPS (GPS-TDAF, GPS Tracking and Data Analysis Facility) que proporciona medidas continuas a la Instalación de Navegación de ESOC (ESOC Navigation Facility) para la monitorización de la calidad de la señal GPS y el programa EGNOS.

European Space Astronomy Centre (ESAC). Estación de Villafranca del Castillo

La estación fue inaugurada en 1974 fruto de un acuerdo entre España y ESRO para dar servicio al satélite Explorador Ultravioleta Internacional (IUE)[1]. El acuerdo, titulado «Acuerdo para el establecimiento y operación de una estación de control de satélites geoestacionarios en Villafranca del Castillo (Madrid)» fue firmado el 2 de agosto de 1974. Este acuerdo se desarrolló en el seno de la colaboración que NASA propuso a ESRO para el desarrollo del satélite. Una de las contribuciones europea al proyecto consistió en la implantación de una estación de seguimiento del satélite y un observatorio y centro de procesado de datos científicos en España, dando lugar a la estación de Villafranca del Castillo, denominada VILSPA como contracción de VILlafrancaSPAin.

En 1976 se adjudica al INTA, que competía con otras organizaciones europeas, el contrato de mantenimiento y operaciones de la estación, a lo que contribuyó la experiencia adquirida en la gestión de las estaciones de Sardina del Sur para el CNES francés y las de la NASA de Maspalomas, Robledo de Chavela y Fresnedillas. Empezaba así una colaboración entre INTA y ESA que desde entonces se ha mantenido entre las dos organizaciones.

En la estación se ubicaron los centros de Control de la Misión (Mission Operation Center) y de Operaciones Científicas (Scientific Operation Center, SOC) primero de la misión IUE (International Ultraviolet Explorer),

[1] «El sector del espacio desde una perspectiva económica». *Cuadernos CDTI de innovación tecnológica*. CDTI. Noviembre 2005.

que desarrollaron NASA, el Consejo de Investigación Científica del Reino Unido (SERC) y ESA conjuntamente, y, posteriormente, la misión ISO (Infrarred Space Observatory). Más adelante, también se ubicarían en la estación los MOC de las misiones HERSCHEL y PLANCK.

En 2004, la Estación de Villafranca del Castillo (VILSPA) se convirtió en el European Space Astronomy Center (ESAC), uno de los 5 centros principales con los que cuenta la Agencia Espacial Europea. Desde entonces es la sede de los Centros de Operaciones Científicas (SOC) además de encargarse de los archivos de datos de las misiones astrofísicas y planetarias de la ESA.

En 1991 el INTA crea el Laboratorio de Astrobiología Espacial y Física Fundamental (LAEFF), una instalación científica gestionada de forma conjunta por el INTA y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que se ubica en estas instalaciones. En 2010, el LAEFF se integró en la estructura del Centro de Astrobiología (CAB), un centro conjunto entre el CSIC y el INTA, pasando a denominarse CAB ESAC. Por su parte, el personal se incorporó al departamento de Astrofísica del CAB.

Estación de Robledo de Chavela

La estación de Robledo de Chavela también fue creada en 1964 por la NASA para dar soporte a las operaciones de espacio profundo de la Agencia, de las que recibe su denominación de Madrid Deep Space Control Center (MDSCC). En un principio estaba formado por cuatro centros: Robledo 1 y Robledo 2, Fresnedillas y Cebreros aunque los dos últimos centros fueron clausurados, manteniéndose de forma unificada los dos centros de Robledo de Chavela. Actualmente cuenta con un centro de visitantes en el que se exponen las actividades que realiza el centro y maquetas y prototipos de diversas misiones llevadas a cabo por la estación[2].

Inicialmente operado por la NASA, poco a poco se fue incorporando personal del INTA y posteriormente de INSA (actualmente ISDEFE). La red de espacio profundo cuenta con tres estaciones ubicadas en Madrid, en Canberra y en California, de forma que haya una separación de alrededor de 120º entre sí para conseguir una cobertura permanente de todo el espacio con sus antenas de altísima ganancia.

El centro se encuentra integrado en la Red de Espacio Profundo (Deep Space Network, DSN) de la NASA, realizando el seguimiento de misiones en órbita alrededor de la Tierra e interplanetarias. Cuenta con 6 antenas de alta ganancia entre las que destaca la DSS 63 con sus 70 metros de

[2] Complejo Espacial de Robledo de Chavela, INTA, http://www.inta.es/doc/grandesinstalaciones/estacionesdeseguimiento/robledo_nasa.pdf [Consultado 12 de abril de 2014].

diámetro que permite comunicar en bandas S y X con las misiones interplanetarias más alejadas. La antena dispone de receptores para radioastronomía en las bandas L, S, X y K. Cuenta también con 4 antenas de 34 metros: la DSS 54, DSS 55, DSS 61 y DSS 65, que permiten operar en las bandas S, X y Ka, y una antena de 26 metros, la DSS 66, para misiones cercanas a la Tierra operando en banda S.

El centro ha cedido la antena DSS 61 para su utilización como radiotelescopio para fines educativos en el marco del programa PARTNeR que gestiona el LAEFF (Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental) del INTA.

Estación de Fresnedillas-Navalagamella

En el año 1964 la NASA decidió construir esta estación de seguimiento junto a la localidad de Fresnedillas de la Oliva, provincia de Madrid, incentivada por la ubicación y las características geológicas de la zona en la que las montañas de alrededor proporcionan un entorno protegido de emisiones. Estuvo en funcionamiento desde 1967 hasta 1984 y fue en ella donde la noche del 20 de julio de 1969 se recibió la frase de Neil Armstrong «El águila ha alunizado»[3] que informaba de la llegada del hombre a la Luna.

Aunque el personal inicial pertenecía íntegramente a la NASA, en el acuerdo para su instalación se requirió que el personal se sustituyera por técnicos locales tan pronto como éstos adquiriesen la capacitación necesaria, pasando el personal de INTA a formar parte de la plantilla.

La antena de 26 metros con la que contaba el centro fue trasladada en 1983 a las instalaciones del MDSCC en Robledo de Chavela, 2 años antes de que en 1985 se produjera el cierre definitivo de este centro.

La estación se encuentra actualmente en funcionamiento dedicada a tareas de comunicaciones militares y de seguridad nacionales.

Estación de Cebreros

Esta estación fue fundada inicialmente por la NASA en los años 60 como una estación de seguimiento para las misiones de exploración del Sistema Solar aunque fue cerrada a finales de los años 70. En 1980 pasó a ser propiedad del INTA[4] y a principios de 2004 comenzó la adecuación de las

[3] Fresnedillas vivió de primera mano la llegada del hombre a la Luna, 18 de julio de 2009, http://www.rtve.es/alacarta/videos/programa/fresnedillas-vivio-primera-mano-llegada-del-hombre-luna/545914/ [Consultado 4 de mayo de 2014].

[4] Estación de Cebreros, INTA, http://www.inta.es/doc/grandesinstalaciones/estacionesdeseguimiento/cebreros_esa.pdf [Consultado 05/05/2014].

instalaciones por parte de INTA, a la vez que ESA instalaba la Deep Space Antenna 2 (DSA 2), incorporándose a la red de espacio profundo de la ESA en septiembre de 2005. La antena, de 35m de diámetro, tiene capacidad de transmisión y recepción en banda X y de recepción en banda Ka.

Actualmente la estación da soporte a la misión Venus Express y sirve de respaldo para el soporte de la misión Mars Express. Se está planeando actualizar la estación para dotarla con capacidad de transmisión en banda Ka (32 Ghz), dado que ésta se va a convertir en el futuro estándar internacional para misiones de espacio profundo, lo que le permitirá dar soporte a las misiones futuras de ESA como Herschel/Planck, Lisa Pathfinder, Gaia y BepiColombo.

Para las operaciones rutinarias la antena se controla remotamente desde ESOC en Darmstadt mientras que la gestión y mantenimiento local lo proporciona personal de Isdefe (anteriormente INSA).

Al igual que en el Centro Espacial de Canarias, en la estación se encuentra instalado un receptor GPS-TDAF que proporciona medidas de GPS a ESOC.

Centro de satélites de la Unión Europea

Creado con motivo de la Acción Conjunta 2001/55/CFSP del Consejo Europeo[5], el centro se ubica en Torrejón de Ardoz e inicialmente se dotó con recursos de la Unión Europea Occidental (WEU). En 2011, con el cese de actividades de la WEU, terminaron de transmitirse a este centro todas las obligaciones y responsabilidades que esta organización había venido desarrollando.

Las funciones del centro, en línea con la Estrategia Europea de Seguridad, consisten en el soporte a la toma de decisiones en la Unión Europea en el campo de la Política Común de Seguridad Extranjera (Common Foreign Security Policy, CFSP) y, en particular, en lo relativo a la Política Europea de Defensa y Seguridad (European Defense and Security Policy, EDSP), incluyendo las operaciones de gestión de crisis de la Unión Europea.

Para esta misión, desarrolla productos resultantes del análisis de las imágenes obtenidas por satélite y datos adicionales como imágenes aéreas y servicios relacionados. Para ello, adquiere las imágenes de fuentes comerciales y utiliza algunas imágenes de los activos espaciales con los que cuentan las naciones de la Unión Europea.

[5] Las funciones del centro se han visto modificadas por las Acciones Conjuntas del Consejo 2006/998/CFSP, de 21 de diciembre de 2006; 2009/834/CFSP, de 10 de noviembre de 2009; y por la decisión del Consejo 2011/297/CFSP, de 23 de mayo de 2011 y corregida en tres ocasiones en 2007 y 2012.

Centro de Sistemas Aeroespaciales de Observación (CESAEROB)

Creado en 1994 e inaugurado en febrero de 1995 bajo las siglas CPHE (Centro Principal Helios Español) se encuentra ubicado en la base aérea de Torrejón y es el centro encargado de la participación española en el programa Helios. En 2000 cambia la denominación del centro a la actual, CESAEROB, y desde 2003 se ocupa de todas las operaciones del Sistema Helios, encargándose de la descarga de las imágenes de los satélites, que hasta entonces se había realizado en el CRIE del Centro Espacial de Canarias.

A lo largo de su historia ha tratado las señales del satélite Helios 1A, del Helios 1B antes de que fuera sacado de órbita prematuramente por problemas en los generadores de energía eléctrica el 21 de octubre de 2004, del Helios 2A, lanzado el 18 de diciembre de 2004 y del Helios 2B lanzado el 18 de diciembre de 2009.

El centro también está encargado del tratamiento de las imágenes del sistema Pleïades, que va a continuar la labor del sistema Helios cuando finalice su vida útil, para el que se han construido unas nuevas instalaciones en la misma ubicación y en las que Indra ha sido la empresa adjudicataria del desarrollo del sistema terreno[6].

La misión del centro es satisfacer las necesidades de información e inteligencia, dentro del campo de las imágenes, de las altas autoridades gubernamentales y de las Fuerzas Armadas, con el fin de apoyar la toma de decisiones y la estimación adecuada de los riesgos[7].

Centro europeo de servicios de sistemas de navegación global por satélite (GSC)

Tras arduas negociaciones en la Comisión Europea, en mayo de 2011[8] se firmó el acuerdo por el que finalmente uno de los centros de control del sistema Galileo se instalaría en España. El centro, denominado GSC (GNSS Service Centre), constituye el único punto de contacto entre el sistema Galileo y todos los usuarios nacionales y extranjeros del servicio

[6] http://www.indracompany.com/noticia/indra-implantara-segmento-terreno-del-programa-espacial-pleiades [Consultado 05/05/2014].

[7] Centro de sistemas aeroespaciales de observación (CESAEROB). http://www.ejercitodelaire.mde.es/ea/pag?idDoc=887363D6EFC9E01AC12570DD0042A1B0&idRef=6A3CCC2C13B26166C125745900267939 [Consultado 05/05/2014].

[8] The European GNSS Service Centre, European Global Navigation Satellite Systems Agency Comisión Europea.
http://www.gsc-europa.eu/about-the-gsc/the-european-gnss-service-centre [Consultado 14/05/2014].

abierto (Open Service OS) y el servicio comercial (Commercial Service CS) que va a prestar el sistema.

Se encuentra ubicado en las instalaciones del INTA en Torrejón de Ardoz, Madrid, y su construcción ha supuesto una inversión de 34 M€. España contribuyó con 4 M€ dedicados al estudio previo y a la construcción del edificio. Una vez en funcionamiento, el centro contará con entre 35 y 50 trabajadores de alta cualificación. La inauguración del centro, que ha recibido el nombre de «Loyola de Palacio» en honor a la comisaria española fallecida en 2006, se realizó el 14 de mayo de 2013.

La ubicación de este centro en España es muy importante porque va a ser el punto de referencia y consulta para toda la industria europea sobre la utilización de los datos que proporciona el sistema en sectores como la agricultura, el transporte o la cartografía. Estos usos constituyen puntos de partida para el desarrollo de nuevas aplicaciones en muchos otros sectores que se beneficiarán de incrementos de la eficiencia y de reducción de costes gracias a la incorporación de estos servicios en sus modelos de negocio.

Centro de ensayos del programa Ariane

El INTA, como órgano nacional de certificación acreditado, cuenta con este centro para realizar ensayos estructurales y funcionales del lanzador Ariane. Creado en 1999 en colaboración con EADS CASA ESPACIO[9], en la instalación se albergan los sistemas destinados a calificar las estructuras de la parte alta de la nueva generación del cohete europeo Ariane, con los que se verifica entre otros parámetros el correcto comportamiento estructural del lanzador ante las enormes vibraciones originadas durante el vuelo.

Campo de experimentación de El Arenosillo (CEDEA)

Creado en 1964, fue testigo de las actividades de los acuerdos de colaboración entre CONIE y NASA y, posteriormente, entre INTA y NASA. Más adelante, en el seno del programa CONIE-NASA-CNES, colaboró con el Instituto Max Planck.

En esta instalación situada en Huelva se recibieron las señales del primer satélite enviado al espacio por España, el INTASAT. Además de la recepción de las señales de los primeros satélites, el centro se convirtió también en centro de ensayos de cohetes, donde los equipos de radar

[9] Luis Muñoz Sevilla y José Maroto Sánchez. *Centro de ensayos del programa Ariane (CEPA): A new Joint INTA-EADS CASA ESPACIO test facility for the qualification of large Ariane structures*. Pp. 307-313. http://adsabs.harvard.edu/full/2001ESASP.467..307S.

y telemedida constituían uno de sus principales activos. La gestión del centro se ha llevado a cabo, desde su creación, por el INTA.

En la actualidad, el centro prácticamente ha abandonado el campo espacial y centra sus actividades en ensayos y maniobras de misiles y armamento, además de mantener las actividades de sondeo atmosférico que lleva realizando desde los años 60.

Estación de Sardina del Sur

Tras la entrada de España en la European Space Research Organization en 1962 se firmó un acuerdo entre la Comisión Nacional de Investigación de Espacio (CONIE) española y el Centre National des Études Spatiales (CNES) francés en 1964[10] para la instalación de una estación de telemedida y telemando de satélites científicos en la isla de Gran Canaria. La estación se ubicó en la localidad de Sardina del Sur, cerca del aeropuerto de Gando, y su gestión se encomendó a personal del INTA. También en 1964 ESRO se adhirió a este convenio hispano-francés, para su programa de satélites científicos, estableciendo el INTA como punto focal técnico. La instalación fue clausurada en 1976.

Instalaciones colaboradoras con la Agencia Espacial Europea

En España se encuentran ubicadas 4 instalaciones singulares que trabajan en estrecha colaboración con la ESA. Estas son los laboratorios SPASOLAB, MELiSSA y el de radiofrecuencia de alta potencia, así como el Spanish User Support and Operation Center relacionado con la Estación Espacial Internacional.

Laboratorio Spasolab

El Space Solar Cell Test Laboratory (Spasolab), ubicado en las instalaciones del INTA, en Torrejón de Ardoz, fue creado en virtud de la selección del INTA por parte de la ESA en 1989 como laboratorio para la certificación de células solares espaciales.

Dispone de unas instalaciones dotadas del equipamiento necesario y el personal especializado para la realización de la certificación completa de células solares fotovoltaicas para uso espacial[11].

---

[10] Valeriano Claros Guerra y Rafael León Serrano. «Historia de la estación de seguimiento de Villafranca del Castillo VILSPA (1975-2009)», INTA, diciembre 2011.

[11] SPASOLAB Energía fotovoltaica. INTA.
http://www.inta.es/doc/laboratoriosensayo/spasolab/cel_sol-spasolab.pdf [Consultado 09/05/2014].

Laboratorio Melissa

MELiSSA es el acrónimo de Sistema Alternativo de Soporte Microecológico para la Vida (Micro-Ecological Life Support System Alternative), un proyecto innovador de la Agencia Europea del Espacio que se inició como parte de un programa de investigación de tecnologías de apoyo a la vida, para comprobar la viabilidad de una misión espacial tripulada de larga duración[12].

Se trata de un proyecto internacional multidisciplinar en el que ya han participado más de 30 organizaciones. Entre ellas se encuentra la Universidad Autónoma de Barcelona que además aloja las instalaciones del proyecto en esa ciudad.

El experimento que se está llevando a cabo consiste en la recreación de un ecosistema cerrado autosostenible en el que se reciclan todos los compuestos químicos asociados a la vida en su interior. El objetivo es desarrollar las vías para reducir la carga de alimentos y oxígeno necesaria en el despegue para acometer misiones espaciales tripuladas de larga duración.

Laboratorio de radiofrecuencia de alta potencia

Dentro del Consorcio Espacial Valenciano (Val Space Consortium, VSC), formado por la Generalidad Valenciana, el Ayuntamiento de Valencia, la Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia, se ubican dos laboratorios de la División de Sistemas, Cargas Útiles y Tecnologías de la ESA[13]. Situados en el Parque Científico Tecnológico «Ciudad Politécnica de la Información», se encuentran gestionados por la Universidad Politécnica de Valencia y por la Facultad de Física de la Universidad de Valencia. Los recursos con los que cuenta el centro los proporcionan a partes iguales la ESA y el VSC.

El Laboratorio Europeo de Alta Potencia en Radiofrecuencia, inaugurado en julio de 2010[14], está especializado en efectos de ruptura en RF (Multipactor, Corona y Manejo de Potencia) y en el estudio de la Intermodulación Pasiva (PIM). Cuenta con dos salas limpias de clase 10000 (ISO 7) de 200 m^2, 5 cámaras de alto vacío e instrumental de última generación para la realización de pruebas sobre efectos de alta potencia en radiofrecuencia en bandas comprendidas entre 435 MHz y 30 GHz.

---

[12] Página web del proyecto MELiSSA. http://www.uab.cat/servlet/Satellite/i-d-i/melissa-1295852698572.html [Consultado el 11/05/2014].

[13] Página web del Valencia SpaceConsortium VAL-VSC, http://www.val-space.com/ [Consultado el 11/05/2014].

[14] Nuevo laboratorio de la Agencia Espacial Europea en España. 16 de febrero de 2010. http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/Nuevo_laboratorio_de_la_Agencia_Espacial_Europea_en_Espana [Consultado el 11/05/2014].

Por su parte, el Laboratorio Europeo de Materiales de Alta Potencia para Espacio ESA-VSC está especializado en la investigación de materiales novedosos y el tratamiento de superficies que permitan mejorar la potencia de Radiofrecuencia (RF) que se transmite desde los más modernos satélites. Cuenta con una sala limpia de clase 100000 con una superficie total de 75 metros cuadrados.

Spanish User Support and Operation Center

El Spanish User Support and Operation Center (E-USOC) es un centro de la Universidad Politécnica de Madrid especializado en actividades de investigación y desarrollo en los campos de ciencia espacial y tecnología[15]. Se encuentra ubicado en el Centro de Excelencia en Investigación del campus de Montegancedo de la universidad en la localidad madrileña de Boadilla del Monte.

Al igual que otros USOC ubicados en varios países europeos, se encarga de la implementación de la carga de pago europea a bordo de la Estación Espacial Internacional. También son responsables de la monitorización y control en remoto de las operaciones de ciertos experimentos llevados a cabo en la Estación Espacial Internacional.

El centro también constituye el punto de contacto para investigadores españoles y europeos que desarrollan experimentos en los que son necesarias condiciones de microgravedad como aquellos desarrollados en la Estación Espacial Internacional, en vuelos parabólicos, torres de caída, etc. Actualmente es el organismo encargado del Fluid Science Laboratory del módulo de experimentación Columbus situado en la Estación Espacial Internacional.

Estación de seguimiento de Arganda

Construida inicialmente para el control y seguimiento de los satélites Hispasat, con la creación de Hisdesat se han incorporado los sistemas de control y seguimiento asociados a los servicios que presta esta compañía. El equipamiento de la estación ha sido proporcionado por la empresa Indra Sistemas.

Estaciones de control de Valladolid y Puertollano

La empresa Deimos Space creó unas instalaciones para el seguimiento y control del satélite de observación Deimos I, que fue puesto en órbita en

[15] Página web del E-USOC http://www.eusoc.upm.es/es/.html [Consultado el 11/05/2014].

2009. Estas instalaciones se encuentran ubicadas en el Parque Tecnológico de Boecillo en Valladolid. Desde estas instalaciones se lleva a cabo el control y seguimiento de la misión, se reciben los datos captados por el satélite y se elaboran los productos de imaginería digital para todo tipo de clientes.

A lo largo de 2014 está planificado el lanzamiento del segundo satélite de la empresa, que mejorará la resolución óptica. Para este satélite, la empresa ha construido unas nuevas instalaciones en Puertollano que incluyen un centro de integración de satélites, un centro de operaciones y una estación de control y seguimiento.

Centros públicos de investigación espacial

David Ramírez Morán

Anexo II

Introducción

La investigación sobre el sector espacial en España se lleva a cabo en numerosos centros de investigación repartidos por toda la geografía nacional. En muchos casos estos centros dependen de forma directa o indirecta de los dos organismos de referencia en España, el INTA, en el campo aeroespacial y el CSIC de manera más amplia.

Además de estos centros, existen otros que pese a que su función principal no está directamente relacionada con el espacio, desarrollan actividades que resultan de interés para el sector y, de hecho, participan con frecuencia en el diseño, desarrollo y explotación de las misiones espaciales.

Por último, las universidades también realizan una excelente labor de investigación para el sector espacial mediante centros o institutos dedicados o, directamente, por los grupos de investigación relacionados.

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas»

Desde su creación en 1942 por el matemático, ingeniero y científico D. Esteban Terradas i Illa, el INTA ha desarrollado una intensa actividad primero en el campo aeronáutico y posteriormente en el espacial. El INTA es

el Organismo Público de Investigación especializado en la investigación y desarrollo tecnológico aeroespacial que tiene entre sus principales funciones las siguientes[1]:

- La adquisición, mantenimiento y mejora continuada de todas aquellas tecnologías de aplicación en el ámbito aeroespacial.
- La realización de todo tipo de ensayos para comprobar y certificar materiales, componentes, equipos, subsistemas y sistemas de aplicación en el campo aeroespacial.
- El asesoramiento técnico y la prestación de servicios a entidades y organismos oficiales, así como a empresas industriales o tecnológicas.
- La actuación como centro tecnológico del Ministerio de Defensa.

Cuenta con varias grandes instalaciones relacionadas con el sector aeroespacial, como son el Centro Espacial de Canarias, el Centro de Astrobiología, el centro de ensayos del programa Ariane, aviones instrumentalizados, el centro de experimentación de El Arenosillo y opera las estaciones de seguimiento espacial ubicadas en Robledo de Chavela, Cebreros y Villafranca del Castillo.

Entre sus múltiples actividades en el sector aeroespacial figuran el desarrollo de los satélites de experimentación Intasat, Minisat 01, Nanosat 1 y Nanosat 1B, además de participar y colaborar de forma activa en muchos otros programas espaciales, desempeñando funciones como centro de investigación, como desarrollador de instrumentos o como gestor o integrador.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC

En 1907 se creó la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, presidida por D. Santiago Ramón y Cajal, que dio lugar a la creación de numerosos laboratorios y centros de investigación en su primera fase hasta 1938. En 1939 se crea el CSIC, que asume los locales y competencias de la JAE. En 2008 se modificó su naturaleza convirtiéndose en Agencia Estatal adscrita al actual Ministerio de Economía y Competitividad a través de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación.

La Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es la mayor institución pública dedicada a la investigación en España y la tercera de Europa. Su objetivo fundamental es desarrollar y promover investigaciones en beneficio del progreso científico y tecnológico. Cuenta con 15.000 trabajadores, que incluyen 3.000 investigadores en plantilla y otros tantos en formación, haciendo un total del 6% del personal de

[1] http://www.inta.es/QuienesSomos.aspx [Consultado 26/05/2014].

investigación y desarrollo del país y que generan el 20% de la creación científica.

Sus principales funciones son:

- Investigación científica y técnica de carácter multidisciplinar.
- Asesoramiento científico y técnico.
- Transferencia de resultados al sector empresarial.
- Contribución a la creación de empresas de base tecnológica.
- Formación de personal especializado.
- Gestión de infraestructuras y grandes instalaciones.
- Fomento de la cultura de la ciencia.
- Representación científica de España en el ámbito internacional.

La agencia cuenta con un gran número de centros de investigación adscritos en los que se desarrollan tareas de investigación de ámbitos muy diversos desde las ciencias sociales o de la salud hasta las ciencias puras. Entre ellos figuran varios centros que guardan relación con el sector espacial, en materias como pueden ser la astronomía, la observación del espacio, la física de baja y alta energía, la astrobiología, etc. Además de los centros que componen el propio organismo, también existe otro tipo de centros creados mediante convenio entre el CSIC y otras administraciones públicas. A continuación se incluyen las características de aquellos centros que guardan una relación más directa con el sector espacial y que en mayor o menor medida ya han participado en programas espaciales.

Instituto de Ciencias del Mar ICM

Fundado en Barcelona en 1951 como Instituto de Investigaciones Pesqueras, recibe su denominación actual desde 1987. El Instituto pertenece al área de Recursos Naturales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y es el mayor centro de investigación marina de España y uno de los más importantes de la región mediterránea.

Se dedica íntegramente al estudio de mares y océanos para lo que cuenta con cuatro departamentos:

- Biología Marina y Oceanografía.
- Geociencias Marinas.
- Oceanografía Física y Tecnológica.
- Recursos Marinos Renovables.

Instituto de Estructura de la Materia IEM

El IEM fue fundado en 1976 por iniciativa de un grupo de investigadores en física de partículas, física molecular, química cuántica y polímeros

cristalinos, siendo entonces solamente cinco los científicos en plantilla. Hoy en día la misión básica del Instituto es contribuir al avance del conocimiento de la estructura de la materia en un amplio rango de escalas, desde los constituyentes de la materia y el espacio-tiempo, hasta los núcleos, átomos, moléculas y macromoléculas, incluyendo la materia condensada y los sistemas mesoscópicos.

Las actividades de investigación están estructuradas alrededor de grupos, tanto experimentales como teóricos, cuyos campos científicos abarcan la Física Gravitacional, Nuclear, Estadística, Atómica, Molecular y Macromolecular. Parte de esta investigación se apoya en grandes instalaciones nacionales e internacionales, como es el caso de los grupos de investigación de Física Nuclear Experimental, Física Estadística y Física Macromolecular.

Instituto de Astrofísica de Andalucía IAA

Este Instituto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas se dedica a la investigación en el campo de la Astrofísica y el desarrollo de instrumentación para telescopios y vehículos espaciales[2].

Creado en 1975, contó con los primeros sistemas de observación gracias a la colaboración con el Royal Greenwich Observatory inglés y el Observatoire de Nice que desembocó en la firma de acuerdos con el Science & Engineering Research Centre (SERC) inglés y el Centre Intenational pour la Recherche Scientifique francés, para construir el Observatorio de Sierra Nevada con dos telescopios compartidos con estas organizaciones de 0,6 y 0,75 metros.

Posteriormente, en 1991 se pusieron en funcionamiento dos telescopios de uso compartido de 0,9 y 1,5 m en colaboración con la Academia China de las Ciencias[3].

Instituto de Astrofísica de Canarias IAC

El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) es un centro de investigación fundado en 1975 que cuenta con dos sedes y dos observatorios en un entorno de excelente calidad astronómica. En su conjunto, constituye el Observatorio Norte Europeo (ENO).

El centro es fundado de forma mancomunada por la Universidad de La Laguna, el CSIC y la autoridad provincial de la isla de Tenerife. La sede

---

[2] Página web del IAA. http://www.iaa.es/es/content/presentaci%C3%B3n [Consultado 26/05/2014].

[3] Breve historia del IAA.http://www.iaa.es/es/content/breve-historia-del-iaa [Consultado 26/05/2014].

central se ubica en La Laguna, donde se llevan a cabo proyectos de investigación astrofísica y desarrollo tecnológico, una escuela de post-grado y tareas de divulgación científica.

Cuenta con dos observatorios, el Observatorio del Teide, ubicado en la isla de Tenerife y el Observatorio del Roque de los Muchachos, en la isla de la Palma. En este último se encuentran ubicados el Gran Telescopio de Canarias (GRAN TECAN), con un espejo de 10,4 metros de diámetro equivalente formado por múltiples superficies reflectoras más pequeñas, y el telescopio MAGIC para la detección de emisiones gamma de alta energía. Entre ambos observatorios reúnen en total más de una veintena de telescopios de observación nocturna o solar de múltiples naciones así como otros instrumentos de detección de radiaciones en diversas bandas.

Instituto de Física de Cantabria IFCA

Creado el 8 de junio de 1995 mediante un convenio entre el CSIC y la Universidad de Cantabria, el objetivo fundamental del Instituto de Física de Cantabria es la investigación científica de alta calidad en los ámbitos de la astrofísica y la estructura de la materia. Para ello cuenta con diversas instalaciones que incluyen servicios de computación avanzada, salas limpias y cámaras térmicas y diversos laboratorios de óptica y electrónica.

Centro de Astrobiología CAB

Se trata de un centro mixto del CSIC y del INTA que a su vez se encuentra asociado al NASA Astrobiology Institute. Cuenta con instalaciones en las dependencias del INTA en Torrejón de Ardoz y en ESAC, en Villafranca del Castillo. También cuenta con unidades asociadas en la Universidad de Valladolid y utiliza telescopios robóticos situados en la Estación de Robledo de Chavela, en la de Cebreros y en la de Calar Alto en Almería[4].

Las actividades científicas que el Centro de Astrobiología desarrolla se clasifican en tres grupos:

- Observación, experimentación y modelización (en astrofísica, ciencias planetarias, biología y ecología microbiana).
- Teoría, aplicada a las materias en las que la investigación del CAB está enfocada (hidrodinámica, emergencia, fenómenos del equilibrio, autoorganización, fragmentación y fractalidad).
- Tecnologías de soporte (bioinformática, computación, sistemas avanzados de comunicaciones, telemática, robótica).

[4] Página web del CAB. http://www.cab.inta.es/es/inicio [Consultado 26/05/2014].

Laboratorio de Astrobiología Espacial y Física Fundamental

Fundado en 1991 como colaboración entre INTA, CSIC y ESA, siendo ubicado en VILSPA (actual ESAC en Villafranca del Castillo). Desde enero de 2010 se ha integrado en la estructura del Centro de Astrobiología, incorporándose al Departamento de Astrofísica[5].

Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña IEEC

El Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña (IEEC) fue creado en febrero de 1996 con el fin de promover la investigación y el desarrollo espacial en Cataluña. El instituto es una fundación privada sin ánimo de lucro con un Patronato constituido por la Generalidad de Cataluña, la Universidad de Barcelona (UB), la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Su finalidad es colaborar y participar en el desarrollo, en la promoción y en la difusión de todo tipo de actividades, estudios y proyectos relacionados con la tecnología espacial y la investigación científica desde el espacio y sobre el espacio, en beneficio de todas las personas, entidades e instituciones que muestren interés[6].

El IEEC centra sus esfuerzos en el estudio de la Tierra como planeta (atmósfera, océanos, corteza, etc.) y en el Cosmos (física solar, planetología y medio interplanetario, astrofísica estelar y galáctica, cosmología, física fundamental, física de astropartículas, etc.) utilizando plataformas espaciales.

Este trabajo se complementa con el intenso programa de actividades de carácter teórico y experimental-observacional, así como de modelos numéricos para obtener el máximo provecho de los datos. Por otra parte, el IEEC también está involucrado en la definición y construcción de instrumentos terrestres con el propósito de dar apoyo a las actividades espaciales y adquirir nuevas habilidades que puedan ser utilizados en este campo[7].

Centro de Investigación de la Energía y los Materiales CIEMAT

Creado en 1951 como Junta de Energía Nuclear, cambió su denominación por la actual en 1986. El CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) es un organismo público de investiga-

---

[5] http://www.laeff.cab.inta-csic.es/projects/jwlaeff/main/index.php [Consultado 26/05/2014].

[6] http://www.ub.edu/web/ub/es/recerca_innovacio/recerca_a_la_UB/instituts/institutsparticipats/ieec.html [Consultado 26/05/2014].

[7] Página web del IEEC. http://www.ieec.cat/es/ieec/quienes-somos/objetivos/ [Consultado 26/05/2014].

ción (OPI) adscrito al Ministerio de Economía y Competitividad a través de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación focalizado principalmente en los ámbitos de la energía y el medio ambiente y los campos tecnológicos relacionados con ambos[8].

Las principales líneas de actuación son el estudio, desarrollo, promoción y optimización de las distintas fuentes de energía: renovables, fusión, fisión y combustibles fósiles; el estudio de su impacto en el medio ambiente; el desarrollo de nuevas tecnologías; sin olvidar áreas de investigación fundamental como la física de altas energías y la biomedicina.

Con un equipo humano formado por unas 1.340 personas, el CIEMAT está diversificado tecnológica y geográficamente. Además de la sede de Madrid en la que trabaja una parte significativa del personal, se cuenta en Andalucía con la Plataforma Solar de Almería (PSA), una gran instalación científica de reconocimiento internacional en tecnologías solares; en Soria con el Centro de Desarrollo de Energía Renovables (CEDER) y el Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental (CIEDA); en Extremadura con el Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas (CETA) ubicado en Trujillo, y en Barcelona se encuentra la sede del Centro de Investigaciones Sociotécnicas (CISOT).

Universidades con capacidades en el sector espacial

Además de los centros de investigación específicos, la universidad española también cuenta con numerosos grupos de investigación que contribuyen a la generación de conocimiento y al desarrollo de técnicas y tecnologías de aplicación directa o indirecta al sector espacial o que utilizan los resultados de la actividad espacial para la generación de nuevos servicios. Detallar todos los departamentos de las universidades que han desarrollado actividades del sector espacial es una tarea titánica ante la diversidad de tecnologías involucradas y de aplicaciones que en muchos casos no están directamente relacionadas con el sector, aunque utilizan los resultados y productos que se generan para cubrir necesidades en muy diversos campos científicos, técnicos, regulatorios e incluso comerciales.

Estos departamentos se encuentran distribuidos por toda la geografía nacional en diversas universidades entre las que se incluyen, por orden alfabético:

- Universidad de Alcalá de Henares.
- Universidad Autónoma de Barcelona.
- Universidad Autónoma de Madrid.

[8] Página Web Ciemat. http://www.ciemat.es/portal.do;jsessionid=?IDM=6&NM=1 [Consultado 26/05/2014].

- Universidad de Barcelona.
- Universidad de Cantabria.
- Universidad Carlos III de Madrid.
- Universidad Complutense de Madrid.
- Universidad de Granada.
- Universidad de La Laguna.
- Universidad de Málaga.
- Universidad del País Vasco.
- Universidad Politécnica de Cartagena.
- Universidad Politécnica de Cataluña.
- Universidad Politécnica de Madrid.
- Universidad Politécnica de Valencia.
- Universidad de Salamanca.
- Universidad de Sevilla.
- Universidad de Valencia.
- Universidad de Valladolid.
- Universidad de Vigo.

Programas espaciales científicos en España

David Ramírez Morán

Anexo III

Introducción

España, a lo largo de la historia de su sector espacial, ha conseguido desarrollar y poner en órbita varios satélites con fines científicos. Estos satélites han proporcionado un entorno de investigación y de experimentación que ha permitido a los profesionales del sector adquirir la experiencia necesaria para abordar el diseño, desarrollo y operación de sistemas espaciales de todo tipo. En su desarrollo han participado también empresas del sector que han podido de este modo adquirir los conocimientos, poner en práctica los procedimientos de desarrollo y prueba y validar los productos desarrollados para entornos espaciales.

Además de las experiencias propias, en las que el país ha sido capaz de situar en órbita plataformas de experimentación, la pertenencia a la ESA ha permitido a España colaborar con crecientes grados de responsabilidad en el desarrollo de los programas espaciales de la Agencia. Estas actividades suponen una fuente considerable de actividad para las empresas del sector y proporcionan un retorno mucho más allá del puramente económico al permitir acceder a los conocimientos y experiencia del resto de países involucrados en los proyectos y disponer de información científica de la máxima calidad que contribuye a la generación de conocimiento y a sostener la capacidad de investigación espacial.

La cooperación internacional no se circunscribe únicamente a los programas de la ESA sino que en la actualidad se colabora en proyectos y misiones como las misiones a Marte desarrolladas por la NASA americana o la Estación Espacial Internacional, que también generan actividad y conocimientos que revierten en la sociedad española a través de los centros de investigación y de las empresas.

INTASAT

La primera plataforma espacial puesta en órbita por España fue el satélite INTASAT. El proyecto fue desarrollado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA) y en él cooperaron empresas internacionales de la talla de Construcciones Aeronáuticas (actualmente AIRBUS-DS), Standard eléctrica (actualmente Thales Space) y Hawker Siddeley Dynamics (actualmente AIRBUS-DS)[1].

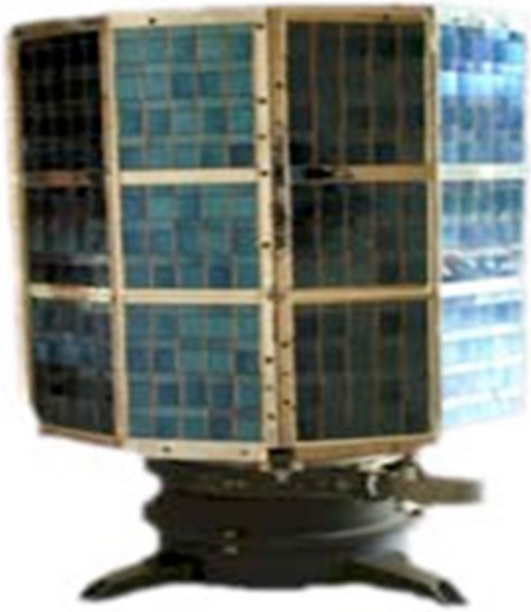


Figura 1. Satélite INTASAT (Fuente: INTA)

El 15 de noviembre de 1974 se puso en órbita el satélite mediante un programa de cooperación firmado con Estados Unidos que permitió incluirlo

[1] INTASAT: Historia del primer satélite español. http://www.inta.es/noticias/documentos/INTASAT.pdf [Consultado 06/05/2014].

en el cohete Delta cuya misión principal era la puesta en órbita de los satélites NOAA4 y el AMSAT P2B1.

La misión del satélite, con una duración programada de dos años de duración, era puramente científica, consistente en el estudio de los electrones de la ionosfera mediante el efecto Faraday. Con una órbita heliosíncrona, completó 8.644 órbitas durante los 689 días de funcionamiento. Tras haber sido usado por 40 observadores durante los dos años que estaba programada su misión, fue apagado. Había cumplido así una segunda misión como experiencia formativa para la gestión y la fabricación de satélites.

UPM-Sat1

Este satélite[2], diseñado como un proyecto eminentemente educativo por la Universidad Politécnica de Madrid, fue puesto en órbita acompañando al satélite Helios 1A en un cohete Ariane 4 desde la base de lanzamiento de Kouru en la Guayana francesa. El lanzamiento se produjo el 7 de julio de 1995 y el satélite realizó su misión de 213 días de duración en una órbita heliosíncrona a 673 kilómetros de altura con un período de rotación de 98 minutos.

La principal carga útil del proyecto la constituía un laboratorio desarrollado por la propia Escuela de Ingenieros Aeronáuticos sobre puentes líquidos en microgravedad. Finalmente, esta misión se complementó mediante un acuerdo con la Agencia Espacial Europea/ESTEC que sirvió para utilizar también el satélite como demostrador tecnológico en órbita de paneles solares proporcionados por DASA, Alemania, FIAR e Italia.

A efectos educativos, la misión proporcionó un caso práctico para el aprendizaje de todas las fases asociadas a una misión espacial de los profesores, alumnos y personal auxiliar de las escuelas de Ingenieros Aeronáuticos, de Telecomunicación, Navales y Técnicos Aeronáuticos. El éxito cosechado contribuyó a incrementar la confianza y el conocimiento de las empresas del sector sobre las capacidades de la Universidad.

Minisat 01

El programa MINISAT supone un hito para la industria espacial española al conseguir poner en órbita desde territorio español un satélite construido íntegramente en España y desarrollar nacionalmente todas las ope-

[2] Meseguer Torres, José y Sanz Andrés, Ángel. «El satélite UPM-Sat 1», *Informes a la academia de ingeniería.* http://www.idr.upm.es/tec_espacial/upmsat1/UPM-Sat%201.pdf [Consultado 07/05/2014].

raciones del programa. El programa MINISAT[3] constituía el primer paso de un proyecto más complejo denominado Proyecto Santa María, que finalmente no vio la luz, pero que perseguía el lanzamiento de otros tres minisatélites para uso científico, de observación de la tierra o el espacio y de comunicaciones.

El proyecto MINISAT dio comienzo en 1990 a iniciativa del INTA con la aprobación del estudio de viabilidad por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT). En 1992 se incorporó al Plan Nacional del espacio y empezó su desarrollo bajo la gestión técnica de INTA y la supervisión de una comisión de seguimiento creada al efecto y presidida por el CDTI.

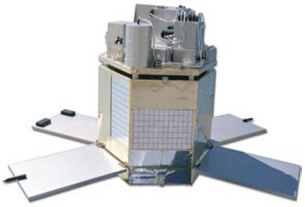


Figura 2. Satélite MINISAT (Fuente: INTA

La participación de la industria nacional fue creciendo a lo largo del desarrollo del proyecto y finalmente se adjudicó el contrato principal a Construcciones Aeronáuticas S.A (actual AIRBUS D&S). Sin embargo, muchas más empresas participaron en el proyecto como CRISA (actual AIRBUS D&S), INDRA, SENER, TGI e INSA (actual ISDEFE).

La carga útil del satélite estuvo compuesta por tres experimentos científicos EURD, CPLM y LEGRI y una experiencia tecnológica, ETRV, de un limitador de velocidad para despliegue de mástiles y antenas en órbita.

En 1994 se firmó un acuerdo con la empresa estadounidense Orbital Science Corp (OSC) para el lanzamiento del satélite mediante un cohete Pegasus. El lanzamiento se produjo el 21 de abril de 1997 desde el avión Galaxy L-1011, que había despegado desde el aeropuerto de Gran Canaria cuando se encontraba a 11.000 metros de altura con una velocidad de 0,8 Mach. Hora y media después, el satélite alcanzó su órbita y dio comienzo su misión en una órbita a 670 km de altura con una inclinación de 28,5º respecto al Ecuador.

La planificación y control de la misión y el análisis de los datos científicos se llevaron a cabo desde tres centros distintos. En el Centro Espacial de Canarias, en Maspalomas se encontraba el Centro de la estación de

[3] MINISAT-01. http://www.inta.es/doc/programasaltatecnologia/minisatelites/inta_t1_1.pdf [Consultado 06/05/2014].

telecomando y telemedida; en Torrejón, en las instalaciones del INTA, el Centro de Control de la Misión (CCM); y, por último, el Centro de Operaciones Científicas (COC) se ubicó en el Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental situado en las instalaciones de la estación de Villafranca del Castillo.

Tras haber dado 5.000 vueltas a la Tierra, y a la mitad de la vida útil planificada, los tres instrumentos se encontraban a pleno rendimiento proporcionando valiosas informaciones que superaron, en algunos casos, las expectativas.

Nanosat 1

De forma hexagonal y con paneles solares en todas sus caras, se trataba de un nuevo concepto de nanosatélite con un peso inferior a los 20 kg desarrollado por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. El satélite fue lanzado el 18 de diciembre de 2004 en un cohete Ariane 5 acompañando al satélite Helios 2A y a otros cinco satélites más.

Figura 3. Satélite Nanosat 01 (Fuente: INTA)

La misión principal era el establecimiento de un enlace de comunicaciones en diferido entre puntos remotos de la superficie terrestre que permitió las comunicaciones en diferido entre la base española Juan

Carlos I en la Antártida con el INTA gracias a la órbita polar que permite proporcionar cobertura de satélite en latitudes tan cercanas a los polos. Al pasar sobre la estación el satélite recogía los datos que posteriormente eran descargados al sobrevolar el centro de control ubicado en Madrid.

En su interior se implementaba un nuevo experimento realizado en colaboración con la ESA para la reducción de peso y complejidad de los satélites. Los cables que tradicionalmente han dado soporte a las comunicaciones entre los distintos módulos se sustituyen por comunicaciones ópticas infrarrojas a través del espacio diáfano del interior del satélite.

Nanosat 1B

Este nanosatélite de 22 kg de peso fue lanzado en un cohete Dnepr-1 el 29 de julio de 2009 junto a otros 5 satélites, entre los que figuraba el Deimos I de observación de la tierra.

Figura 4. Satélite Nanosat 1B (Fuente: INTA)

En su misión incluye tres experimentos científicos a bordo[4], como un transmisor receptor en banda S basado en lógica programable FPGA, un experimento de localización de la ubicación del Sol desarrollado por la Universidad de Sevilla y la Universidad Politécnica de Cataluña y un detector de protones de alta energía desarrollado por el INTA. Además de estos experimentos, incluyó una antena cuadrifilar en banda UHF de baja ganancia para facilitar las comunicaciones móviles con plataformas como, por ejemplo, el buque oceanográfico Hespérides.

También vino a sustituir al Nanosat 01 en la misión de enlace de comunicaciones con la estación española en la Antártida, dada la proximidad del final de su vida útil.

XatCobeo

Este picosatélite que pertenece a la familia de los cubesat, satélites de un tamaño muy reducido de 10x10x10 cm, fue lanzado en febrero de 2012 en el vuelo inaugural de los cohetes Vega[5].

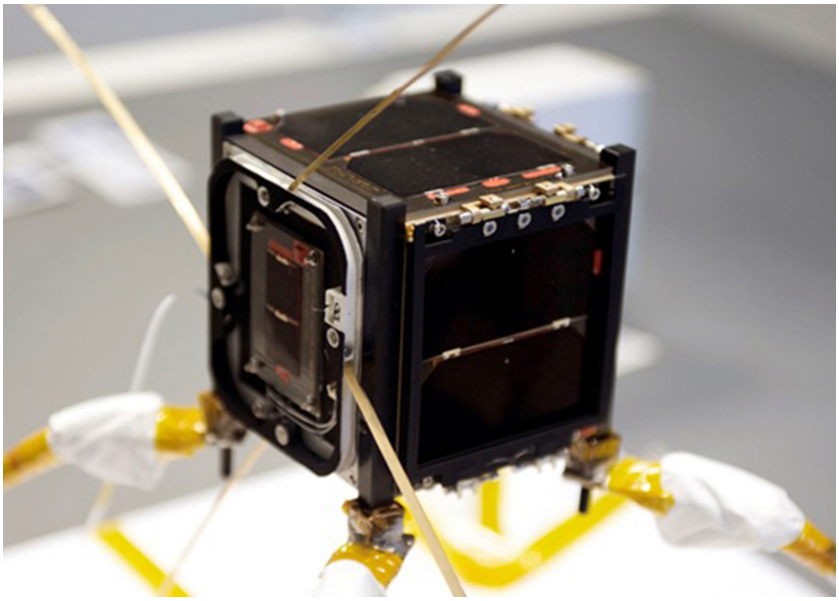


Figura 5. Satélite Nanosat (Fuente: ESA)

[4] NANOSAT 1B, una nueva filosofía de diseño para sistemas espaciales. INTA. http://www.inta.es/noticias/documentos/NANO1B.pdf [Consultado 06/05/2014].

[5] Meettheteams: Xatcobeo, Agencia Espacial Europea. http://www.esa.int/Education/Meet_the_teams_XaTcobeo2 [Consultado 07/05/2014].

Se trata también de un satélite desarrollado con fines educativos en el que la carga útil está formada por una radio reconfigurable definida por software (SRAD) y un sistema de medida de la cantidad de radiación ionizante (RDS).

El desarrollo del satélite se llevó a cabo en la Universidad de Vigo[6] con la colaboración del INTA. Cada paquete de trabajo del proyecto fue asignado a un estudiante de doctorado que, a su vez tenía dos supervisores: un profesor de la Universidad y un experto del INTA.

UPM-Sat 2

Actualmente, la Universidad Politécnica se encuentra trabajando en el desarrollo de un nuevo satélite similar al UPM-Sat 1 aunque adaptado a las nuevas tecnologías existentes y a los lanzadores actuales. La carga útil prevista estará formada por 10 experimentos desarrollados por empresas del sector o por la propia Universidad[7]. Su lanzamiento está previsto para 2014.

Participación en el programa científico de la ESA

Este programa se lleva realizando en la ESA desde antes incluso de su creación, con las actividades desarrolladas por ESRO y las desarrolladas en colaboración con la NASA. Sus objetivos son el desarrollo de actividades científicas en el espacio, como el módulo Columbus de la Estación Espacial Internacional, las misiones científicas de observación y caracterización de la Tierra y las misiones de análisis y observación del Sistema Solar y del espacio profundo.

La participación española en el programa científico de la ESA es una actividad imprescindible por múltiples razones. Industrialmente, la participación en los proyectos proporciona a las empresas el entorno en el que adquirir los conocimientos y desarrollar las capacidades necesarias para la realización de proyectos para el sector espacial. La novedad asociada a una gran parte de los proyectos conlleva que las empresas deban embarcarse en tareas de I+D para la obtención de un producto competitivo en términos de prestaciones y costes, para optar en igualdad de condiciones a los contratos frente a otras empresas del sector.

Desde el punto de vista científico, estos programas, como retorno de la inversión española en el organismo, financian las actividades de las

[6] Página web del proyecto Xatcobeo. http://www.xatcobeo.com/cms/ [Consultado 07/05/2014].

[7] Página web del Instituto Universitario de Microgravedad Ignacio da Riva. http://www.idr.upm.es/tec_espacial/upmsat2/04_UPMSAT2.html [Consultado 06/05/2014].

universidades y centros de investigación nacionales, lo que les permite adquirir los conocimientos para el desarrollo de sistemas punteros y de interés para toda la sociedad.

Por último, no cabe olvidar que el modelo de financiación de la ESA, donde la contribución al programa científico es obligatoria, conlleva un retorno técnico y tecnológico al país de origen, por lo que si no se dispone de un tejido técnico y tecnológico del más alto nivel, este retorno de la inversión pública que se hace en la ESA no va a dar lugar a los beneficios que el espacio puede proporcionar en términos de un factor multiplicativo varias veces superior a la unidad para las actividades más complejas. Mediante la colaboración, la inversión realizada por los países, que en muchos casos no resultaría suficiente para abordar proyectos de forma independiente, permite llevar a cabo proyectos de gran magnitud que contribuyen al desarrollo técnico y tecnológico de los centros de investigación y de la industria participante.

Bajo estas condiciones, se detalla a continuación la participación española en este conjunto de programas tanto por parte de centros de investigación como por parte de la industria. Los primeros son los encargados del diseño y desarrollo de las misiones, experimentos e instrumentos científicos mientras que los segundos son los encargados de convertir estos diseños en una realidad adaptada al entorno espacial en forma de equipos debidamente protegidos y que cumplen todos los estándares necesarios para ser embarcados en un vehículo espacial.

Nuevamente se destaca que una misión espacial no termina al poner el vehículo espacial en órbita sino que ese momento no es más que el instante de inicio de la operación. A partir de ese momento empiezan las tareas de mantenimiento del vehículo espacial, como el seguimiento de la órbita, la reconfiguración ante percances o averías, etc. Para realizar estas actividades también es cometido de la industria el desarrollo de los centros de control, los instrumentos y el software necesario para establecer las comunicaciones con el satélite y contar con los mecanismos de control necesarios para gobernar el vehículo durante toda su vida útil. Se abren dos vías en este sentido con el diseño de aplicaciones para la gestión del satélite desde tierra y con el diseño del software embarcado que recibe la información de control y, en combinación con la que proporcionan los sensores a bordo, permiten gobernar la trayectoria.

De los datos obtenidos también es necesario generar información mediante un tratamiento con el que generar unos productos de interés, no sólo dentro del sector espacial, sino también en otros sectores como ya ocurre, por ejemplo, con la agricultura, la gestión de desastres, el control del medioambiente, etc. En esta línea participan tanto los centros de investigación y universidades, que buscan constantemente nuevos métodos con los que obtener información de interés a partir de los datos

proporcionados por los satélites, como las empresas, que desarrollan unos modelos de negocio que pueden contribuir a distribuir el coste de los sistemas entre muchos más usuarios, e incluso generar beneficios a partir de una actividad impuesta por la pertenencia del país a la Agencia Europea del Espacio.

A continuación se muestra una tabla[8] con la participación de los distintos centros de investigación y universidades en los proyectos científicos desarrollados por la ESA.

Misión \ Centro	IAA	IAC	ICE	IFCA	INTA	CAB	UB	UAH	UPM	UPC	UV	IFIC	CAY	UGR	UDC	UNED	UPCT	IEM
Cos-B																		
ISEE-2																		
IUE																		
Exosat																		
Giotto																		
Hipparcos							■											
Ulysses																		
Hubble																		
ISO	■	■																
SOHO		■			■			■										
Huygens	■																	
XMM-Newton				■														
Cluster II																		
Integral					■	■	■				■	■						
Mars Express	■																	
Rosetta	■				■				■									
Venus Express	■																	
Herschel		■											■					
Planck		■		■						■				■				
GAIA			■			■	■								■	■		
Lisa Path.			■															
BepiColombo	■					■												
Cheops																		
Solar Orbiter	■	■			■		■	■	■		■							
JWST					■													■
Euclid		■	■														■	
JUICE	■																	

■ Hay participación
□ No hay participación

Tabla 1.Participación de organismos de investigación en los proyectos de la ESA (Fuente: Yolanda Yagüe)

[8] Yagüe Ocasión, Yolanda, La participación de España en el programa científico de la ESA, 2.ª edición, Bubok Publishing, S.L. 2013.

Misión	Nivel de participación	Empresas
Cos-B	Medio-Bajo	EADS CASA
ISEE-2	Medio-Bajo	SENER
IUE	Ninguno	-
Exosat	Medio-Bajo	EADS CASA, GMV
Giotto	Medio-Bajo	GMV
Hipparcos	Medio-Bajo	EADS CASA, GMV
Ulysses	Alto	GMV, SENER
Hubble	Medio-Bajo	SENER
ISO	Alto	EADS CASA, GMV
SOHO	Alto	CRISA, EADS CASA, GMV, SENER, TAS
Huygens	Alto	ALTER, CRISA, EADS CASA, GMV
XMM-Newton	Alto	CRISA, EADS CASA, GMV, SENER, TAS
Cluster II	Alto	GMV, SENER, TAS
Integral	Alto	CRISA, EADS CASA, GMV, SENER, TAS
Mars Express	Alto	CRISA, EADS CASA, GMV, TAS
Rosetta	Alto	ALTER, CRISA, EADS CASA, EL.DEIMOS, GMV, SENER, TAS
Venus Express	Medio-Alto	CRISA, EADS CASA. GMV, TAS
Herschel	Alto	ALTER,CRISA,CASA,E.DEIMOS,GMV,RYMSA,SENER,TAS
Planck	Alto	ALTER,CRISA,CASA,E.DEIMOS,GMV,MIER,RYMSA,SENER,TAS
GAIA	Alto	ALTER,CRISA,CASA,GMV,MIER,RYMSA,SENER,TAS
Lisa Path.	Medio-Alto	ALTER,CRISA,CASA,DEIMOS,NTE-SENER,RYMSA
BepiColombo	Medio-Alto	ALTER,CRISA,CASA,E.DEIMOS,GMV,LIDAX,RYMSA,SENER,TAS
Cheops	Pendiente	-
Solar Orbiter	Alto	CRISA,E. CASA ESPACIO,E.DEIMOS,GMV,NTE-SENER RYMSA, SENER,TAS
JWST	Medio-Alto	CRISA,EADS CASA,IBERESPACIO,LIDAX
Euclid	Pendiente	-
JUICE	Pendiente	-

Tabla 2. Participación de la industria española en el programa científico de ESA (Fuente: Yolanda Yagüe)

Se observa que con el paso de los años ha ido aumentando la participación técnica y tecnológica en los programas dando muestras de la creciente capacidad que los centros de investigación están adquiriendo.

La participación industrial en los programas también resulta de gran importancia porque supone la demostración de que el sector industrial también cuenta con las capacidades necesarias para embarcarse en proyectos de gran complejidad con cada vez mayores grados de responsabilidad.

Actualmente las empresas presentan un alto grado de participación, como atestigua el hecho de que figuren como contratista principal en cada vez más desarrollos de instrumentos y subsistemas, lo que queda reflejado en la tabla anterior con el nivel de participación «alto». También es necesario destacar que son varias las empresas que participan en cada proyecto, lo que da muestras de la capacidad del tejido industrial español en distintos campos industriales del sector.

Mars Science Laboratory (MSL-NASA)

España también está colaborando con la NASA en el desarrollo de misiones espaciales. La más reciente es la Mars Science Laboratory por la que en 2011 dio comienzo una misión en la que participan, junto a Estados Unidos, Rusia, España, Canadá, Francia y Alemania. La misión consiste en el *rover Curiosity, que es un vehículo todo terreno con 10 instrumentos encargados de analizar el suelo y la atmósfera marcianas.*

España ha desarrollado el instrumento REMS (Rover Environmental Monitoring Station) con el Centro de Astrobiología como líder y en colaboración con EADS-CRISA. También han participado la Universidad Politécnica de Cataluña y diversas empresas del sector aeroespacial. Se ha colaborado también con el Instituto Meteorológico Finés, que ha desarrollado los sensores de humedad y presión.

Además del instrumento, España también ha desarrollado la antena de alta ganancia que permitirá transmitir la información a la Tierra. El proyecto, financiado por el CDTI, tuvo como contratista principal a EADS CASA Espacio, responsable del sistema y la antena, y se contrató a SENER para el desarrollo del sistema de apuntamiento y al INTA para la realización de los ensayos[9].

La financiación española, que ha sumado un total de 23,5 M€ ha corrido a cargo del CDTI (14,8 M€) y del Plan Nacional de I+D+i (6,8 M€) que han sufragado, respectivamente, los aspectos industriales, el CDTI, y las actividades científicas (además del personal y las infraestructuras), el CAB[10].

Meiga-Metnet

Se trata de un nuevo concepto de misión a Marte que están desarrollando el Instituto de Meteorología Finés (FMI), la Asociación Lavochkin (LA), el

[9] Astrium España ha construido la antena que comunicará con el nuevo rover de Marte que prepara la NASA. 28/05/2010. http://www.astrium.eads.net/es/centro-de-prensa/astrium-espana-ha-construido-la-antena-que-comunicara-con-el-nuevo-rover-de.html [Consultado 04/06/2014].

[10] CAB-INTA/CSIC. La participación de España en la misión MarsScienceLaboratory (MSL) de la NASA. http://www.inta.es/noticias/documentos/MSL_REMS.pdf [Consultado 04/06/2014].

Instituto de Investigación Espacial (IKI) ruso y el INTA. El objetivo de la misión consiste en el desarrollo de un nuevo vehículo para el aterrizaje en la superficie marciana que permite una mayor carga útil gracias al uso de un sistema inflable de descenso.

Los principales componentes de la misión son el Entry, Descent and Landing System (EDLS), el vehículo de aterrizaje y el propio sistema con su carga útil. Esta carga útil estará formada por instrumentos atmosféricos para medir la presión (metBaro,FMI), la humedad (metHumi, FMI) y la temperatura (FMI); dispositivos ópticos formados por una cámara panorámica (PanCam, IKI), un sensor de irradiancia solar (MetSIS, INTA) y un sensor de polvo (DS, UC3M); y un dispositivo de estructura y composición formado por un magnetómetro triaxial (MOURA) desarrollado por INTA[11].

MEIGA responde a las iniciales de Mars Environmental Instrumentation for Ground and Atmosphere y es la denominación que se ha dado al equipo español que está trabajando en el programa Metnet. El equipo de trabajo incluye, además de personal del INTA, investigadores de la Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad Carlos III de Madrid.

[11] MetNet.http://metnet.fmi.fi/index.php?id=53 [Consultado 04/06/2014].

Composición del grupo de trabajo

Coordinador: **D. Vicente Gómez Domínguez**
Asesor especial del director general de la Agencia Espacial Europea y miembro de la Academia Internacional de Astronáutica

Vocal y secretario: **D. David Ramírez Morán**
Analista principal del IEEE.

Vocales: **D. Fernando Davara Rodríguez**
Doctor en ingeniería informática
Presidente de Círculo de Inteligencia
Director y patrono de la Fundación España Digital

D.Luis Mayo Muñiz
Presidente de Tecnobit

D. Fernando García Martínez-Peñalver
Director de espacio de Indra Sistemas

D. Manuel Gago Areces
Presidente de Neo Soluciones de Movilidad
Vicepresidente de CEDE

D. Eugenio Fontán Oñate
Decano-presidente del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación

D. Álvaro Azcárraga Arana
Miembro de la Academia Internacional de Astronáutica, Expresidente de la Federación Internacional de Astronáutica

Cuadernos de Estrategia

01 La industria alimentaria civil como administradora de las FAS y su capacidad de defensa estratégica

02 La ingeniería militar de España ante el reto de la investigación y el desarrollo en la defensa nacional

03 La industria española de interés para la defensa ante la entrada en vigor del Acta Única

04 Túnez: su realidad y su influencia en el entorno internacional

05 La Unión Europea Occidental (UEO) (1955-1988)

06 Estrategia regional en el Mediterráneo Occidental

07 Los transportes en la raya de Portugal

08 Estado actual y evaluación económica del triángulo España-Portugal-Marruecos

09 Perestroika y nacionalismos periféricos en la Unión Soviética

10 El escenario espacial en la batalla del año 2000 (I)

11 La gestión de los programas de tecnologías avanzadas

12 El escenario espacial en la batalla del año 2000 (II)

13 Cobertura de la demanda tecnológica derivada de las necesidades de la defensa nacional

14 Ideas y tendencias en la economía internacional y española

15 Identidad y solidaridad nacional
16 Implicaciones económicas del Acta Única 1992
17 Investigación de fenómenos belígenos: método analítico factorial
18 Las telecomunicaciones en Europa, en la década de los años 90
19 La profesión militar desde la perspectiva social y ética
20 El equilibrio de fuerzas en el espacio sur europeo y mediterráneo
21 Efectos económicos de la unificación alemana y sus implicaciones estratégicas
22 La política española de armamento ante la nueva situación internacional
23 Estrategia finisecular española: México y Centroamérica
24 La Ley Reguladora del Régimen del Personal Militar Profesional (cuatro cuestiones concretas)
25 Consecuencias de la reducción de los arsenales militares negociados en Viena, 1989. Amenaza no compartida
26 Estrategia en el área iberoamericana del Atlántico Sur
27 El Espacio Económico Europeo. Fin de la Guerra Fría
28 Sistemas ofensivos y defensivos del espacio (I)
29 Sugerencias a la Ley de Ordenación de las Telecomunicaciones (LOT)
30 La configuración de Europa en el umbral del siglo XXI
31 Estudio de «inteligencia operacional»
32 Cambios y evolución de los hábitos alimenticios de la población española
33 Repercusiones en la estrategia naval española de aceptarse las propuestas del Este en la CSBM, dentro del proceso de la CSCE
34 La energía y el medio ambiente
35 Influencia de las economías de los países mediterráneos del norte de África en sus respectivas políticas defensa
36 La evolución de la seguridad europea en la década de los 90
37 Análisis crítico de una bibliografía básica de sociología militar en España. 1980-1990
38 Recensiones de diversos libros de autores españoles, editados entre 1980-1990, relacionados con temas de las Fuerzas Armadas
39 Las fronteras del mundo hispánico
40 Los transportes y la barrera pirenaica
41 Estructura tecnológica e industrial de defensa, ante la evolución estratégica del fin del siglo XX

42 Las expectativas de la I+D de defensa en el nuevo marco estratégico
43 Costes de un ejército profesional de reclutamiento voluntario. Estudio sobre el Ejército profesional del Reino Unido y (III)
44 Sistemas ofensivos y defensivos del espacio (II)
45 Desequilibrios militares en el Mediterráneo Occidental
46 Seguimiento comparativo del presupuesto de gastos en la década 1982-1991 y su relación con el de Defensa
47 Factores de riesgo en el área mediterránea
48 Las Fuerzas Armadas en los procesos iberoamericanos de cambio democrático (1980-1990)
49 Factores de la estructura de seguridad europea
50 Algunos aspectos del régimen jurídico-económico de las FAS
51 Los transportes combinados
52 Presente y futuro de la conciencia nacional
53 Las corrientes fundamentalistas en el Magreb y su influencia en la política de defensa
54 Evolución y cambio del este europeo
55 Iberoamérica desde su propio sur. (La extensión del Acuerdo de Libre Comercio a Sudamérica)
56 La función de las Fuerzas Armadas ante el panorama internacional de conflictos
57 Simulación en las Fuerzas Armadas españolas, presente y futuro
58 La sociedad y la defensa civil
59 Aportación de España en las cumbres iberoamericanas: Guadalajara 1991-Madrid 1992
60 Presente y futuro de la política de armamentos y la I+D en España
61 El Consejo de Seguridad y la crisis de los países del Este
62 La economía de la defensa ante las vicisitudes actuales de las economías autonómicas
63 Los grandes maestros de la estrategia nuclear y espacial
64 Gasto militar y crecimiento económico. Aproximación al caso español
65 El futuro de la Comunidad Iberoamericana después del V Centenario
66 Los estudios estratégicos en España
67 Tecnologías de doble uso en la industria de la defensa
68 Aportación sociológica de la sociedad española a la defensa nacional

69 Análisis factorial de las causas que originan conflictos bélicos
70 Las conversaciones internacionales Norte-Sur sobre los problemas del Mediterráneo Occidental
71 Integración de la red ferroviaria de la península ibérica en el resto de la red europea
72 El equilibrio aeronaval en el área mediterránea. Zonas de irradiación de poder
73 Evolución del conflicto de Bosnia (1992-1993)
74 El entorno internacional de la Comunidad Iberoamericana
75 Gasto militar e industrialización
76 Obtención de los medios de defensa ante el entorno cambiante
77 La Política Exterior y de Seguridad Común (PESC) de la Unión Europea (UE)
78 La red de carreteras en la penísula ibérica, conexión con el resto de Europa mediante un sistema integrado de transportes
79 El derecho de intervención en los conflictos
80 Dependencias y vulnerabilidades de la economía española: su relación con la defensa nacional
81 La cooperación europea en las empresas de interés de la defensa
82 Los cascos azules en el conflicto de la ex-Yugoslavia
83 El sistema nacional de transportes en el escenario europeo al inicio del siglo XXI
84 El embargo y el bloqueo como formas de actuación de la comunidad internacional en los conflictos
85 La Política Exterior y de Seguridad Común (PESC) para Europa en el marco del Tratado de no Proliferación de Armas Nucleares (TNP)
86 Estrategia y futuro: la paz y seguridad en la Comunidad Iberoamericana
87 Sistema de información para la gestión de los transportes
88 El mar en la defensa económica de España
89 Fuerzas Armadas y sociedad civil. Conflicto de valores
90 Participación española en las fuerzas multinacionales
91 Ceuta y Melilla en las relaciones de España y Marruecos
92 Balance de las primeras cumbres iberoamericanas
93 La cooperación hispano-franco-italiana en el marco de la PESC
94 Consideraciones sobre los estatutos de las Fuerzas Armadas en actividades internacionales

95 La unión económica y monetaria: sus implicaciones
96 Panorama estratégico 1997/98
97 Las nuevas Españas del 98
98 Profesionalización de las Fuerzas Armadas: los problemas sociales
99 Las ideas estratégicas para el inicio del tercer milenio
100 Panorama estratégico 1998/99
100 1998/99 Strategic Panorama
101 La seguridad europea y Rusia
102 La recuperación de la memoria histórica: el nuevo modelo de democracia en Iberoamérica y España al cabo del siglo XX
103 La economía de los países del norte de África: potencialidades y debilidades en el momento actual
104 La profesionalización de las Fuerzas Armadas
105 Claves del pensamiento para la construcción de Europa
106 Magreb: percepción española de la estabilidad en el Mediterráneo, prospectiva hacia el 2010
106-B Maghreb: percepción espagnole de la stabilité en Méditerranée, prospective en vue de L'année 2010
107 Panorama estratégico 1999/2000
107 1999/2000 Strategic Panorama
108 Hacia un nuevo orden de seguridad en Europa
109 Iberoamérica, análisis prospectivo de las políticas de defensa en curso
110 El concepto estratégico de la OTAN: un punto de vista español
111 Ideas sobre prevención de conflitos
112 Panorama Estratégico 2000/2001
112-B Strategic Panorama 2000/2001
113 Diálogo mediterráneo. Percepción española
113-B Le dialogue Méditerranéen. Une perception espagnole
114 Aportaciones a la relación sociedad - Fuerzas Armadas en Iberoamérica
115 La paz, un orden de seguridad, de libertad y de justicia
116 El marco jurídico de las misiones de las Fuerzas Armadas en tiempo de paz
117 Panorama Estratégico 2001/2002
117-B 2001/2002 Strategic Panorama
118 Análisis, estrategia y prospectiva de la Comunidad Iberoamericana

119 Seguridad y defensa en los medios de comunicación social
120 Nuevos riesgos para la sociedad del futuro
121 La industria europea de defensa: presente y futuro
122 La energía en el espacio euromediterráneo
122-B L'énergie sur la scène euroméditerranéenne
123 Presente y futuro de las relaciones cívico-militares en Hispanoamérica
124 Nihilismo y terrorismo
125 El Mediterráneo en el nuevo entorno estratégico
125-B The Mediterranean in the New Strategic Environment
126 Valores, principios y seguridad en la comunidad iberoamericana de naciones
127 Estudios sobre inteligencia: fundamentos para la seguridad internacional
128 Comentarios de estrategia y política militar
129 La seguridad y la defensa de la Unión Europea: retos y oportunidades
130 El papel de la inteligencia ante los retos de la seguridad y defensa internacional
131 Crisis locales y seguridad internacional: El caso haitiano
132 Turquía a las puertas de Europa
133 Lucha contra el terrorismo y derecho internacional
134 Seguridad y defensa en Europa. Implicaciones estratégicas
135 La seguridad de la Unión Europea: nuevos factores de crisis
136 Iberoamérica: nuevas coordenadas, nuevas oportunidades, grandes desafíos
137 Irán, potencia emergente en Oriente Medio. Implicaciones en la estabilidad del Mediterráno
138 La reforma del sector de seguridad: el nexo entre la seguridad, el desarrollo y el buen gobierno
139 Security Sector Reform: the Connection between Security, Development and Good Governance
140 Impacto de los riesgos emergentes en la seguridad marítima
141 La inteligencia, factor clave frente al terrorismo internacional
142 Del desencuentro entre culturas a la Alianza de Civilizaciones. Nuevas aportaciones para la seguridad en el Mediterráneo
143 El auge de Asia: implicaciones estratégicas

144 La cooperación multilateral en el Mediterráneo: un enfoque integral de la seguridad

145 La Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD) tras la entrada en vigor del Tratado de Lisboa

145 B The European Security and Defense Policy (ESDP) after the entry into Force of the Lisbon Treaty

146 Respuesta europea y africana a los problemas de seguridad en África

146 B European and African Response to Security Problems in Africa

147 Los actores no estatales y la seguridad internacional: su papel en la resolución de conflictos y crisis

148 Conflictos, opinión pública y medios de comunicación. Análisis de una compleja interacción

149 Ciberseguridad. Retos y amenazas a la seguridad nacional en el ciberespacio

150 Seguridad, modelo energético y cambio climático

151 Las potencias emergentes hoy: hacia un nuevo orden mundial

152 Actores armados no estables: retos a la seguridad

153 Proliferacion de ADM y de tecnología avanzada

154 La defensa del futuro: innovación, tecnología e industria

154 B The Defence of the Future: Innovation, Technoligy and Industry

155 La Cultura de Seguridad y Defensa. Un proyecto en marcha

156 El gran Cáucaso

157 El papel de la mujer y el género en los conflictos

157 B The role of woman and gender in conflicts

158 Los desafíos de la seguridad en Iberoamérica

159 Los potenciadores del riesgo

160 La respuesta del derecho internacional a los problemas actuales de la seguridad global

161 Seguridad alimentaria y seguridad global

161 B Food security and global security

162 La inteligencia económica en un mundo globalizado

162B Economic intelligence in global world

163 Islamismo en (r)evolución: movilización social y cambio político

164 Afganistán después de la ISAF

165 España ante las emergencias y catástrofes. Las Fuerzas Armadas en colaboración con las autoridades civiles

166 Energía y Geoestrategia 2014

166B Energy and Geostrategy 2014

167 Perspectivas de evolución futura de la política de seguridad y defensa de la UE. Escenarios de crisis

168 Evolución del mundo árabe: tendencias

169 Desarme y control de armamento en el siglo XXI: limitaciones al comercio y a las transferencias de tecnología

PUBLICACIONES DE DEFENSA

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE DEFENSA

SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL

ISBN 978-84-9091-006-1

9 788490 910061