

CARACTERISTICAS Y APLICACIONES DEL SATELITE ERS - 1

Evangelina ORIOL PIBERNAT
European Space Agency. Via Galileo Galilei. 00044 Frascati. Italia

RESUMEN

El lanzamiento del primer satélite de teledetección de la Agencia Europea del Espacio está previsto a principios del año 1991 mediante un lanzador Ariane. El ERS-1 llevará a bordo, entre otros, una serie de instrumentos activos en la banda espectral de las microondas, cuya capacidad es independiente del tiempo atmosférico. Estos instrumentos proveerán información oceanográfica, así como imágenes de alta resolución de las zonas costeras y del suelo. Una particularidad del segmento terrestre es que ha sido diseñado para ofrecer una dualidad de servicios: el de entrega rápida, que permitirá recibir algunas imágenes y los datos oceanográficos al cabo de un máximo de tres horas a partir de su observación, para uso en tiempo real. Asimismo, todos los datos serán archivados en centros especializados, con objeto de permitir estudios climatológicos o un posterior tratamiento usando algoritmos más refinados y mejores informaciones suplementarias.

Palabras clave: Satélite, Teledetección, Oceanografía, Radar.

ABSTRACT

The European Space Agency is preparing for the launch of the first European Remote Sensing satellite, which will take place at the beginning of 1991 by means of an Ariane launcher. The ERS-1 will carry on-board a set of active microwave sensors which will allow the collection at all weather conditions of global geophysical information over the oceans as well as the imaging of selected coastal and land areas with high resolution. One main feature of this satellite is that the ground segment has been designed in order to offer a duality of services. There will be dissemination of some images and geophysical data within three hours of acquisition for near real time use. Also, the data will be archived at specific centres for climatological studies or subsequent off-line precision processing.

Key words: Satellite, Remote Sensing, Oceanography, Radar.

OBJETIVOS DE LA MISION

- Aumentar el conocimiento científico de las zonas costeras y de los procesos globales del océano para que junto con el control de las regiones polares se pueda contribuir al Programa de Investigación Mundial de Climatología. Se espera poder avanzar de manera significativa en los campos de Oceanografía Física, Glaciología y Climatología.
- Encontrar, desarrollar y explotar las aplicaciones de los datos de teleobservación en las áreas de costas, en los océanos y en el hielo. Las actividades industriales que mayor beneficio obtendrán de las mejoras en predicciones y en el mejor conocimiento de los parámetros oceanográficos y geofísicos son, entre otras, las que se relacionan con plataformas petrolíferas, rutas de barcos y pesca.
- Estimular y desarrollar la investigación científica y de aplicación en el uso de datos obtenidos con radares y cuya capacidad es independiente del tiempo atmosférico.

CONFIGURACION DEL SATELITE

Para poder cumplir los objetivos de la misión, el satélite llevará a bordo un conjunto de instrumentos tipo Radar, es decir, sensores activos en la región de las microondas, que se complementan y apoyan

mediante otros instrumentos adicionales. La carga útil del ERS-1 es un todo constituido por sensores muy avanzados tecnológicamente que proporcionan observaciones de gran precisión, noche y día, y para todo tiempo atmosférico, de la totalidad de la superficie terrestre (ESA, 1989).

Los instrumentos principales son:

- Instrumentación activa en la región de las microondas (AMI), banda C (5.3 GHz) que incluye un Radar de Abertura Sintética (SAR), un dispersómetro para viento y otro para olas (AMI modo olas). Estos instrumentos se han diseñado para observar el viento en la superficie del mar y la estructura de las olas oceánicas junto con imágenes de alta resolución de la superficie terrestre y en particular de las regiones polares, zonas costeras y suelos.
- Un altímetro tipo Radar (RA), en la banda Ku (13.7 GHz), apuntando a nadir y cuyas medidas permitirán la determinación de la altitud del satélite, altura significativa de las olas, velocidad del viento en la superficie oceánica y parámetros relativos al hielo.

Los instrumentos científicos adicionales contribuirán a la interpretación de los datos obtenidos con los sensores principales, en particular en lo que se refiere a procesos oceanográficos. Estos instrumentos son:

- Un radiómetro de barrido a lo largo del trazado (ATSR), que es un sensor infrarrojo para medir la temperatura superficial del mar, la temperatura de la cima de las nubes y la nubosidad. Junto con un sondeador a microondas que permite determinar las correcciones atmosféricas debidas a la presencia de vapor de agua.
- Un equipo (microondas) para determinar con precisión el alcance (PRARE), cuyo objeto es mejorar los datos del altímetro. La gran exactitud con que se conseguirá obtener la altitud del satélite permitirá estudios de circulación y aplicaciones geodésicas tales como topografía del suelo marino y dinámica de la corteza terrestre.
- El seguimiento vendrá además facilitado mediante el uso de retro-reflectores pasivos Láser. Con ello se permitirá la evaluación de los datos instrumentales desde tierra.

Los dos instrumentos anteriores no pertenecen a ESA. Son contribuciones nacionales que resultaron de un anuncio de oportunidades (AO) hecho por ESA a los científicos para que pudieran embarcar sus propios instrumentos a bordo del ERS-1.

Los datos que se refieren al comportamiento de la plataforma y carga útil se transmitirán en banda S. La telemetría de la carga útil llegará al suelo a través de dos canales de la banda X, uno a alta cadencia (High Bit Rate) y otro a baja cadencia (LBR).

Una grabadora a bordo tiene una capacidad de almacenamiento de 6.5 Gbits que le permite conservar todos los datos de interés geofísico (que coinciden con los LBR) de una órbita completa (aproximadamente 100 min.). Así se podrán obtener aún en el caso de zonas sin estaciones de recepción. El instrumento PRARE usará sus propios medios para transmitir los datos.

La plataforma sobre la que se montará el satélite es la misma que se ha utilizado para el programa francés SPOT. Ofrece los servicios necesarios para las operaciones del satélite y su carga útil. En particular, control de órbita y posición, suministro de potencia, control del estado de la carga útil, telecomunicaciones con el segmento terrestre para recepción de telecomandos y telemetría de los datos de la carga útil y de a bordo. Esta plataforma se ha modificado para las necesidades del ERS-1: se ha aumentado la potencia del panel solar y de las baterías, cambiado el sistema de control de posición para permitir la navegación de guiñada. Se ha creado también el S/W necesario para controlar, programar y manejar el satélite.

OPERACIONES

— Segmento terrestre

El segmento terrestre del ERS-1 permitirá en todo momento el control y comando del satélite durante todas las fases de la misión. También se ocupará de la recepción, archivo y tratamiento de los datos suministrados por los instrumentos de a bordo. El segmento terrestre está formado por:

- Un centro de coordinación del segmento terrestre e interacción con los usuarios (Earthnet ERS-1 Central Facility) situado en ESRIN, Frascati (Italia).

- Un centro de control y comando (MMCC) situado en el Centro Europeo de Operaciones Espaciales (ESOC) en Darmstadt, Alemania que se encargará de:
 - Planificar la misión de todo el sistema: plataforma y carga útil, de acuerdo con los deseos de los usuarios, recibidos a través de Earthnet, y con las posibilidades del vehículo y el segmento terrestre.
 - Control de la plataforma y carga útil.
 - Servicios adicionales tales como predicción de órbita y restitución de órbita.
- Una estación de recepción en banda S en Kiruna (Suecia), respaldada por la estación de Villafranca en España.
- Estaciones de recepción en banda X, con cadenas de tratamiento de entrega rápida FD (ver la sección productos) que harán las funciones siguientes:
 - Recepción de datos de la carga útil en banda X, para datos directos y grabados. La cobertura global de los datos LBR y la producción de datos FD vendrá asegurada con las estaciones de Kiruna, Maspalomas (Islas Canarias, España), Fucino (Italia, para el Mediterráneo) y Gatineau (Canadá). La recepción de datos SAR y la producción de sus correspondientes FD se efectuará en Kiruna y Fucino (para el Mediterráneo). Se está considerando también la posibilidad de instalación en Maspalomas.
 - Grabación de los datos sin tratar en cintas de alta densidad (HDDT) o en discos ópticos (OD) para que se puedan luego distribuir a los centros de Producción de Precisión y Archivo, PAF (ver sección productos).
 - Distribución de datos de entrega rápida a través de Earthnet.
- Otros centros de recepción:
 - Habrá varias estaciones nacionales, coordinadas por Earthnet, que se encargarán de recibir y tratar datos regionales HBR (SAR) recibidos directamente del satélite. Las estaciones de países miembros de ESA ya programadas son: West Freugh (Reino Unido), Trømsø (Noruega), Aussagel (Francia) y Prince Albert (Canadá). Otros países no europeos ya han establecido acuerdos con ESA: Fairbanks (Alaska) y Alice Springs (Australia); existen negociaciones con Argentina, Brasil, Ecuador, India, Japón, Kenia y Pakistán entre otros. Alemania y Japón están planeando instalar estaciones en la Antártida.

— Órbitas

El satélite se pondrá en órbita mediante un cohete Ariane IV, que desde Kourou lo inyectará en un órbita helio-síncrona, casi polar, a una altitud de aproximadamente 780 km.

La órbita de referencia usada para el diseño del satélite tiene un ciclo de repetición de 3 días; el satélite cruzará el Ecuador en órbita descendente a las 10,30 del tiempo local medio. Los trazados en el suelo se repetirán con un desplazamiento máximo de 1 km en cualquier punto de la órbita. La órbita de referencia se usará durante los tres primeros meses de vida del ERS-1, la llamada fase de comisión, que servirá para calibrar los instrumentos y validar los productos.

Después de esta fase inicial, y de acuerdo con el plan de misión establecido para cumplir todo los objetivos, la órbita se podrá cambiar mediante una modificación de la altitud del satélite. En total no se podrán efectuar más de seis cambios durante la vida del satélite.

Los ciclos de repetición podrán oscilar entre los 3 y 176 días; la órbita más baja posible corresponde a 14 4/11 órbitas por día y la más alta a 14 2/7 órbitas por día. La mayor parte de la misión usará el ciclo de 35 días y hacia el final se establecerá en ciclo de 176 días.

INSTRUMENTOS

La región de las microondas tiene la gran ventaja de que es transparente a la atmósfera; por tanto los sensores basados en esta tecnología pueden proporcionar información independientemente del tiempo (excepto para el caso de lluvia abundante). La desventaja, siendo instrumentos activos, es que necesitan una gran potencia para poder funcionar y en consecuencia, cuando se operan desde satélites, deben programarse de forma que se obtenga el máximo rendimiento posible.

El tiempo de operaciones de cada uno de los instrumentos a bordo del ERS-1 vendrá programado de acuerdo con las necesidades de la comunidad científica, pero tendrá ciertos límites:

- Los datos SAR (imágenes) pueden obtenerse sólo en tiempo real, cuando el satélite es visible desde una estación de recepción, y no se registran a bordo.
- El SAR puede operar sólo por un tiempo limitado, con un máximo de 10 minutos por órbita, bien de forma continua o repartido en un máximo de 6 zonas.
- Los otros instrumentos (LBR) operarán a una media de alrededor de 60 minutos por órbita. Se calcula que con ello se puede obtener cobertura prácticamente global de los océanos y zonas de interés. También en este caso los instrumentos se podrán encender o apagar según las zonas, con un límite de seis veces.

AMI

Un total de cuatro antenas sirven para iluminar la superficie terrestre y recibir la señal reflejada por ésta. Mediante el tratamiento a bordo y en tierra de las señales recibidas, se consigue producir imágenes de dos dimensiones en las que la intensidad de los píxeles (elemento de imagen) representan el llamado coeficiente de retrodispersión radar normalizado (σ^0). El coeficiente de retrodispersión depende de la rugosidad de la superficie y de las propiedades dieléctricas y de conductividad del área en observación; es así que se pueden inferir propiedades del terreno a partir de imágenes radar. Además de lo descrito, estas imágenes también permiten detectar ciertos objetos tales como naves, témpanos de hielo, edificios, etc.

Con objeto de que se cumplan los objetivos de la misión, AMI debe suministrar imágenes con diversas características para adecuarse a cada tipo de aplicación. Se dice por tanto que opera en tres modos: imagen, viento (dispersómetro) y olas.

— Modo imagen

AMI debe suministrar imágenes bi-dimensionales con una resolución espacial de 30 m en alcance y entre 8 y 30 m en azimut.

La antena está alineada con la dirección del vuelo, y mira hacia un lado del satélite. El ángulo de incidencia en el centro del área que se ilumina es de 23 grados; por tanto, el instrumento rastrea una franja (swath) continua de 99 km de anchura que es paralela a la dirección de vuelo, siendo su alcance lejano de 294 km.

La operación se inicia generando un impulso radar. Una parte del sistema la incorpora a una señal producida por un generador de frecuencia, y así se obtiene un impulso corto en una fase pre-determinada de la señal. A continuación se modula la señal mediante la técnica del chirping (impulsos largos de frecuencia variable y baja amplitud).

El principio en el que se basa el SAR consiste en usar el propio movimiento del satélite para "sintetizar" una antena más larga a partir de la combinación de las señales transmitidas y recibidas por la antena real durante un cierto período de tiempo.

— Modo olas

El objetivo de este modo de operación es obtener información acerca de la dirección de las olas y su longitud de onda a partir de imágenes SAR de 6 x 5 km, tomadas cada 200 ó 300 km.

El SAR no mide directamente la altura de las olas, sino las variaciones de los retornos de señal provocadas por la superficie del océano. Los mecanismos que intervienen son varios (Macklin, 1988):

- a) Interacciones hidrodinámicas.
- b) Pendiente de la superficie.
- c) Movimiento de la superficie (velocity bunching).

Para que una imagen SAR suministre información sobre las olas, se tienen que cumplir ciertas condiciones:

- 1) Para que haya ondas cortas, se necesita un mínimo de viento: 2-3 m/s.
- 2) La longitud de onda de la mar de fondo debe ser como mínimo doble que la resolución del SAR.
- 3) La altura significativa de las olas debe exceder 1.5 m.

El tratamiento de los datos así obtenidos consiste en tres partes:

- Obtención de una imagen SAR de 6 x 5 km.
- Cálculo del espectro de dicha imagen (FFT).
- Corrección del espectro de acuerdo con la función de transparencia del instrumento y del "procesador"; corrección del espectro de acuerdo con la función de transferencia de modulación debida al movimiento de las olas.

El espectro de la imagen tiene una ambigüedad de 180 grados que puede resolverse con información adicional: las olas se mueven en la dirección del viento, o a partir de una tormenta, etc.

Para obtener el espectro de ondas a partir del espectro de la imagen, hay que multiplicar por la función de transferencia, pero esta no está totalmente determinada lo que supone un área de investigación permanente (Hasselmann, 1988 y Macklin, 1989).

Existe a bordo un aparato que permite efectuar la compresión en alcance. En este caso, los datos se almacenan en 8 bits (4I, 4Q). Si la compresión se efectúa en tierra, los datos se almacenan en 4 bits, con lo que se pierde precisión. Aunque la compresión a bordo era en principio una opción experimental, es muy probable que se use la mayor parte del tiempo.

La diferencia básica entre los dos modos de utilización del SAR se refiere a la potencia necesaria para operarlos, mucho menor en el caso olas.

— Dispersómetro

El principio en el que se basa el instrumento es que σ_0 depende la rugosidad superficial del océano, que a su vez depende del viento en superficie. El vector viento puede determinarse a partir de varias medidas σ_0 de la misma zona, pero tomadas con ángulos distintos.

El dispersómetro ilumina sucesivamente la superficie del océano mediante 3 antenas, cada dos forman un ángulo de 45 grados y una mira hacia adelante mientras la otra ilumina hacia atrás.

Los ecos del radar provienen de una zona continua cuya franja es de 500 km; los vientos se calculan en nodos de 25 km de separación a lo largo y a lo ancho del trazado.

Para iluminar correctamente todos los nodos, el satélite se navegará con objeto de compensar los efectos de rotación de la Tierra (guiñada).

La electrónica del dispersómetro produce un impulso, que es a continuación amplificado y convertido en una señal de radiofrecuencia que se transmite por la antena correspondiente. En total se transmiten 32 x 4 x 3 (delante F, detrás A y medio M) impulsos en unos 3.8 s, lo cual corresponde a aproximadamente 25 km en tierra. El eco de la antena del medio se filtra y expresa en forma compleja: I y Q. Los otros dos haces, cuya variación Doppler es importante, se compensan antes del filtro.

ALTIMETRO

El altímetro RA es un radar apuntando a nadir cuyo objetivo es medir los ecos de océanos y hielo. El concepto es parecido al altímetro del Seasat (satélite de la NASA que voló durante tres meses en 1978), pero difiere en algunos aspectos importantes.

El altímetro tiene dos modos de funcionamiento: océano y hielo. En el océano las características interesantes del eco son:

- El retraso del tiempo con respecto al impulso transmitido, que proporciona la medida de la altitud.
- La pendiente del pico principal, que depende de la amplitud de la distribución de las caras reflectoras, y en consecuencia, de la altura de las olas.
- El nivel de energía del eco, que depende de la rugosidad superficial y en consecuencia, de la velocidad del viento.

Los ecos sobre el hielo, en especial en los bordes continentales, cambian mucho de forma en comparación con los ecos oceánicos. En consecuencia, el modo hielo tiene algunas peculiaridades:

- La anchura de la ventana en alcance viene aumentada en un factor 4; sin embargo, la precisión viene así disminuida.
- Se incluye un error de altura para poder mantener el eco en la ventana; sin embargo, así no se puede distinguir el pico principal.

— Principio

Cuando un impulso corto llega a una superficie lisa, aunque rugosa con respecto a la longitud de onda del radar, la potencia del retorno será proporcional al área iluminada (si se ignora el efecto de la forma de la antena). Cuando la superficie reflectora no es lisa, la función de distribución de los difusores influirá en la forma de la envolvente del retorno. La forma de onda del eco será el resultado de la convolución entre la función de probabilidad de distribución de las alturas de los dispersores y la respuesta de la superficie lisa.

En el océano, la distribución de las alturas de los dispersores es gaussiana o casi. La forma de onda del eco es función de la desviación típica de la distribución (que depende de la altura de las olas). Sobre el hielo, el eco es distinto; el hielo en el océano suele tener una componente especular elevada mientras que el hielo continental suele tener una forma de onda complicada. En el centro de las superficies de hielo, los ecos son similares al del océano.

Los ecos son suma de varios dispersores, cada uno con amplitud y fase propias. En consecuencia, los ecos individuales tienen características estadísticas resultado de la superposición de los impulsos, según se ha descrito. Para reducir estos efectos, el altímetro promedia los impulsos.

— Características del instrumento

Para respetar los límites de potencia se usa un sistema de compresión de los impulsos: chirping. Así se extiende la energía en tiempo y se reduce la potencia máxima. Al recibirse el eco, se invierte el proceso. Un microprocesador a bordo se encarga de estimar los parámetros deseados (ver sección productos).

ATSR

El instrumento ATSR/MW es puramente pasivo. Consiste en dos partes principales: el radiómetro a infrarrojos y el radiómetro a microondas. El primero lo ha construido una sociedad australo-británica; el segundo una sociedad franco-danesa.

— Radiómetro a Infrarrojos

Está integrado por tres canales en las longitudes de onda 3,7, 11 y 12 μm , (Muirhead, 1987) que coinciden con los del AVHRR/2. Su campo de vista instantáneo (IFOV) es de 1 x 1 km, el cual se concentra en el sensor mediante un espejo parabólico. La superficie terrestre es barrida mediante un espejo de tal forma que se pasa de 0 a 57 grados; esto permite obtener mejores resultados que con el AVHRR. Después de cada barrido, se orienta hacia cuerpos negros situados a bordo y al espacio, para calibración. La velocidad de rotación del espejo es tal que cada barrido es contiguo al anterior.

El producto final es la temperatura superficial en una franja de 500 km con precisión mejor que 0,5 grados Kelvin, con una resolución de 50 km (promedio de 2.500 píxeles) y en condiciones de hasta 80 por 100 de cobertura nubosa. La nubosidad se calcula a partir de un histograma.

— **Sondeador a Microondas**

Contiene dos canales, a 23.8 y 36.5 GHz; el primero de ellos es sensible a la absorción debida a la presencia de vapor de agua. La antena mide 50 cm lo que en suelo permite iluminar 22 km situados a nadir del satélite. El contenido en vapor de agua de la columna atmosférica se obtiene con una precisión de 2 cm.

PRARE

Es un instrumento de gran precisión que servirá para determinar la órbita con la fidelidad del decímetro y para aplicaciones geodésicas. Lo ha financiado el Ministerio de Investigación Alemán y lo ha construido la Universidad de Stuttgart asociada con el Instituto Geodésico de Munich.

El funcionamiento es el siguiente: cuando el satélite empieza a ser visto por una estación PRARE, genera una señal codificada a bordo, que se transmite en banda X. La señal recibida viene decodificada y remodulada en tierra, y se retransmite al satélite. Así, a bordo se puede medir el alcance y la frecuencia Doppler en las dos direcciones con mucha precisión. En tierra, la comparación entre las señales en banda S y X permiten medir la cantidad de electrones en la trayectoria.

Las estaciones PRARE pueden ser Primarias, que permiten determinar la órbita y Secundarias, que sólo reciben para situar el lugar; son muy sencillas y por tanto, baratas. Las estaciones de recepción son pequeñas y transportables; son casi idénticas a bordo y en tierra.

RETROREFLECTOR LASER

El objetivo del retroreflector es obtener el alcance del satélite mediante el uso de estaciones láser. Las medidas se usarán para calibrar el altímetro y mejorar la determinación de la órbita del satélite.

Está formado por un cierto número de cubos montados sobre una semiesfera que le permite cubrir una elevación de 60°.

PRODUCTOS

Los datos que se reciben en las estaciones de la Agencia, se almacenarán en HDDT o discos ópticos después de pasar un control de calidad que se refiere a los datos y a la transmisión.

Los productos FD se distribuirán, probablemente vía satélite y a través del GTS (Global Telecommunication System), a los usuarios que necesitan recibirlos en tiempo casi real; es decir, en menos de 3 horas de recepción. Por el momento, no está planeado distribuir productos FD ATSR.

— **Tiempo real**

Imágenes SAR

El "procesador" FD será capaz de obtener 3 imágenes de gran calidad, comparable a las del Seasat que existen en la actualidad, o sea con resolución geométrica de 30 m y radiométrica de 2.5 dB, en menos de 90 minutos. El algoritmo usado es el llamado range-Doppler, en el que la mayoría de los cálculos se hacen en frecuencia. Al final la imagen se presenta corregida en alcance.

La imagen constará de 5.000 (alcance) x 6.300 (azimut) píxeles cubriendo aproximadamente un área de 100 x 100 km; cada píxel tendrá 16 bits, o bien los 8 más significativos.

AMI en modo olas

La cantidad de información registrada a bordo corresponde a un área de aproximadamente 6 x 5 km, tomada cada 200 ó 300 km de la órbita. Los datos se almacenarán o bien después de compresión a bordo (8 bits) o sin compresión (4 bits). El tratamiento tiene la misma calidad que en el caso anterior, aunque la cantidad de datos disponible tiene un límite, debido a la capacidad del grabador de a bordo.

El objetivo del producto final es suministrar el espectro de la imagen. Para ello se usa una transformada de Fourier (FFT) de 512 x 512 en coordenadas cartesianas. A continuación, ésta se promedia en sectores y se presenta en coordenadas polares.

Por lo tanto, el producto FD tiene 12 niveles que corresponden a longitudes de onda entre 50 y 1.000 m; 12 sectores angulares entre 0 y 180 grados, cada uno de 30 grados; 8 bits por píxel.

La precisión estimada para la dirección del tren de ondas es de $\pm 15^\circ$ y para la longitud de onda es de un 20 por 100. Se generarán uno 150 espectros por órbita.

AMI modo viento

Las operaciones que se hace en tierra sirven para convertir los ecos en viento (Cavanie, 1987 y Schwenzfegger, 1989). Se efectúan las siguientes operaciones:

- Los datos se convierten en σ_0 para cada una de las antenas. Para ello hay que aplicar varios filtros, la ecuación radar y corrección Doppler. Al final se obtiene una red de puntos separados por 25 km, cada uno con 3 medidas σ_0 que corresponden a una célula de 50 x 50 km.
- Para cada célula se calcula el vector viento mediante un modelo teórico de σ_0 , basado en una serie de campañas organizadas por ESA y que define su relación con velocidad del viento, dirección, ángulo de incidencia y polarización de la señal.
- El análisis teórico del método de los mínimos cuadrados usado por el tratamiento anterior, demuestra que hay en realidad seis soluciones posibles para la dirección (ambigüedades); ésta se elige bien por razones de continuidad o bien comparando con un campo meteorológico externo.
- Los casos de sólo dos antenas (salto de mar a tierra, fallo de una antena) se pueden resolver, pero con menos probabilidades de acierto.

El producto final consistirá en una red de 19 x 19 puntos que abarca 500 x 500 km. En cada punto se dará la magnitud y dirección del viento con una precisión de $\pm 2\text{m/s}$ y $\pm 20^\circ$ válidos entre 4 y 24 m/s.

Altimetro

El "procesador" a bordo proporciona una estimación de las siguientes cantidades:

- El valor de la ganancia, dependiente de la energía del eco.
- Una evaluación de la pendiente del eco que depende de la distribución de las alturas.
- Una medida del tiempo de retardo.

Para pasar de uno a otro se usan tablas bastante sencillas, que incluyen las diversas correcciones necesarias, tales como atenuación atmosférica.

El producto consistirá en las siguientes cantidades cada segundo: Tiempo GMT; latitud, longitud; promedio de la velocidad del viento con precisión del 20 por 100, promedio de la altura significativa de las olas con precisión de ± 0.5 m para valores entre 1 y 20 m, y promedio de la altitud del satélite, con una precisión de ± 10 cm entre 745 y 825 km (en el caso de utilizar una órbita precisa).

— Tiempo diferido

Las actividades en tiempo diferido estarán controladas por Earthnet en Frascati, y consistirán en:

- Centros de archivo y productos de precisión PAF.
- Un catálogo central y servicios al usuario.
- Coordinación y control de los algoritmos para productos.
- Control de calidad y evaluación del comportamiento de los instrumentos a bordo.
- Control y supervisión de las estaciones de recepción y producción de ESA.
- Coordinación de las estaciones nacionales y externas.
- Proyectos de demostración.
- Control de la distribución de los datos FD.

La primera de estas actividades vendrá desarrollada por: Francia (IFREMER, CNES, DMN en Brest), Reino Unido (RAE en Farnborough), Alemania (DFVLR en Oberpfaffenhoven) e Italia (ASI en Matera).

Los centros PAF se encargarán de archivar todos los datos recibidos en las estaciones; aquellos usuarios que deseen copia de dichos datos deberán dirigirse a Earthnet que se encargará de ordenar una copia al PAF correspondiente.

Los datos correspondientes a imágenes SAR se archivarán en el PAF británico. Los datos SAR recibidos en la estación de Fucino se almacenarán en el PAF italiano, mientras que el PAF alemán se encargará de los recibidos por la estación de la Antártida.

Los datos LBR sobre el océano se encontrarán en el PAF francés; el PAF británico será responsable del resto mientras que el italiano se ocupará de los datos del Mediterráneo.

Los PAF deberán además obtener productos de precisión, es decir de mejor calidad que los FD, usando algoritmos refinados y todos los datos posibles y disponibles para optimizar la explotación de los instrumentos del ERS-1. Para ello, dispondrán de equipos de científicos que se encargarán de obtener:

- Productos mejores que los FD haciendo uso de datos no disponibles en tiempo real: calibración, órbitas precisas, modelos, etc.
- Productos temáticos, para aplicaciones muy específicas.
- Productos derivados de los instrumentos embarcados como resultado del AO: ATSR/MW, PRARE y retroreflector láser.

Aquellos usuarios que deseen obtener dichos productos deberán dirigirse a Earthnet que se encargará de ordenar su producción al PAF correspondiente.

APLICACIONES

— Previsión del tiempo y del estado de la mar

Los servicios meteorológicos y grandes centros de previsión del tiempo tales como ECMWF (Reading, UK), se están preparando activamente para recibir y utilizar los datos que les va a suministrar el ERS-1 en tiempo casi-real (Anderson, 1987; Hasselmann, 1989; Janssen, 1987 y Johannessen, 1989).

Se espera que el gran flujo de datos acerca de la superficie de los océanos en zonas hasta ahora completamente desprovistas de información, tales como los trópicos y hemisferio sur, contribuya a mejorar de una forma ostensible las previsiones a escala global del estado de la atmósfera y de la mar. El efecto de tal mejora en actividades tales como navegación, industria petrolífera, agricultura, etc., es indudable.

— Climatología

El ERS-1 contribuirá a los experimentos internacionales de gran escala tales como TOGA (Experimento de Océanos Tropicales y Atmósfera Global) para el seguimiento de anomalías climáticas del tipo fenómeno

del Niño, así como al WOCE (Experimento de Circulación Oceánica Mundial), diseñado para estimar la circulación y el intercambio de calor en los océanos. También el control de las regiones polares es importante para llegar a precisar el efecto de la actividad humana en el balance climático de nuestro planeta.

— Oceanografía Física y Glaciología

La posibilidad de estudio que ofrecerá el ERS-1 a los científicos que se basaban hasta ahora en medidas esporádicas tomadas desde naves y boyas, es inconmensurable. Es de esperar que se avance de manera notoria en campos tales como:

- Circulación oceánica, corrientes (ver ref. 7), frentes, mareas y propagación de ondas internas.
- Relación entre viento y oleaje.
- Topografía del fondo marino y del geoide.
- Batimetría de las aguas poco profundas.
- Hielo marino y en regiones polares.

— Geofísica

La combinación de los diversos instrumentos del ERS-1 permite determinar con gran precisión su órbita, y de ahí se puede contribuir al estudio de temas tales como:

- Determinación del geoide marino.
- Litosfera oceánica y convección del manto terrestre.
- Geoide.

— Procesos costeros

Los instrumentos del ERS-1 contribuirán al control de los cambios de estructura de las zonas costeras, el comportamiento del mar en las mismas, etc., particularmente en zonas de difícil acceso o con cobertura nubosa constante.

— Otras aplicaciones

Las aplicaciones de imágenes obtenidas con instrumentos Radar similares al que se va a embarcar en el ERS-1 han sido ilustradas en un libro editado por la Agencia (Wooding, 1988). El potencial del SAR para aplicaciones tales como Agricultura, Ecología Forestal, Silvicultura, Pesca, Geología, Control de contaminantes, Navegación, etc., es inmenso y las consecuencias de orden económico son evidentes.

REFERENCIAS

Anderson, D. et. al. 1987. A study of feasibility of using sea and wind information from the ERS-1 satellite. Part I: Wind scatterometer data. **ECMWF contract report to ESA.**

Cavanié A. y Lecomte, P. 1987. Study of a method to de-alias winds from ERS-1 data. **CREO contract report to ESA.**

ESA. 1989. ERS-1 brochure. **ESA publication BR-36.**

- Hasselmann K. et al. 1988. Development of a satellite SAR image spectra and altimeter wave height data assimilation system for ERS-1. **MPI contract report to ESA.**
- Hasselmann K. et al. 1989. Use of a wave model as a validation tool for ERS-1 AMI wave products and as an input for the ERS-1 wind retrieval algorithm. **MPI contract report to ESA.**
- Janssen P. et al. 1987. A study of feasibility of using sea and wind information from the ERS-1 satellite. Part II: Use of scatterometer and altimeter data in wave modelling and assimilation. **ECMWF contract report to ESA.**
- Johannessen J. et. al. 1989. Feasibility of the use of SAR data to quantify variations in backscatter due to oceanic current shear and wind stress variations. **NRSC contract report to ESA.**
- Macklin T. et al. 1988. Theoretical studies for ERS-1 wave mode. Vol I. **MRC contract report to ESA.**
- Macklin T. et al. 1989. Theoretical studies for ERS-1 wave mode. Vol II. **MRC contract report to ESA.**
- Muirhead K. y Eccles, D. 1987. The along track scanning radiometer with microwave sounder. En **Remote sensing applications in Meterology and Climatology**. R.A. Vaughan (ed.). 411-423.
- Schwenzfeger K y Humbert, T. 1989. Improvement of a wind retrieval algorithm for the ERS-1 scatterometer. **UBW contract report to ESA.**
- Wooding, M.G. 1988. Imaging Radar Applications in Europe. **ESA publication TM-01.**

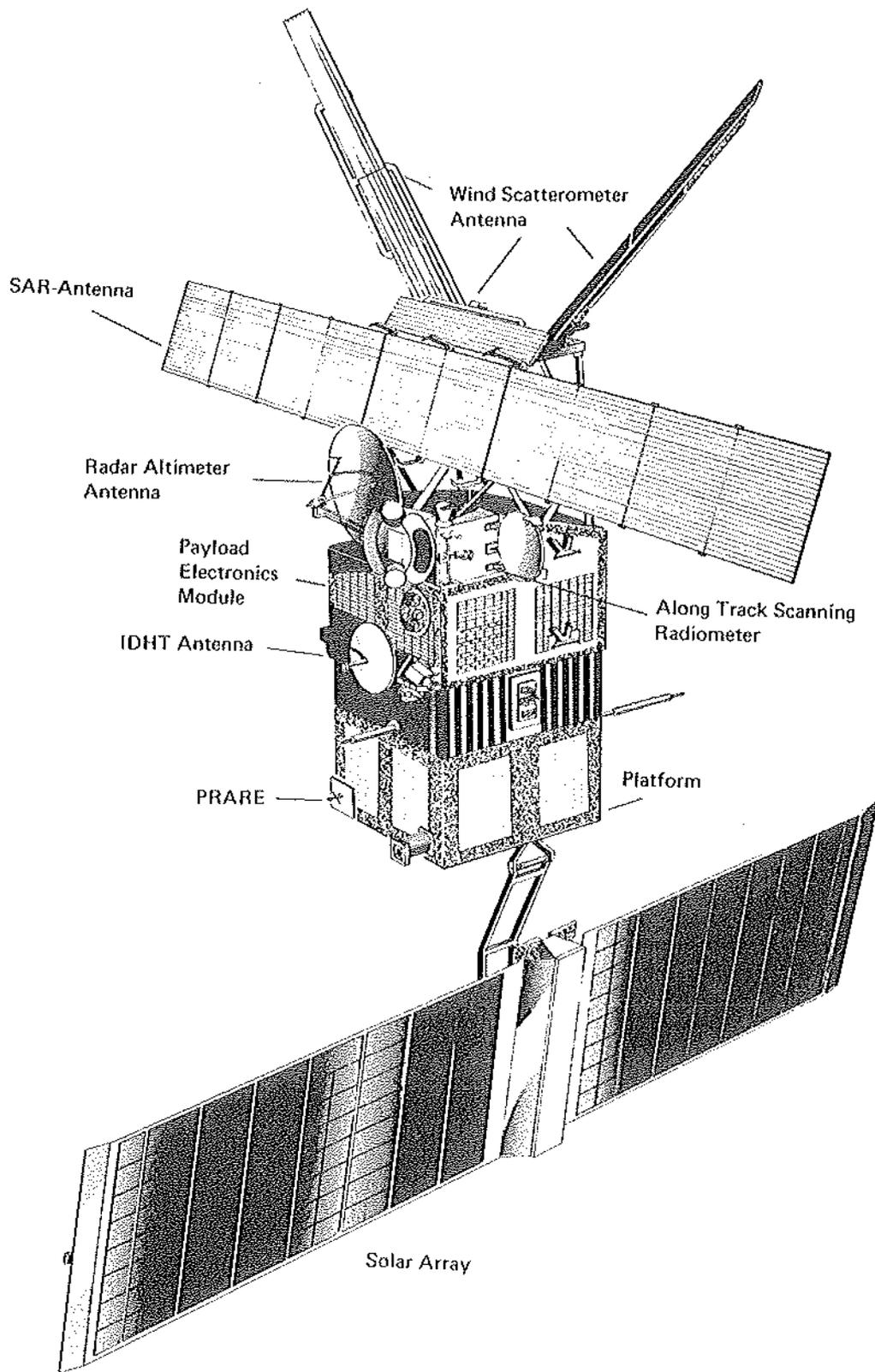


Figura 1.— El satélite ERS - 1.