

Gaia: un mapa de la Galaxia

Introducción

Gaia es una misión astronómica pionera de la ESA cuyo objetivo es revolucionar el conocimiento que tenemos sobre nuestra Galaxia gracias al estudio espectroscópico detallado y preciso de los mil millones de objetos más brillantes del cielo. La astrometría de alta precisión permitirá a Gaia no sólo averiguar la posición en tres dimensiones de una estrella sino también cómo se mueve. Gaia recogerá datos espectroscópicos, que permitirán la determinación de la velocidad radial, y fotométricos, que medirán el brillo de las estrellas en varias docenas de colores. Este conjunto de datos proporcionará un mapa tridimensional y dinámico de la Vía Láctea con un alcance y precisión sin precedentes. Asimismo, con estos datos, se obtendrá información sobre las propiedades físicas de cada estrella incluyendo luminosidad, gravedad en su superficie, temperatura y composición química.

Pudiendo examinar todos los cuerpos celestes hasta una magnitud tan débil como 20, Gaia observará una fracción significativa de la Vía Láctea, poniendo a disposición de los científicos los datos necesarios para afrontar las preguntas sobre nuestra Galaxia sin respuesta, revelando la historia de su formación, estado actual y evolución futura, y contribuyendo al avance general del estudio de las galaxias. Además, un trabajo de este tipo, en el cual el único requisito para que un objeto sea observado es que su magnitud sea tal que resulte detectable, incluirá estrellas exóticas o estrellas en sus primeras fases de vida, así como varios miles de enanas marrones y planetas fuera de nuestro Sistema Solar. Gaia hará un mapa muy detallado de nuestro entorno más cercano, detectando cientos de

Un avanzado análisis y procesado de los datos los convertirá en el producto final de la misión: el *Catálogo de Gaia*, con un extenso censo galáctico rico en contenido científico. Este estudio de la Vía Láctea muestra con una precisión sin precedentes y libre de todo sesgo proporcionará una información muy valiosa, incluso revolucionaria, a una amplia gama de disciplinas científicas. La gran cantidad de datos de Gaia favorecerá el avance del conocimiento en diferentes ámbitos científicos, como evolución estelar, distribución de materia oscura y relatividad general. Al ser un estudio de todo el cielo sin una preselección de los objetos a observar, la posibilidad de nuevos descubrimientos es muy alta.

Imagen cortesía de ESA - C. Carreau



miles de cuerpos menores del Sistema Solar. Más allá de la Vía Láctea, Gaia también observará objetos extragalácticos brillantes, como supernovas y cuásares, y llegará a identificar muchas galaxias lejanas.

Seleccionada en el año 2000 por la ESA como pieza clave de la agencia, su lanzamiento está previsto para 2013. Gaia continúa así una tradición europea dentro del campo de la astrometría más pionera, apoyándose en la experiencia obtenida por la primera misión astrométrica en el espacio: Hipparcos. Gaia mejorará a su predecesor en varios órdenes de magnitud con respecto a precisión, magnitud límite y tamaño de la muestra. Así como Hipparcos observó un catálogo de objetos previamente seleccionado, en el caso de Gaia, esta muestra será completa y sin ningún tipo de sesgo.

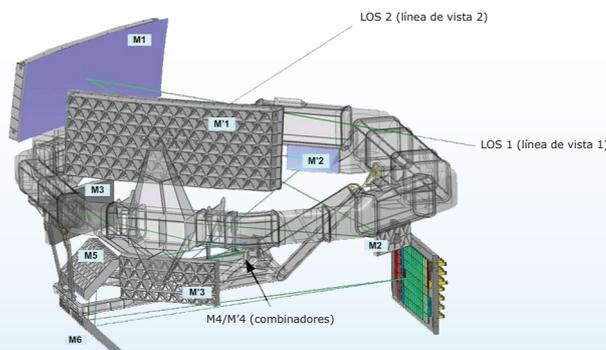
El satélite y los instrumentos astrométricos

Dentro del satélite, los instrumentos de Gaia están montados sobre una estructura hexagonal. La carga útil cuenta con dos telescopios, cada uno de ellos orientado según direcciones distintas pero compartiendo un mismo plano focal. Los telescopios observan a través de sendas aberturas, con un campo de visión de $1,7^\circ \times 0,6^\circ$ y están separadas por un ángulo de $106,5^\circ$ altamente estable.

La luz de un cuerpo celeste entra en el dispositivo a través de una de las dos aberturas y alcanza el espejo primario grande (M1 y M'1 de la figura *Carga útil de Gaia*). De ahí, la luz es reflejada atravesando una serie de espejos con una longitud focal equivalente de 35 metros. Ambos caminos ópticos convergen y se combinan en M4/M'4 antes de alcanzar finalmente el plano focal común. En él se halla un gran mosaico con unos sofisticados CCDs construidos específicamente para la misión aunque esencialmente son detectores de luz del mismo tipo que los que se pueden encontrar en una cámara digital. El plano focal contiene 106 CCDs, lo que implica casi mil millones de píxeles (un 'gigapíxel') que podemos comparar con los de una cámara digital típica (unos pocos millones de píxeles).



Gaia observará la Vía Láctea con extraordinaria precisión



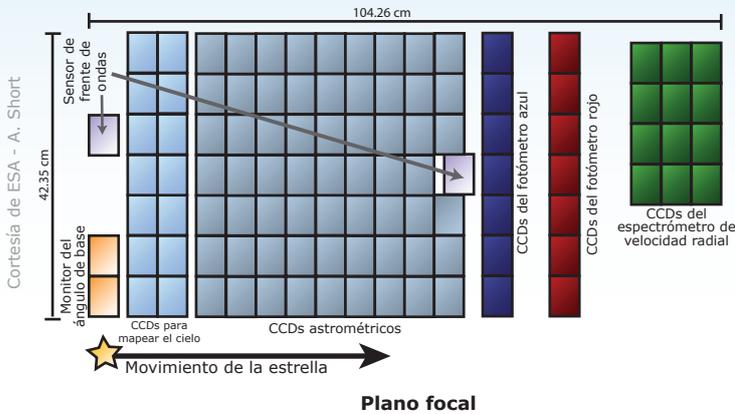
Carga útil de Gaia

Mientras el satélite rota, la luz de los objetos celestes, es decir, la imagen del objeto, pasa a través del plano focal. De esta forma, Gaia escanea lentamente todo el cielo a medida que rota sobre sí mismo. Así, un mismo punto es observado aproximadamente 70 veces a lo largo de la vida de la misión.

Las medidas astrométricas de Gaia se toman utilizando el concepto de astrometría global satisfactoriamente demostrado por Hipparcos.

Imagen cortesía de EADS/Astrium

A partir de la medida de la posición de las imágenes en cada instante, Gaia estimará la separación relativa de los miles de estrellas que se encuentran presentes simultáneamente en el campo de visión combinado. A través de la observación ininterrumpida del cielo en su campo de visión, resultado del movimiento de escaneo continuo del satélite, esta medida angular se acumula con el tiempo. El espejo primario de cada telescopio, con unas dimensiones de 1,45 x 0,5 m² y una distancia focal de 35 m, proporciona una elevada resolución angular (y por lo tanto, alta precisión en la posición) en la dirección de escaneo. La posibilidad de medir ángulos grandes permite obtener una óptima rigidez del sistema de referencia resultante.



El campo astrométrico del plano focal está constituido por una serie de 62 CCDs. Cada uno de ellos se lee de forma retardada pero sincronizada con el movimiento de escaneo del satélite. Según la estrella entra en el campo de visión combinado, atraviesa una primera serie de CCDs dedicados a mapear el cielo. Los objetos se detectan a bordo del propio satélite y su información sobre posición y brillo se procesa en tiempo real para definir una ventana de lectura. La magnitud límite de Gaia es aproximadamente 20 para luz blanca ($V=20$ para estrellas azules, $V=22$ para estrellas rojas), y se medirán todos los objetos más brillantes que ese límite inferior durante el periodo de observación.

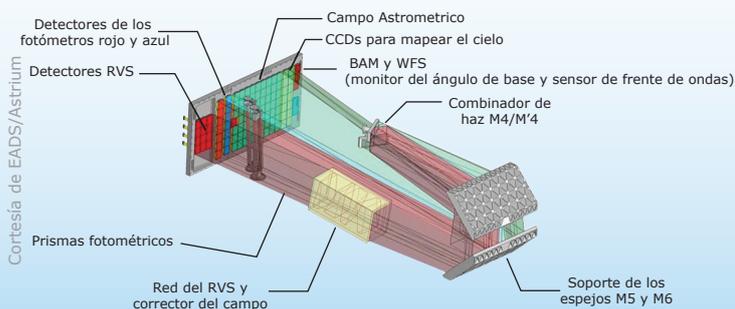
Precisiones astrométricas

Estrella \ Magnitud	B1V	G2V	M6V
$V < 10$	$< 7\mu\text{s}^\ddagger$	$< 7\mu\text{s}^\ddagger$	$< 7\mu\text{s}^\ddagger$
$V = 15$	$< 25\mu\text{s}^\ddagger$	$< 24\mu\text{s}^\ddagger$	$< 12\mu\text{s}^\ddagger$
$V = 20$	$< 300\mu\text{s}^\ddagger$	$< 300\mu\text{s}$	$< 100\mu\text{s}^\ddagger$

‡: μs = Microsegundo de arco

Instrumentos fotométricos y espectroscópicos

El instrumento fotométrico de Gaia consiste en dos prismas de baja resolución de sílice fundido que dispersan toda la luz que entra en el campo de visión. Se encuentran localizados entre el último espejo del telescopio (M6) y el plano focal. Uno de ellos, el Fotómetro Azul (BP), trabaja en un rango de longitud de onda de 330 a 680 nm; el otro es un Fotómetro Rojo (RP) y cubre el rango entre 640 y 1050 nm. La dispersión de los prismas se encuentra entre 3 y 29 nm/píxel para BP y entre 7 y 15 nm/píxel para RP. Las medidas simultáneas de la distribución espectral de energía proporcionan información astrofísica clave, como temperatura, gravedad y metalicidad para cada una de las estrellas observadas.



Para más información sobre Gaia: <http://www.rssd.esa.int/gaia>

Para más información sobre DPAC: <http://www.rssd.esa.int/gaia/dpac>

Además del instrumento fotométrico, Gaia también cuenta con un Espectrómetro de Velocidad Radial (RVS). El RVS proporciona una tercera componente de la velocidad espacial para cada una de las estrellas hasta una magnitud de 17. Este instrumento es un espectrógrafo que trabaja en el infrarrojo cercano (847 – 874 nm) con una resolución media y de campo integral. Su misión es dispersar toda la luz que entre en el campo de visión. Este objetivo se alcanza gracias a un módulo óptico localizado entre M6 y el plano focal y contiene una red de difracción y una lente correctora afocal compuesta por cuatro prismas de sílice fundido.

Los fotómetros y el RVS están integrados con los instrumentos astrométricos y los telescopios, de tal manera que la luz que procede de dos direcciones de visión diferentes se superpone en los CCDs fotométricos y RVS. Tanto el RVS como los fotómetros utilizan los CCDs para mapear el cielo y así detectar y confirmar la presencia de objetos.

Consorcio para el Procesamiento y Análisis de Datos

La naturaleza de la misión Gaia comporta la adquisición de una enorme cantidad de datos, complejos y extremadamente precisos, que representan la observación múltiple de mil millones de objetos diversos gracias a un instrumento de 'visión doble' que rota y precisa. El desafío de los datos de Gaia – procesado de telemetría en crudo del satélite para obtener un producto de valor científico – es, por lo tanto, una ingente tarea en lo que respecta a competencia, esfuerzo y potencia computacional.

A finales de 2006, ESA hizo público el Anuncio de Oportunidad, solicitando propuestas para la construcción y operación del segmento de procesamiento de datos a tierra (proceso de tratamiento que permite la generación de los productos intermedios y finales de la misión). En respuesta al anuncio, un amplio equipo europeo de expertos científicos y desarrolladores de software enviaron su propuesta para un sistema completo capaz de manejar la gran cantidad y complejidad de los datos de Gaia. En mayo de 2007, el Comité de Programas Científicos de ESA aprobó la propuesta remitida por el Consorcio para el Procesamiento y Análisis de Datos (DPAC), con lo que DPAC se convirtió en el responsable oficial del análisis y procesamiento de los datos de Gaia.

Miembros clave en Gaia

Científico responsable del proyecto:	Timo Prusti (ESA)
Responsable de SOC [‡] :	William O'Mullane (ESA)
Responsable del proyecto:	Giuseppe Sarri (ESA)
Coordinador de PO [‡] :	Sebastian Els
Presidente de DPAC [‡] :	Anthony Brown (Leiden Observatory)
Vicepresidente de DPAC:	Antonella Vallenari (Padova Astronomical Observatory)
Responsable del proyecto en EADS/Astrium:	Vincent Poinignon

‡: SOC = Science Operations Centre (centro de operaciones científicas)

‡: PO = Project Office (oficina de proyecto)

‡: DPAC = Comité ejecutivo de DPAC

DPAC es una colaboración que implica a miembros de toda Europa, incluyendo una comunidad diversa de aproximadamente 450 científicos e ingenieros de software distribuidos por más de 22 países y seis grandes Centros de Procesamiento de Datos (DPCs). El consorcio aúna la capacidad y la experiencia de todo el continente; su naturaleza internacional y espíritu cooperativo refleja los de la misma ESA.

Coordinado por el presidente de DPAC, el consorcio está subdividido en nueve unidades más pequeñas y especializadas llamadas Unidades de Coordinación (CUs). A cada unidad se le asigna un conjunto único de tareas de procesamiento de datos. Las CUs se apoyan en seis Centros Procesamiento de Datos (DPCs), que son los lugares en los que se encuentra el hardware necesario para realizar el procesamiento.

La oficina de proyecto (PO) está encargada de la gestión del día a día de las operaciones y desarrollo general de DPAC.

EADS/Astrium

En mayo 2006, el especialista europeo en sistemas de satélites EADS/Astrium firmó un contrato con ESA para desarrollar y construir el satélite Gaia. La experiencia de Astrium, particularmente en telescopios de carburo de silicio, como el que se ha usado en el Observatorio Espacial Herschel, son un aval para la considerable tecnología puntera que implica el satélite de Gaia y sus instrumentos. Asimismo, como fabricantes del predecesor de Gaia, Hipparcos, EADS/Astrium aporta una experiencia muy valiosa al proyecto.