

La misión SMOS

PRIMERA OBSERVACIÓN DE LA SALINIDAD DEL OCEANO Y HUMEDAD DEL SUELO DESDE EL ESPACIO

Diego Fraga Agudo, Irene Mas Muñoz, Oscar Alonso Lasheras y Diana de Miguel Ferreras
GMV Aerospace and Defence S.A.

LA MISIÓN **SMOS** (Soil Moisture and Ocean Salinity) es la Segunda misión del "Earth Observation Opportunity" dentro del programa "Living Planet" de la **ESA** (Agencia Espacial Europea). Esta misión está financiada por el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) y por el francés **CNES** (Centre National d'Etudes Spatiales). El lanzamiento del satélite está previsto para verano de 2008.

El objetivo principal de la misión **SMOS** es la medida de la humedad del suelo y la salinidad del océano con cobertura global (sobre toda la superficie de la Tierra), con un periodo de revisita de 3 días, y una resolución espacial de alrededor de los 50km. Es importante destacar que es la primera ocasión en la que estas dos variables serán medidas sistemáticamente a escala global. Además de estos objetivos primarios, la misión también espera obtener datos de interés sobre la criosfera y el contenido de agua en la vegetación.

La humedad del suelo y la salinidad del océano juegan un papel clave en diversas áreas como son la Oceanografía, la Climatología y la Meteorología. La circulación oceánica, por ejemplo, depende de los cambios de densidad que es, a su vez, función de la salinidad y de la temperatura del agua del mar. Los valores de precipitación también están relacionados con la salinidad del mar, dado que la evaporación depende igualmente de este parámetro. Por su parte, la humedad del suelo es un parámetro clave para comprender el ciclo del agua en nuestro planeta, siendo aquel un dato fundamental en los modelos de intercambio de humedad entre el suelo, la vegetación y la atmósfera.

La carga útil del satélite **SMOS** es el instrumento **MIRAS** (Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis) un interferómetro 2D en microondas que mide la radiación emitida por la superficie de la tierra y la superficie del océano en 1.4 Ghz. La temperatura de brillo de la radiación observada es función de distintos parámetros físicos, entre ellos, el contenido de sal (para la radiación emitida por los océanos) y el contenido de agua (para la radiación emitida por el suelo). De este modo, y mediante el procesamiento adecuado de las medidas registradas desde el espacio, es posible inferir los parámetros deseados de salinidad oceánica y humedad del suelo.

Es importante destacar el papel destacado que, por primera vez, juega España en el desarrollo del proyecto, liderando tanto la misión científica como el desarrollo, diseño y construcción del instrumento, el centro terrestre de procesamiento de datos y el centro de planificación de la misión.

El Segmento Terrestre de Procesamiento de los Datos, **DPGS** (Data Processing Ground Segment) está siendo desarrollado por un consorcio industrial forma-

do por las compañías españolas **INDRA** Espacio, **GMV** Aerospace and Defence e **INSA**. La función principal del **DPGS** es la recepción y procesamiento de los datos científicos y de telemetría enviados por la plataforma espacial para la generación de los denominados productos de nivel 0 (datos brutos), nivel 1 (temperaturas de brillo) y nivel 2 (datos de salinidad del océano y humedad del suelo). Asimismo, el Centro de Procesado de datos **SMOS** de niveles 3 y 4 (**CP34**) desarrollado por el mismo consorcio industrial, será responsable de la generación de los productos de nivel 3 (Productos globales de Salinidad y Humedad) y nivel 4 (productos derivados). Finalmente, los centros **DPGS** y **CP34** serán instalados en la estación de seguimiento de satélites de Villafranca del Castillo (**VILSPA**).

A continuación presentamos los centros de procesamiento **DPGS** y **CP34**, sus principales características y funcionalidades desde un punto de vista industrial.

Segmento Terrestre

El Segmento Terrestre de una misión espacial es el sistema, instalado en suelo, para **i**) la gestión y control de la misión espacial, **ii**) la recepción y procesamiento de los datos adquiridos por los instrumentos del vehículo espacial, y **iii**) si fuera necesario, la difusión y archivo de los productos generados. En par-

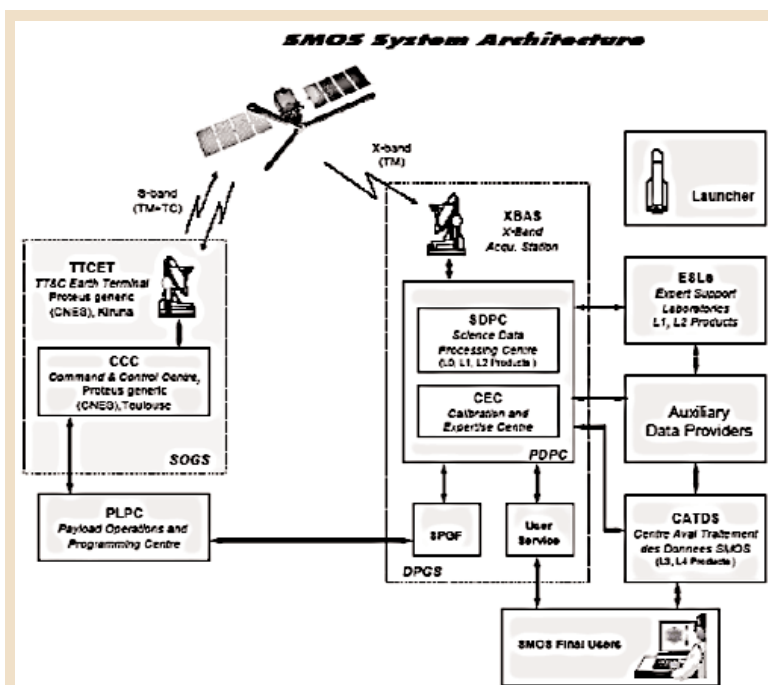


Figura 1. Esquema con los componentes principales del Segmento Terrestre de la misión SMOS

titular, los componentes principales del Segmento Terrestre de la misión **SMOS** se presentan en la Fig. 1, entre los que destacamos:

El Centro de Operaciones **SOGS** (Satellite Operations Ground Segment) encargado de la generación de comandos de control del satélite

El Centro de Procesamiento **DPGS** (Data Processing Ground Segment) responsable de adquirir, procesar, archivar y distribuir los productos **SMOS** generados a nivel de órbita (hasta nivel 2).

El Centro de Procesado de Niveles 3 y 4 (**CP34**), por iniciativa del **CDTI** Español, y el **CATDS** (Centre Aval Traitement des Données **SMOS**), por iniciativa del **CNES** Francés, están a cargo de la generación y distribución de los productos **SMOS** de niveles 3 y 4.



El personal de GMV a la puerta de su edificio de Tres Cantos (Madrid)

Principales sub-componentes del Centro de Procesamiento **DPGS** desarrollados por la compañía **GMV**

PDPC procesadores: constituyen el núcleo del **DPGS**, siendo los encargados del procesamiento de los datos de telemetría y científicos para la generación de los productos **SMOS** de distintos niveles (L0, L1, L2OS, L2SM).

PDPC Centro Experto y de Calibración (**CEC**): El conjunto **CEC** tiene la función de analizar en detalle la calidad y aptitud científica de los productos generados por la misión **SMOS**, proporcionando asistencia en las actividades de calibración y validación de dichos productos. El **CEC** contará con distintas herramientas como la de monitorización de productos **PMF** (Product Monitoring Facility), las de análisis interactivo **IAT** (Interactive Analysis Tools), el sistema de control sistemático de calidad de los productos **SPQC** (Systematic Product Quality Control) y el entorno de procesamiento **RPF** (Reference Processing Facility).

Sistema de planificación **SPG** (SMOS Plan Generation Function) se ocupa de definir el plan de operaciones de la carga de pago (**POP**) teniendo en cuenta las restricciones definidas en el plan de operaciones del satélite.

Componente de monitorización del sistema en banda X **PXMF** (Payload X-band Monitoring Function) permite monitorizar la salud y el estado del sistema en banda X.

Procesadores PDPC: cadena de procesamiento científico

Por cadena de procesamiento se entiende la secuencia de los pasos de procesamiento o niveles de procesamiento que conducen a los productos finales. Cada nivel de procesamiento se implementa como un procesador ejecutable que genera productos (ficheros) del nivel indicado. Los ficheros de salida de un nivel son los ficheros de entrada del siguiente. Los niveles de productos **SMOS** existentes se muestran en la figura 2.

A continuación presentamos la definición y las características principales del procesamiento de los diferentes niveles.

Productos L0: Los datos de nivel 0 (L0) son casi datos sin procesar que han sido reconstruidos en orden cronológico y secuencia, esto es, consolidados en segmentos ordenados en el tiempo, cubriendo media órbita completa (de polo a polo). El procesamiento L0 incluye además la eliminación de cualquier paquete duplicado y la separación de las pasadas ascendentes y descendentes. Estos segmentos basados en el tiempo están, por lo tanto, relacionados con la localización de la nave espacial y no con la posición de los datos medidos sobre la superficie de la tierra.

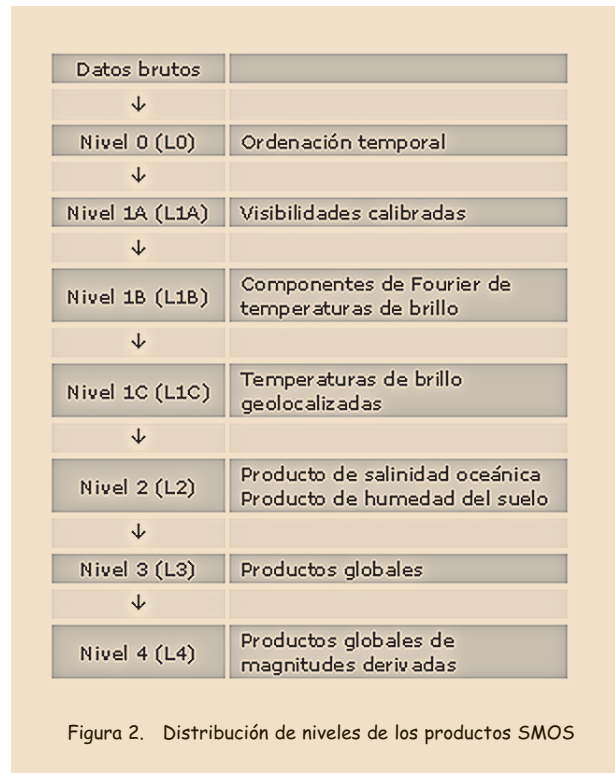


Figura 2. Distribución de niveles de los productos **SMOS**

Nivel 1A (Visibilidades calibradas): Los datos de observación (correlaciones) se calibran y se corrigen aplicándoles calibraciones internas: inyección de ruido, auto-correlación, calibración a bordo, etc. Los datos todavía se ordenan en secuencias de adquisiciones o "snapshots" es decir, referido a un tiempo único de integración.

Nivel 1B (Componentes de Fourier de temperaturas de brillo): Los datos de nivel 1A se convierten a Componentes de Fourier de Temperaturas de Brillo fuera de la Atmósfera **TOA** (Top of Atmosphere) y se aplican correcciones para eliminar las contribuciones no deseadas del Sol, la Luna y el fondo galáctico.

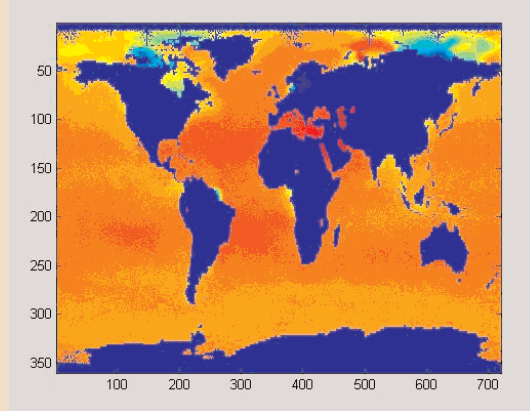
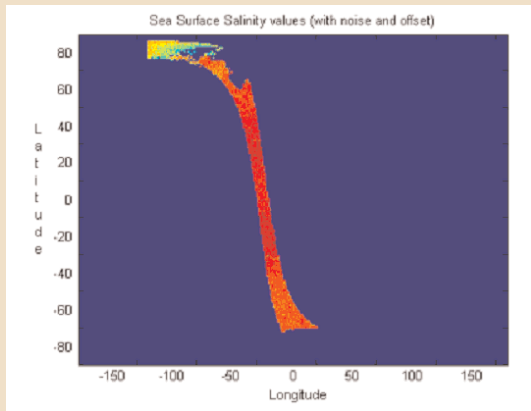


Figura 3 : Ejemplo de productos (simulados) de salinidad SMOS de nivel 2 (izquierda, con cobertura polo a polo) y nivel 3 (derecha, con cobertura global)

Nivel 1C (Temperaturas de brillo geolocalizadas): En el procesado de nivel 1C se aplica una transformada inversa de Fourier a fin de convertir las temperaturas de brillo del espacio de Fourier al espacio real. Las temperaturas de brillo son geolocalizadas asignándoles una latitud y longitud en una malla o "grid" predefinida. La precisión radiométrica y el tamaño de los píxeles (resolución espacial) también se estima para cada medida individual. En los productos de nivel 1C, cada punto de malla contiene un conjunto de temperaturas de brillo medidas para dicho punto con diferentes ángulos de visión. Este conjunto de medidas proporciona información adicional para los algoritmos de procesamiento de nivel 2.

Nivel 2 (Productos de salinidad y humedad de tipo órbita (swath based)): Los valores de salinidad oceánica (**OS**) y humedad del suelo (**SM**) se calculan usando como entrada principal las medidas de la temperatura de brillo para los mismos punto de malla medidos a diferentes ángulos de visión. Los algoritmos de procesamiento también utilizan otras fuentes de datos auxiliares, como por ejemplo, información meteorológica.

El procesamiento de nivel 2 (a partir de los productos de nivel 1) se realiza en dos fases:

1ª.- Corrección de efectos atmosféricos y otros fenómenos; esta fase de procesado incluye la aplicación de distintas correcciones como por ejemplo rotaciones geométricas y Faraday, eliminación de destellos producidos por la emisión del Sol, la Luna y la Galaxia, eliminación de la atenuación producida por la atmósfera, etc.

2ª.- Cálculo de los valores de salinidad oceánica y humedad del suelo mediante la aplicación de modelos geofísicos que relacionan dichas magnitudes con la temperatura de brillo a 1.4 Ghz.

El Centro de Procesamiento de Niveles 3 y 4 (CP34)

El **CP34** se encargará de la generación de los productos de niveles 3 y 4, básicamente productos globales de Salinidad del Océano y de la Humedad de la Tierra (Nivel 3) y productos globales de magnitudes derivadas (Nivel 4).

El **CP34** ha sido diseñado como una facilidad genérica, fácilmente integrable al Segmento Terrestre de Procesamiento de Datos de **SMOS**, **DPGS**. El **CP34** proporcionará servicios básicos que podrán ser fácilmente adaptables a diferentes usuarios y necesidades de la misión. En particular, las funcionalidades básicas que cubrirá el **CP34** se pueden resumir en los siguientes puntos:

Ingestión : El **CP34** recibirá del **DPGS** los productos de nivel 2 o inferiores, y datos auxiliares necesarios para el procesamiento del centro. También podrá recibir datos auxiliares necesarios de otras fuentes de información si éstos no están disponibles en el **DPGS**.

Generación de Productos : El **CP34** genera productos de cobertura global a partir de productos de nivel inferior, los cuales abarcan solamente franjas adquiridas por el satélite de polo a polo.

El sistema de generación de productos del **CP34** ha sido diseñado para permitir la integración y actualización de los procesadores de una manera cómoda y sencilla como simples ejecutables, sin necesidad por tanto de recompilar el centro completo.

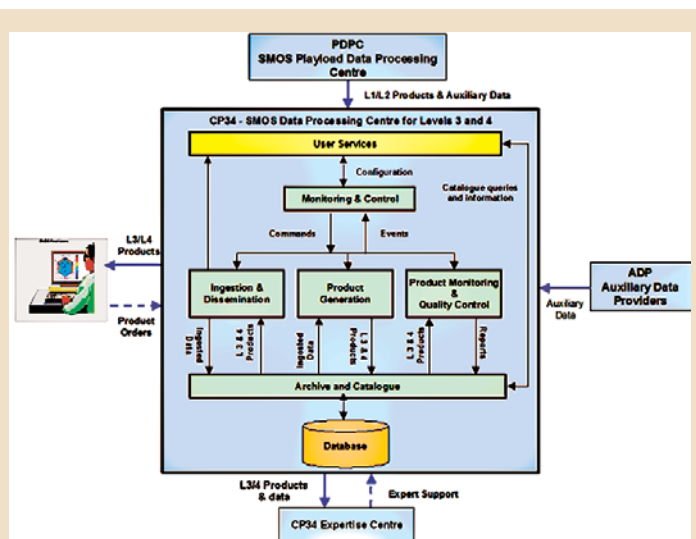


Figura 3. Arquitectura del Centro de Procesamiento CP34 de SMOS

El objetivo básico de los algoritmos del centro **CP34** es mejorar la precisión y calidad de las medidas de salinidad y humedad de los productos de nivel 2. Este aspecto es especialmente importante en el caso de la salinidad, donde la calidad de los datos de nivel 2 se presume será muy baja, y para los cuales un simple promedio temporal o espacial puede incrementar notablemente la precisión de las medidas reduciendo considerablemente el ruido aleatorio (a expensas de una pérdida de la resolución temporal y espacial).

Si bien el **CP34** permitirá la configuración de la resolución de los productos generados, el sistema definirá un conjunto de productos "nominales" cuyas características finales serán fijadas de acuerdo a los requisitos y necesidades de los distintos usuarios del centro.

Centro Experto: El **CP34** incluirá una facilidad, el Centro Experto, cuyas funciones se resumen en **i)** definir y mejorar los algoritmos de procesado de niveles 3 y 4, **ii)** verificar la correcta implementación de nuevos procesadores operacionales (actividad que está prevista que sea desarrollada por la industria), **iii)** validar los productos generados por nuevos procesadores, esto es, garantizar la calidad y aplicabilidad de los nuevos productos desde un punto de vista científico antes de

aprobar su transferencia al centro de producción operacional y **iv)** monitorizar de modo sistemático la calidad de los productos generados por el centro de producción operacional.

Reprocesamiento: El centro de Reprocesamiento del CP34 permitirá el procesamiento de datos de archivo así como de la misión completa. Esta facilidad permitirá generar los productos de niveles 3 y 4 cada vez que se disponga tanto de nuevos algoritmos de generación de productos como nuevos productos de niveles inferiores (en caso de que se haya producido una campaña de reprocesamiento de productos de nivel 2 en el DPGS con nuevos algoritmos de nivel 2)

Distribución: El **CP34** proporcionará los servicios necesarios para la distribución de los productos generados a distintos usuarios. Éstos tendrán la capacidad de suscribirse a distintos productos a través de un interfaz WEB y a descargar los productos a los cuales están suscritos. Se prevén distintos mecanismos de distribución como pueden ser la descarga manual o automática de productos, la transferencia automática de éstos desde el CP34 hacia los usuarios e, incluso, el envío de productos en soporte físico (DVD, DAT, ...).



ANUNCIO



La AME convoca un curso de fotografía digital meteorológica para aficionados

Lugar: Sede del Instituto Nacional de Meteorología, C/Leonardo Prieto Castro nº8, 28040 Madrid.

Duración: 20 horas, distribuidas de la siguiente manera,

MODULO-1: La Muestra. Identificando nuestros objetivos: Nubes, Meteoros y Rayos (4 horas).

MODULO-2: La Toma. La Imagen digital y técnica fotográfica básica aplicada a la fotografía meteorológica (6 h).

MODULO-3: El cuarto oscuro digital. Edición básica de fotografía meteorológica con Photoshop CS2 (10 horas).

Calendario: El curso se desarrollará durante dos semanas consecutivas en alguna de las dos modalidades:

- Clases de lunes a jueves de 18:30 h. a 21:00 h., en total 10 horas por semana.

- Clases de lunes a viernes de 18:30 a 20:30h., en total 10 horas por semana

Semana del 12 al 15 de noviembre de 2007: MODULO-1 y MODULO-2

Semana del 19 al 22 de noviembre de 2007: MODULO-3

Número de Plazas: 20. **Precio general:** 140 Euros. **Precio para socios de la AME:** 100 Euros.

Instructor: José Antonio Quirantes Calvo, Observador de Meteorología del Estado, Técnico Auxiliar de Informática y fotógrafo amateur.

Inscripción: Rellando y enviando por FAX el formulario disponible en la página web de la AME: www.ame-web.org

Dirigido a: El curso está dirigido a aquellos aficionados a la meteorología que se interesan por la observación nubosa, los meteoros, los fenómenos ópticos y las tormentas eléctricas, y desean identificarlos y fotografíarlos correctamente. Asimismo, es ideal para aquellos que se inician en el apasionante mundo de la fotografía digital meteorológica y desean adquirir conocimientos básicos sobre edición fotográfica en PC mediante el programa Photoshop CS2.

Objetivos: Se persiguen tres: por un lado que el alumno sepa distinguir los 10 géneros de nubes, los hidrometeoros y los principales fenómenos ópticos, a la vez que adquiera unas nociones básicas sobre las descargas eléctricas (rayos) y las tormentas. En segundo lugar, que asimile los fundamentos básicos de la imagen digital y la técnica fotográfica aplicados a estos "objetos" meteorológicos. Y por último, enseñarle a realizar físicamente en el PC una edición básica sobre sus fotografías meteorológicas con el programa estándar del mercado, Photoshop CS2.