



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



Espectrómetro Magnético Alpha (AMS-02)

Cien años después de que Victor Hess, Premio Nobel de Física en 1936, descubriese la existencia de partículas de gran energía procedentes de espacio exterior (la radiación cósmica) llega AMS-02, un detector de partículas que algunos consideran el Telescopio Espacial Hubble para el estudio de los rayos cósmicos cargados eléctricamente.

Datos destacados de AMS-02

- Detector de partículas que operará como un módulo externo acoplado a la Estación Espacial Internacional (ISS) y será operativo durante toda la vida útil de la Estación, posiblemente hasta su desorbitación en 2028. No regresará a la Tierra.
- Primer gran espectrómetro magnético puesto en órbita. Abre una nueva ventana de oportunidad para la investigación en el campo de la Astrofísica de Partículas.
- Será la mayor carga instrumental (“payload”) científica de la Estación Espacial Internacional (7,5 toneladas).
- Investigador principal del proyecto: Samuel Ting (*Massachusetts Institute of Technology*), Premio Nobel de Física en 1976, compartido con Burton Richter (*Stanford Linear Accelerator Center*), por el descubrimiento en 1974 de una partícula elemental muy masiva (J/Psi) formada por un nuevo tipo de quarks, el quark *c* (“charm”).
- Podrá reconocer un anti-núcleo entre millones de núcleos de materia.
- Podría proporcionar evidencia experimental acerca de la existencia de un Universo hecho de antimateria.
- Podría contribuir a establecer la naturaleza de la materia oscura y determinar sus propiedades.
- Primer y único instrumento de Gran Ciencia que se posicionará en la Estación Espacial Internacional. Relevante participación española.
- Será lanzado a bordo del trasbordador Endeavour, misión STS-134, en el que será su último vuelo y el penúltimo del programa de trasbordadores de la NASA, que comenzó en 1981. Se cierra una era en la exploración espacial.
- Lanzamiento: 29 de abril a las 3.38 p.m. EDT desde el Centro Espacial Kennedy (Cabo Cañaveral, Florida), dónde se encuentra el instrumento desde agosto de 2010. La ventana de lanzamiento dura hasta el 3 de mayo
- En 1998 un prototipo de menor tamaño, AMS-01, viajó a bordo del trasbordador espacial Discovery en misión logística, STS-91, a la Estación Espacial MIR.

Objetivos científicos

- Medida detallada de la composición y el flujo de energía de los rayos cósmicos.
- Búsqueda de señales de antimateria producida en los primeros instantes del Universo.
- Búsqueda de señales de partículas de materia oscura. Estudio de sus propiedades.

Colaboración internacional

- 16 países (56 instituciones) y 3 continentes.
- Gran participación europea: Italia, España, Alemania, Suiza, Francia, Finlandia, Holanda y Portugal.
- Instituciones españolas en el proyecto:

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
www.ciemat.es

Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)
www.iac.es

España ha participado de forma decisiva en la construcción de uno de los detectores del instrumento. Este detector, denominado RICH (*Ring Imaging Cherenkov*), aportará parte de la información fundamental (velocidad y carga eléctrica de las partículas cósmicas) que se espera de AMS-02. En las instalaciones del CIEMAT se ha integrado este detector que incluye un radiador dual, un reflector cónico, una matriz de 680 fotomultiplicadores (10880 fotosensores) y toda la electrónica de adquisición de datos. El CIEMAT ha sido también el instituto responsable de la caracterización de componentes y de las pruebas de validación del detector con rayos cósmicos y haces de partículas. En el IAC y el CIEMAT se han fabricado la mecánica de las cajas que albergan parte de la electrónica (alto voltaje) del RICH y del calorímetro ECAL (*Electromagnetic Calorimeter*).

Página web con más información sobre AMS (en inglés, italiano y español): <http://www.ams02.org/>

Información científica adicional

Rayos cósmicos

AMS-02 medirá la composición y los flujos de rayos cósmicos. Los rayos cósmicos son esencialmente núcleos de átomos, fundamentalmente protones, que penetran en la atmósfera de la Tierra con una frecuencia de unas mil partículas por segundo y por metro cuadrado, tras viajar a través del Universo durante millones de años. Al interactuar con la atmósfera producen partículas y fotones. El estudio de las partículas cargadas eléctricamente, producidas en estos procesos, reveló en 1932 la existencia del anti-electrón o positrón, primera evidencia de la existencia de partículas de antimateria.

Antimateria

Uno de los objetivos de AMS es indagar qué ocurrió con la antimateria primordial. De acuerdo con la hipótesis del Big Bang, en los comienzos del Universo había igual cantidad de materia y antimateria, pero las medidas realizadas revelan que la parte del Universo explorada hasta la fecha está formada exclusivamente por materia, no existiendo una explicación convincente de esta observación. Toda partícula tiene su correspondiente antipartícula, con carga opuesta y propiedades especulares. Cuando las partículas y las antipartículas colisionan, se aniquilan y su energía se transforma en radiación electromagnética y partículas. AMS-02 buscará antimateria generada en los primeros instantes del Universo y podría encontrar antipartículas procedentes de “antimundos”, algo que ya imaginó Paul Dirac (Premio Nobel de Física en 1933) cuando propuso la idea de antimateria en 1930.

Datos relevantes del AMS

7,5 toneladas de peso
dimensiones: 5 x 4 x 3 m³
consumo eléctrico: 2 kW
650 microprocesadores
300.000 canales electrónicos



Enlaces

Página web AMS - <http://www.ams02.org/es/>

Imágenes inmersivas - vídeos - <http://www.ams02.org/es/inmersivas-imagenes/>

Fotografías - <http://www.ams02.org/es/multimedia-2/imagenes/>

Contacto

CIEMAT – Unidad de Comunicación y RR PP.

Isabel Redondo, tfno.: 913466355, isabel.redondo@ciemat.es

Begoña Bermejo Parrilla, tfno.: 913460822, b.bermejo@ciemat.es

MÁS INFORMACIÓN

Participación española en el proyecto científico AMS-ISS.

España lidera junto con Estados Unidos, Italia, Alemania, Francia, Suiza y Taiwan el proyecto científico de mayor envergadura en la búsqueda de antimateria y materia oscura en el Universo con el lanzamiento el **29 de abril de 2011**, rumbo a la Estación Espacial Internacional (ISS), de un sistema de detección equipado con instrumentación avanzada para medir las propiedades de la radiación cósmica primaria.

Ubicación del AMS en el interior del trasbordador.

El lanzamiento en 2011 de esta misión espacial, STS-134, desde el Kennedy Space Center (KSC) en Cabo Cañaveral (Florida), a bordo del trasbordador espacial Endeavour, coincide con el centenario del descubrimiento de los rayos cósmicos cargados por el físico austriaco Victor F. Hess y su finalidad es el estudio de la radiación cósmica, en particular de las partículas y núcleos atómicos cargados.



El estudio de la componente neutra de la radiación cósmica, la radiación electromagnética (espectro visible, ultravioleta, infrarrojo, rayos X, ondas de radio y microondas) y los neutrinos, ha proporcionado la base del conocimiento actual del Universo, así como de la estructura microscópica de la materia (constituyentes elementales y fuerzas e interacciones fundamentales). Desgraciadamente, el estudio de la componente cargada de la radiación cósmica, que tuvo especial relevancia en Física de Partículas Elementales en la primera mitad del siglo XX, se ha visto afectado por las notables dificultades experimentales que implica un estudio detallado y preciso de la misma.

La misión STS-134 transporta para su instalación definitiva en la ISS, a donde llegará tras un viaje de cuatro días, el Espectrómetro Magnético Alfa, AMS, un detector de física de partículas con el objetivo científico de recoger datos de gran precisión estadística y sistemática durante un periodo no inferior a 10 años. La órbita de la ISS, entre 370 y 420 km de altitud, elimina los efectos de las colisiones con la atmósfera que enmascaran la naturaleza y propiedades de la radiación cósmica primaria y que han limitado el conocimiento de la misma.

Uno de los grandes retos científicos de este proyecto es tratar de determinar si hay en el Cosmos restos de la antimateria primaria que, de acuerdo con la teoría del Big Bang, debió existir en el Universo primigenio.

Otro de los objetivos prioritarios del proyecto es la búsqueda de señales de materia oscura. Actualmente, apenas podemos explicar un 5 por ciento de la materia-energía del Universo. Aproximadamente, un 20 por ciento del resto consiste en un misterioso tipo de materia que no emite ni absorbe radiación electromagnética y por ello se denomina materia oscura. El 75 por ciento restante, denominado energía oscura, sería una forma de energía de naturaleza aún más misteriosa, una fuerza repulsiva responsable de la expansión acelerada del Universo.

Aparte de estos objetivos este proyecto, liderado por el Premio Nobel de Física en 1976 Samuel C. C. Ting, proporcionará información muy valiosa acerca de las dosis de radiación a las que se expondrían las tripulaciones de futuros viajes espaciales de muy largo recorrido.

Endeavour en la rampa de lanzamiento.

La participación española en el proyecto AMS está liderada por el Departamento de Investigación Básica del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), Organismo Público de Investigación, dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), con notable reputación internacional en el campo de la Física y Astrofísica de Partículas Elementales. En el proyecto también participa el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), igualmente dependiente del MICINN, con larga tradición en el campo de la Astronomía y Astrofísica y que alberga, en los observatorios de Izaña en la isla de Tenerife y del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma, el conjunto más importante de instrumentos para la observación astronómica del Hemisferio Norte.



Investigadores del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), dependiente del Ministerio de Fomento, con dilatada experiencia en el desarrollo de imanes superconductores, han participado en algunas fases del proyecto. Igualmente relevante ha sido el soporte tecnológico del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), dependiente del Ministerio de Defensa, en donde se han realizado pruebas de calificación espacial de la instrumentación construida en España.

En el proyecto AMS, la contribución de diversas empresas españolas con contrastada experiencia en distintos campos de la investigación aeronáutica y aeroespacial ha sido esencial. En particular, EADS-CRISA, líder a nivel mundial en el campo de la microelectrónica espacial que, entre otros proyectos, ha diseñado y construido el sistema de amarre de las naves ATV (como el Johannes Kepler, recientemente enviado rumbo a la ISS) e IberEspacio, con consolidada experiencia en el uso de tecnologías térmicas para misiones espaciales.

La participación española en el proyecto AMS, que se inició en 1997 (un año antes del vuelo precursor del prototipo AMS-01, en junio de 1998, a bordo del trasbordador Discovery en la misión STS-91 de apoyo logístico a la estación espacial rusa MIR), ha sido financiada por el propio CIEMAT, el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) y por subvenciones a proyectos de investigación con cargo a diversos Programas Nacionales (Espacio, Física de Partículas) del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología.

España ha tenido un papel destacado en el desarrollo de este excepcional instrumento (peso: 7,5 toneladas de peso, dimensiones: 5 x 4 x 3 m³, consumo eléctrico: 2 kW, 650 microprocesadores y 300.000 canales electrónicos). Los datos registrados serán transmitidos vía satélite con destino a distintos centros de investigación espacial, en Florida, Alabama y Texas, de Estados Unidos, y, posteriormente, también al CERN (Centro Europeo de Investigación Nuclear con sede en Ginebra, Suiza) donde serán procesados, analizados y distribuidos a los centros de investigación que participan en el proyecto.

La construcción de este sofisticado instrumento, basado en las ideas y tecnologías habitualmente utilizados en el diseño y construcción de detectores para experimentación en aceleradores de partículas, pero adaptados al agresivo entorno espacial, cuyo componente central es un imán permanente de grandes dimensiones para la medida del signo de la carga eléctrica y la energía de cada una de las partículas que lo atraviesan, es fruto de la colaboración entre 600 científicos, ingenieros y técnicos de 56 universidades y centros de investigación procedentes de 16 países.



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



Es obligado reseñar que la experimentación desde plataformas espaciales, como la ISS, representa un desafío tecnológico extraordinario, dadas las restricciones que ese entorno implica para el mantenimiento y operación de la instrumentación; en concreto, limitaciones de peso, consumo eléctrico y ancho de banda, efectos debidos a microgravedad, radiación, vacío, ciclos térmicos, aceleraciones, micro-meteoritos. Por otra parte, la imposibilidad de reparar o mejorar las prestaciones del detector hace necesario extremar los requisitos de fiabilidad y redundancia de la instrumentación.

La contribución española se ha focalizado en tres áreas relevantes:

1. El diseño, construcción y validación de un sub-detector (RICH – Ring Imaging Cherenkov Counter) para la medida precisa de la velocidad y carga eléctrica de las partículas y núcleos atómicos cósmicos, basado en el efecto Cherenkov, que consiste en la emisión de un cono de luz cuando una partícula cargada atraviesa un medio radiador con una velocidad superior a la velocidad de la luz en dicho medio. El CIEMAT realizó los estudios físicos necesarios para el diseño técnico detallado, participó en la construcción de numerosos componentes mecánicos, tarea a la que también contribuyó el IAC, eléctricos y electrónicos, asumió la responsabilidad de la integración del sistema completo en una sala limpia construida para este fin en sus instalaciones y de todas las pruebas de caracterización espacial realizadas en el INTA. También lideró las actividades de integración con el resto del instrumento y las pruebas de funcionalidad y verificación de prestaciones con rayos cósmicos, con haces de partículas en el CERN, en la cámara Maxwell de Compatibilidad Electromagnética y en el Simulador Espacial Térmico del centro ESTEC (European Space Research and Technology Centre) de la Agencia Europea del Espacio (ESA) en Noordwijk (Holanda). Finalmente, el CIEMAT se ha responsabilizado de coordinar las pruebas definitivas del RICH realizadas en el Kennedy Space Center (KSC) y el Johnson Space Center (JSC) desde finales de agosto de 2010. RICH permitirá medir con precisión los flujos de rayos cósmicos en un amplio intervalo de energías, información relevante para la validación y desarrollo de modelos de transporte y confinamiento en la galaxia de la radiación cósmica y para la puesta de manifiesto de nuevos fenómenos (por ejemplo, materia extraña).

2. El diseño, construcción y validación del sistema electrónico de control del imán superconductor (Avionics Box), que tiene como misión cargar eléctricamente el imán, realizar la telemetría con los 200 sensores que controlan la temperatura, presión, voltaje de la instrumentación criogénica y proteger y reactivar la operación del imán en el caso de una transición al estado resistivo (“quench”). La opción del imán superconductor era la originalmente contemplada cuando se firmó en 1995 el acuerdo entre el DOE (*US Department of Energy*) y la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) para la realización del proyecto AMS, que fijaba en tres años el tiempo de permanencia del instrumento AMS en la ISS. La ampliación de la vida útil de la ISS hasta 2028 y del periodo de operación de AMS a bordo de la ISS y la decisión de poner término a los vuelos de los trasbordadores en 2011 (que descarta la posibilidad de recargar criogénicamente el imán superconductor) están en el origen de la decisión, adoptada en abril de 2010, de reconfigurar AMS con el imán permanente utilizado en AMS-01 y fortalecer el espectrómetro con planos adicionales de detectores de silicio. En este proyecto, el CIEMAT actuó como soporte interlocutor de EADS-CRISA con AMS y también contribuyó a la financiación de diversas tareas en la empresa británica SCL (*Space Cryomagnetism Limited*) encargada del diseño y construcción del imán superconductor. La experiencia acumulada en criogenia y superconductividad en entornos espaciales será de gran utilidad para el desarrollo de misiones espaciales tripuladas de larga duración.

3. La contribución a la gobernanza de la Colaboración AMS, asumiendo la responsabilidad de la elaboración de un documento (*Memorandum of Understanding*) entre el CERN y AMS para la integración en el CERN de este complejísimo instrumento, cuyos componentes han sido diseñados y fabricados en distintas partes del mundo. Así mismo, fue responsabilidad del CIEMAT la redacción de otro documento de acuerdo entre todas las instituciones que forman parte del proyecto para estructurar el funcionamiento de la Colaboración AMS y la financiación de tareas durante las fases de ensamblaje y operación del instrumento en el CERN, ESTEC, KSC, JSC e ISS. Como resultado de estos acuerdos se construyó una sala limpia en el CERN de 700 m² y se está construyendo en dicho laboratorio un nuevo edificio para albergar el Centro de Operaciones y Control de AMS (POCC) e instrumentando el Centro de Operaciones Científicas (SOC) en una zona del Centro de Cálculo Científico del CERN.

AMS es un instrumento científico extraordinario que permitirá investigar en condiciones experimentales óptimas cuestiones científicas de máxima relevancia (trazas de antimateria cósmica primaria, señales de materia oscura) y tal vez poner de manifiesto fenómenos nuevos que sólo esta novedosa y robusta instrumentación y el entorno privilegiado que ofrece la Estación Espacial Internacional hace posible. Con AMS se inicia una nueva era en el estudio de la radiación cósmica cargada que confiamos conduzca a la obtención de resultados científicos tan relevantes como los obtenidos con la componente neutra de la misma.

Estación Espacial Internacional



Equipo de investigadores del CIEMAT, liderado por Manuel Aguilar.

GALERÍA DE IMÁGENES

AMS



Trasbordador Endeavour y equipo de personas que trabajan en el experimento AMS.



Operaciones para instalar el AMS en el trasbordador.



