

## 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)<sup>1</sup>.



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

<sup>1</sup> 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<sup>2</sup>, 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-

<sup>2</sup> 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](http://www.idr.upm.es/tec_espacial/upmsat1/UPM-Sat%201.pdf) [Consultado 07/05/2014].

raciones del programa. El programa MINISAT<sup>3</sup> 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 28,5° 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

<sup>3</sup> MINISAT-01.

[http://www.inta.es/doc/programasaltatecnologia/minisatelites/inta\\_t1\\_1.pdf](http://www.inta.es/doc/programasaltatecnologia/minisatelites/inta_t1_1.pdf) [Consultado 06/05/2014].

telecomando y teledida; 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 Villafraanca 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<sup>4</sup>, 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<sup>5</sup>.

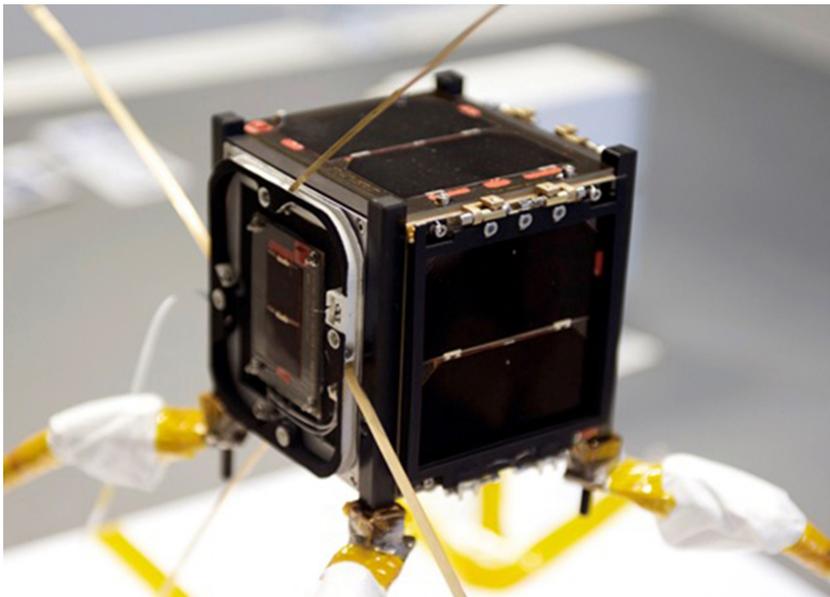


Figura 5. Satélite Nanosat (Fuente: ESA)

<sup>4</sup> NANOSAT 1B, una nueva filosofía de diseño para sistemas espaciales. INTA. <http://www.inta.es/noticias/documentos/NANO1B.pdf> [Consultado 06/05/2014].

<sup>5</sup> Meettheteams: Xatcobeo, Agencia Espacial Europea. [http://www.esa.int/Education/Meet\\_the\\_teams\\_XaTcobeo2](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<sup>6</sup> 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<sup>7</sup>. 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

<sup>6</sup> Página web del proyecto Xatcobeo. <http://www.xatcobeo.com/cms/> [Consultado 07/05/2014].

<sup>7</sup> Página web del Instituto Universitario de Microgravedad Ignacio da Riva. [http://www.idr.upm.es/tec\\_espacial/upmsat2/04\\_UPMSAT2.html](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<sup>8</sup> con la participación de los distintos centros de investigación y universidades en los proyectos científicos desarrollados por la ESA.

Centro \ Misión	IAA	IAC	ICE	IFCA	INTA	CAB	UB	UAH	UPM	UPC	UV	IFIC	CAY	UGR	UDC	LUNED	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)

<sup>8</sup> 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<sup>9</sup>.*

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<sup>10</sup>.

### **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

<sup>9</sup> 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].

<sup>10</sup> CAB-INTA/CSIC. La participación de España en la misión MarsScienceLaboratory (MSL) de la NASA. [http://www.inta.es/noticias/documentos/MSL\\_REMS.pdf](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<sup>11</sup>.

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.

---

<sup>11</sup> 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*

