

PROGRAMAS DE SATÉLITES DE LA NOAA: NUEVOS PROGRESOS PARA EL SIGLO XXI

Por Robert S. WINOKUR*

Introducción

Los satélites de la NOAA para el medio ambiente realizan desde 1960 observaciones continuas de la Tierra; y estos fructíferos satélites continúan hoy, desde sus órbitas geoestacionarias o polares, concentrando datos meteorológicos, oceanográficos, climáticos y especiales. A medida que vayamos entrando en el siglo próximo, los programas de satélites de la NOAA continuarán progresando con capacidades nuevas y nuevas misiones. Me centraré en tres de nuestros avances más interesantes: el nuevo programa de unificación de satélites de órbita polar, el sondeador vertical operativo avanzado del TIROS (ATOVS), y las nuevas capacidades de obtener imágenes y realizar sondeos que van a tener los satélites de órbita geoestacionaria.

El sistema nacional de satélites operativos de órbita polar para el medio ambiente (NOPESS): el futuro sistema de satélites meteorológicos de órbita polar

El Gobierno de los EE. UU. ha mantenido tradicionalmente en operación dos sistemas de satélites meteorológicos, cada uno de ellos con más de 30 años de servicios fructíferos: los satélites operativos de órbita polar para el medio ambiente (POES), de la NOAA, y el programa de satélites meteorológicos para la defensa (DMSP), del Departamento de Defensa (DoD).

Los recientes cambios políticos habidos en el mundo y las reducciones en los presupuestos de los organismos, han hecho que se vuelva a pensar en combinar los dos sistemas. En 1993, debido al mayor interés del Congreso y siguiendo las recomendaciones contenidas en el Análisis de las Actuaciones Nacionales, la NOAA, el DoD y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) comenzaron a estudiar cómo unificar ambos sistemas. Cuando se terminó el estudio se vio que un sistema unificado podría reducir la duplicación y la

burocracia, rebajar sustancialmente los costes y satisfacer las necesidades civiles y militares en materia de datos operativos del medio ambiente. El estudio demostró también la posibilidad de más ahorros y beneficios si se continuaba la cooperación prevista de la NOAA con Europa como elemento clave de la fusión. Este estudio hecho por 3 organismos constituyó la base para elaborar el Plan de Implantación de un Sistema Unificado de Satélites de Órbita Polar para el Medio Ambiente, publicado conjuntamente con la Resolución Presidencial.

El 3 de octubre de 1994, la NOAA, el DoD y la NASA crearon una Oficina del Programa Integrado (IPO) a fin de diseñar el NPOESS, administrarlo, adquirirlo y manejarlo. Según se indica en la figura 1, la IPO se ubica dentro de la NOAA y la dirige un Director del Programa del Sistema, responsable del Comité Ejecutivo del NPOESS. Este Comité, que incluye a representantes superiores de los tres organismos, actúa como junta de directores para asegurar que el programa en su conjunto satisfaga las necesidades de los tres organismos participantes.

Según se detalla en la figura 1, la idea de la IPO es hacer que cada uno de los organismos participantes sea el responsable máximo de una de las tres áreas funcionales principales. La NOAA tiene la responsabilidad general del sistema unificado y es también responsable de las operaciones con satélites. La NOAA es también el interlocutor principal con la comunidad internacional y con la de usuarios civiles. El DoD es responsable de sufragar las adquisiciones de sistemas importantes del IPO, incluyendo sufragar los lanzamientos. La NASA tiene como responsabilidad principal el facilitar que se elaboren tecnologías nuevas y rentables y que se incorporen al sistema unificado. Aunque cada uno de los organismos proporciona cierto personal clave para su papel de responsabilidad máxima, cada división funcional está dotada de equipos de trabajo compuestos por personas de los tres organismos, a fin de mantener un enfoque de conjunto armonioso.

Como primer paso en el proceso de unificación, la función de mando, control y comunicaciones para los satélites actuales del DMSP del DoD se combina-

* Subadministrador del Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información del Medio Ambiente (NESDIS)

rá en 1998 con el control de los satélites POES de la NOAA en Suitland, Maryland. Esta combinación de funciones de control coincidirá con la clausura prevista de los centros de control operativo de los satélites de las Fuerzas Aéreas de los EE. UU., radicados en la Base Fairchild de las Fuerzas Aéreas, en Washington, y en la Base Offutt de las Fuerzas Aéreas en Nebraska. Se espera que esta próxima unificación de las funciones de mando, control y comunicaciones para los satélites actuales suponga ahorros adicionales de costes y promueva más la integración de los programas que ahora existen.

Se espera que el primer satélite unificado esté disponible en la segunda mitad del decenio próximo, dependiendo de cuándo se agoten los fondos actualmente previstos para los satélites de la NOAA y del DMSP. En la figura 2 se detalla la estructura del sistema previsto, al día de hoy, para el programa del NPOESS. Como se puede ver en la figura 2, el NPOESS suministrará datos meteorológicos normalizados e información por teledetección desde el espacio, de los tipos oceanográfico, ambiental, climático y

del medio ambiente espacial. También continuará concentrando datos de superficie y proporcionando capacidad de búsqueda y rescate. La IPO, en consulta con las oficinas de los programas de la NOAA y del DMSP, está estudiando también otros posibles métodos rentables para maximizar la satisfacción de los usuarios durante la transición al NPOESS, aunque garantizando siempre que no se interrumpan los servicios continuos de datos.

Desde la perspectiva de los recursos, se espera que la unificación de los POES civiles y militares suponga más de 450 millones de \$ EE. UU. de ahorro hasta el año 2003, y otros ahorros durante toda la vida del sistema. Al combinar misiones, se anticipa que se reducirá notablemente el número total de satélites que precisarán el NOPESS y sus sistemas asociados en tierra. Por los efectos sinérgicos que tendrá el combinar los programas polares actualmente separados, y también por el hecho de insertar rápidamente tecnología nueva, se espera que el nuevo sistema tenga una capacidad de actuación y un nivel de rendimiento mayores que el sistema actual. La fusión de

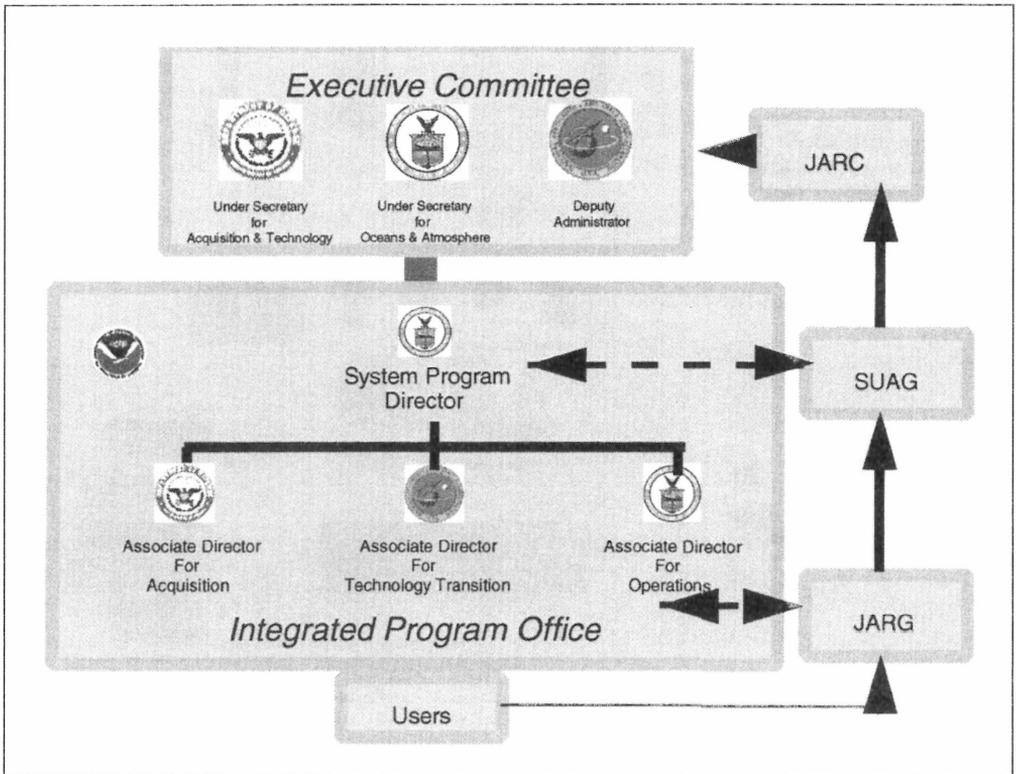


Figura 1 — Relaciones de organización en el NPOESS: el concepto de la Oficina del Programa Integrado otorga a los organismos participantes la responsabilidad máxima de su área funcional, aunque mantiene un enfoque de conjunto armonioso. (Siglas: JARG—Grupo Conjunto de Necesidades de los Organismos; SUAG—Grupo Superior de Asesoramiento a los Usuarios; JARC—Consejo Conjunto de Necesidades de los Organismos)

los sistemas de satélites meteorológicos de la NOAA y del DMSP en un sistema nacional único capaz de satisfacer las necesidades civiles y de la seguridad nacional en materia de datos del medio ambiente obtenidos por teledetección espacial, representa un cambio importante y emocionante en la forma en que los EE. UU. adquieren, gestionan y manejan los satélites para el medio ambiente. La fusión de los dos sistemas se reforzará por la cooperación prevista con la EUMETSAT en un sistema Polar conjunto. Cuando el sistema nacional de los EE. UU. se unifique totalmente y esté en marcha la cooperación con Europa, el sistema de satélites polares resultante incluirá una constelación de 3 satélites con mejor instrumental a bordo y con una base de usuarios mayor. Las comunidades estadounidense e internacional continuarán beneficiándose hasta bien entrado el siglo próximo de esta nueva manera de hacer las cosas. Los organismos y otros participantes asociados están bien encaminados al crear un sistema que costará menos

y que responderá mejor a las demandas de los usuarios.

El sondeador vertical operativo avanzado del TIROS (ATOVS)

La instalación a bordo del NOAA-K del nuevo juego de equipos de microondas mejorará notablemente las medidas radiométricas que obtienen actualmente los satélites de órbita polar de la NOAA. El juego de microondas del NOAA-K consta de dos radiómetros básicos: la AMSU-A (de los EE. UU.) para sondeos de la temperatura de la atmósfera y la AMSU-B (del Reino Unido) para medir la humedad atmosférica. El sondeador de temperaturas de la AMSU-A, de 15 canales, sustituye tanto a la actual unidad de sondeos por microondas (MSU), de cuatro canales, instalada a bordo del NOAA-12 y del NOAA-14, como a la unidad de sondeos estratosféricos (SSU), de tres canales, suministrada por el Reino Unido e instalada a bordo del NOAA-14. Actualmente, el sistema de son-

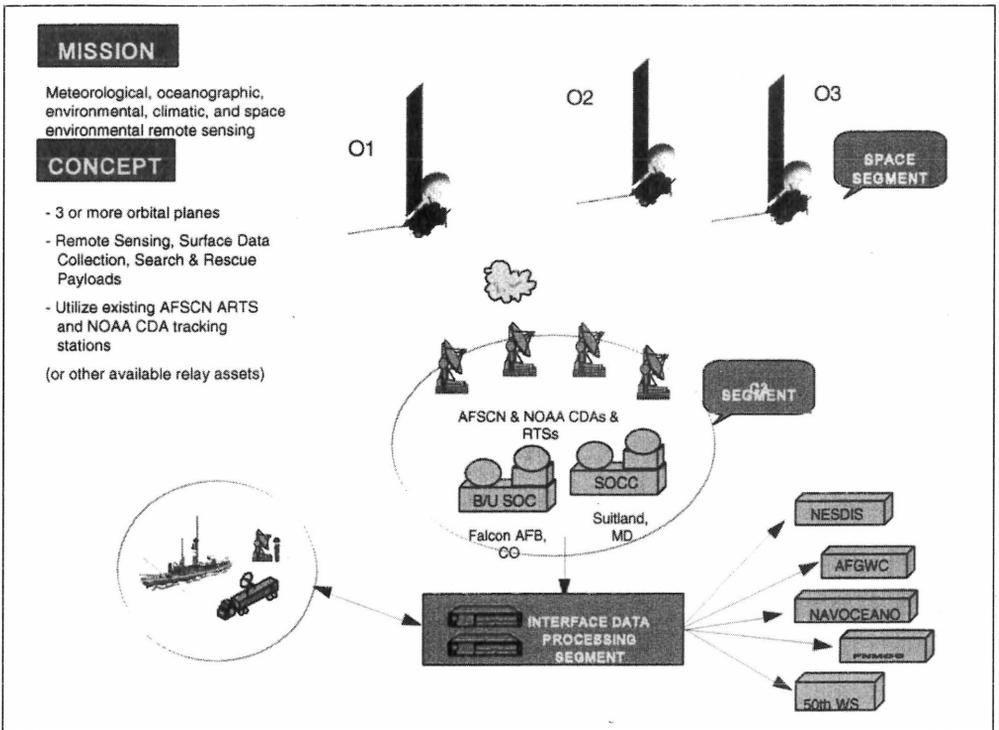


Figura 2 — Estructura del sistema previsto para el NPOESS: el concepto se ha diseñado para emplear tres planos orbitales (O1 a O3) y para integrar instrumental de a bordo para teledetección, para concentración de datos de superficie, y para búsqueda y rescate. El NPOESS utilizará las actuales Estaciones Automáticas de Rastreo a Distancia de la Red de Control de los Satélites de las Fuerzas Aéreas (AFSCN ARTS), las estaciones de rastreo de Mandos y Obtención de Datos (CDA) de la NOAA y otros dispositivos de retransmisión disponibles. (Siglas: SOC—Centro de Operaciones con Satélites; SOCC—Centro de Control de las Operaciones con Satélites; C3—Mando, Control y Comunicaciones; NESDIS—Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información del Medio Ambiente; AFGWC—Central Meteorológica Mundial de las Fuerzas Aéreas; NAVOCEANO—Oficina Oceanográfica Naval; FNMOC—Centro Numérico Meteorológico y Oceanográfico de la Flota; 50th WS—50º Escuadrón Meteorológico; RTS—Estaciones de Rastreo a Distancia)

deo vertical operativo del TIROS (TOVS), que incorpora el sondeador de alta resolución por infrarrojos (HIRS) y los datos de la MSU y de la SSU, genera en todo el mundo las radiancias operativas del NESDIS en ausencia de nubes, así como productos obtenidos a partir de los sondeos atmosféricos. Con la instalación de los nuevos AMSU, que componen un sistema nuevo de toma de medidas, el TOVS avanzado (ATOVS) incorporará los datos del HIRS y de los AMSU junto con las imágenes tomadas por el AVHRR (para detectar mejor las nubes), a fin de generar mejores radiancias atmosféricas operativas del NESDIS y mejores productos obtenidos a partir de ellas.

Son notables las ventajas de este juego de radiómetros de los AMSU respecto de la MSU. La más importante es que la MSU actual no dispone de canales sensibles a la humedad. Además, en condiciones de cielo cubierto, el canal de superficie de la MSU y los tres canales de temperatura de la atmósfera tendrían que suministrar el grueso de la información de temperatura entre la superficie y los 90 hPa (unos 20 km). La resolución vertical de cada canal de la MSU es en promedio de 5 km, y la resolución horizontal nominal es de 100 km. Por otra parte, los AMSU disponen de 5 canales dedicados a medir la humedad atmosférica (AMSU-B), 3 de los 11 canales para medir la temperatura de la atmósfera y las emisiones en superficie sobre diversos tipos de superficies (AMSU-A1 y A2). Los canales de humedad del AMSU-B suministran información desde la superficie hasta unos 400 hPa, mientras que el AMSU-A alcanza desde la superficie hasta casi 1 hPa (ó 50 km). Además, los canales para la estratosfera superior reemplazan a la SSU, y hacen innecesario el trazar mapas de los campos para unificar las medidas de dos sondas diferentes, la MSU y la SSU, como se hace actualmente. La resolución horizontal de los AMSU varía desde 45 km para el AMSU-A a 15 km para el AMSU-B. En conjunto, las medidas de temperatura que hace el AMSU-A tienen unas 3 veces más resolución vertical y horizontal que las del instrumento actual, la MSU.

El mayor número de canales de que disponen los AMSU, las mejores resoluciones vertical y horizontal de sus medidas, y la "nueva" capacidad de sondeo de la humedad por microondas, darán lugar a mejoras importantes en las medidas, tanto en la atmósfera como en superficie. A su vez, estas mejoras se traducirán en que se obtendrán productos de más calidad, sobre todo en la troposfera cuando hay nubosidad. Dentro del ATOVS, las medidas del AMSU, junto con los datos de infrarrojos del HIRS, proporcionarán también una capacidad mucho mejor

para detectar nubes, y cuando sea posible, para corregir las medidas por infrarrojos de la contaminación de las nubes. Así, el AMSU mejorará la fiabilidad de las medidas por infrarrojos, así como la de los productos que se obtienen a partir de ellas en condiciones de cielo despejado.

Se espera que cuando funcionen los AMSU se reduzca mucho la diferencia entre las informaciones que ofrecen los radiómetros, y los productos obtenidos a partir de sus datos, en caso de cielo nublado y en caso de cielo despejado. Actualmente, los errores en los sondeos de temperatura de los TOVS en la troposfera inferior varían desde 2 a 3 K rms, respectivamente, para los sondeos con cielo despejado o nublado, utilizando como valor cierto de base las observaciones mundiales con radiosondas. Se espera que cuando funcionen los AMSU, se reduzcan los errores de los sondeos "nubosos" al nivel actual de los "despejados" de los TOVS (2 K rms), y que los de éstos disminuyan a menos de 2 K rms. El margen de error que actualmente se acepta para las observaciones con radiosondas está alrededor de 1 K rms.

Sin embargo, se espera que las mejoras más notables sean en las medidas de la humedad atmosférica, de las que actualmente no se dispone en condiciones de cielo nublado. Los resultados preliminares del sondeador para el vapor de agua por microondas con un sensor especial, instalado a bordo de los satélites del DMSF, y que es similar al AMSU-B pero con una resolución espacial menor (48 km), muestran un error del 15% para los sondeos indirectos de humedad en la estratosfera inferior (que están dentro del 15%), utilizando como valor cierto las observaciones mundiales con radiosondas. Sin embargo, cuando se combinen con las observaciones por infrarrojos a una resolución horizontal comparable (como las que hace el HIRS), se podrían mejorar los sondeos indirectos de humedad hasta errores del 10% ó menos. Esto igualaría o superaría la precisión que se suele aceptar para las medidas de la humedad con radiosondas, y suministraría datos mundiales precisos de la humedad troposférica para cielos con nubes o sin ellas.

Cuando se instalen los nuevos instrumentos AMSU-A y AMSU-B a bordo del NOAA-K, para sustituir a la MSU (y a la SSU), mejorarán mucho las medidas radiométricas en la atmósfera y en superficie que hacen los satélites de órbita polar de la NOAA. La mejora será especialmente importante en condiciones de cielo nublado, y para la humedad atmosférica. Se espera que estas mejoras se traduzcan en sondeos de temperatura y de humedad obtenidos a partir del ATOVS, cuya precisión sea igual o superior a la que

ofrecen actualmente los datos mundiales de los radiosondas para cielos con nubes o sin ellas.

Sistemas geoestacionarios: nuevas posibilidades en el horizonte

Habiendo lanzado con éxito en 1994 y 1995 las dos primeras de una serie de naves espaciales revolucionarias de los Satélites Geoestacionarios Operativos para el Medio Ambiente (GOES), la NOAA ha comenzado a trasladar su atención a las necesidades futuras de observaciones geoestacionarias. Como en los centros nacionales de predicción meteorológica, en las oficinas de campo y en las instituciones de investigación se procede a una evaluación de ámbito nacional de los productos del GOES-8 y del GOES-9, los científicos y los ingenieros están explorando los tipos de sondas y de equipo de toma de imágenes que se consideran en las tecnologías recientes y en las que están surgiendo. Otros instrumentos candidatos, como los sensores pasivos por microondas y los trazadores de mapas de relámpagos, también se están considerando como posible instrumental de a bordo para el futuro.

El actual instrumental meteorológico de a bordo del GOES, que servirá a la NOAA y a la comunidad durante más de un decenio, consta de un par de radiómetros. El instrumento principal es el equipo de toma de imágenes, que puede suministrar vistas de los EE. UU. hasta 8 veces a la hora en 1 banda visible y 4 infrarrojas. El equipo de toma de imágenes recoge observaciones meteorológicas críticas que hasta ahora no eran posibles. El sondeador del GOES es un radiómetro con filtro de rueda de 19 canales, 18 infrarrojos y 1 visible, que hace un barrido del continente y de los océanos adyacentes una vez cada hora. Los productos cuantitativos del sondeador y del equipo de toma de imágenes, como vientos y sondeos, se están empleando en la predicción numérica del tiempo y en representaciones gráficas de la humedad y de la estabilidad atmosféricas en las oficinas locales de predicciones meteorológicas e hidrológicas.

Los científicos han comenzado a explotar los nuevos productos del GOES, que tienen información abundante, y ya pueden ver las limitaciones de los nuevos sensores. Del mismo modo, los investigadores y los predictores de la NOAA han utilizado los resultados de su evaluación en curso para ajustar las necesidades previstas de observación que se utilizarán para dirigir la evolución de la nueva generación de instrumentos. Como se han ajustado y se han confirmado las necesidades de la NOAA, los ingenieros harán estudios conceptuales tendentes a determinar las tecnologías aplicables, los riesgos y los cos-

tes de los sensores necesarios para hacer frente a estas necesidades. La NOAA ha comenzado a estudiar la nueva tecnología de toma de imágenes que quizás se emplee en los sistemas espaciales y de defensa.

Para satisfacer las demandas de que se disponga con más frecuencia de vistas de los fenómenos meteorológicos violentos que estén evolucionando rápidamente, mientras se contempla simultáneamente todo el hemisferio, la generación próxima de GOES necesitará un equipo de toma de imágenes más rápido y sofisticado. Matrices de detectores, mejor que sensores con un solo detector, son una tecnología que puede ayudar a responder a esta demanda.

Matrices lineales o rectilíneas con docenas a cientos de detectores que respondan al amplio espectro de radiación infrarroja emitida, pueden realizar las observaciones frecuentes y por multicanales que demandarán los futuros análisis meteorológicos. Se podría hacer un barrido completo de la Tierra en menos de 10 minutos, y de las zonas de pequeños temporales en menos de 1 minuto. Los centros de investigación y desarrollo financiados federalmente, así como las empresas comerciales de teledetección suministrarán a la NOAA y a la NASA las valoraciones tecnológicas necesarias para determinar si es deseable continuar con un equipo matricial plano focal de toma de imágenes para los GOES de los años 2008 al 2020.

La detección de alta resolución espectral de que dispondrán los interferómetros de los futuros GOES podría mejorar drásticamente la representación gráfica de las variaciones de temperatura y de humedad en la atmósfera. La idea de una nueva generación de sondeadores de los GOES basada en las demostraciones con aeronaves de los interferómetros de Michelson se han estado investigando durante más de un decenio en los institutos de investigación cooperativa de la NOAA, en la NASA y en el Laboratorio Lincoln del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Con una resolución vertical mucho mejor, y con la precisión de las medidas que permite el interferómetro de los GOES, se mejorarían directamente los análisis de los modelos de mesoescala de alta resolución de predicción numérica del tiempo previstos para el decenio próximo. Se ha eliminado la mayor parte del riesgo tecnológico asociado al interferómetro de los GOES y se continúa el trabajo de más diseño preliminar.

Están en marcha otros estudios para ver si las tecnologías que están surgiendo son aplicables a las observaciones desde el espacio. El Laboratorio Lincoln ha emprendido un estudio conceptual intensivo para determinar la viabilidad de un sensor geo-

estacionario por microondas, que podría concentrar observaciones sin precedentes de las distribuciones de la humedad y de la precipitación, y que suministraría los primeros sondeos de las regiones cubiertas desde la órbita geoestacionaria. Los anteriores instrumentos geoestacionarios por microondas precisaban de grandes antenas y de tecnología muy avanzada. La nueva tecnología para obtener medidas pasivas a frecuencias mayores que las de los sensores por microondas de órbitas terráqueas bajas, puede que reduzca las antenas y el hardware del instrumento hasta un tamaño práctico. Sin embargo, antes de que la NOAA empiece a diseñar ese instrumento, hay que realizar un análisis coste-beneficio para ver si es apropiado hacer la gran inversión que se podría requerir.

Por otra parte, la NASA ha efectuado el diseño conceptual de un trazador geoestacionario de mapas de relámpagos. Los instrumentos de órbita baja para los relámpagos han concentrado notables observa-

ciones experimentales que quizás indiquen la necesidad de misiones operativas similares en los futuros satélites GOES. En el MIT se han realizado estudios, en concierto con la NOAA y con la Administración Federal de Aviación, para determinar los beneficios que se conseguirán al aumentar las redes de superficie de detección de relámpagos con vistas casi continuas de relámpagos tomadas desde el GOES. La NOAA utilizará los resultados de estos análisis para decidir si se continuará con un futuro trazador de mapas de relámpagos en los GOES.

El objetivo principal de los programas de satélites de la NOAA es asegurar la continuidad de unas observaciones que son críticas para las comunidades meteorológica, oceanográfica y climática. Al planificar las misiones futuras, la NOAA continuará buscando nuevas tecnologías y nuevas formas de hacer las cosas, a fin de satisfacer eficazmente las necesidades de observación para cumplir ese objetivo. □

FUNCIÓN METEOROLÓGICA MEJORADA DEL SATÉLITE DE TRANSPORTE MULTIFUNCIONAL (MTSAT)

Por Nobuo SATO*

El satélite de transporte multifuncional (MTSAT) es un satélite geoestacionario multipropósito que han producido conjuntamente la Agencia Japonesa de Meteorología (JMA) y la Oficina Japonesa de Aviación Civil del Ministerio de Transportes y que será lanzado en 1999. El MTSAT tendrá dos funciones: una aeronáutica y otra meteorológica en la que sucederá a la serie de satélites meteorológicos geoestacionarios (GMS). Las dos misiones compartirán el volumen del satélite, ahorrando de esta manera costes de fabricación y de explotación y optimizando posiciones en la órbita geoestacionaria.

La JMA ha explotado la serie de los GMS desde 1977 en el ámbito de la red mundial de satélites meteorológicos que, a su vez, es parte importante de la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) de la OMM. La misión meteorológica del MTSAT proseguirá la función de observación de la serie de los GMS, esperándose que contribuya a la mejora de los servi-

cios meteorológicos de Japón y de los países incluidos en su área de cobertura.

El MTSAT será lanzado mediante un cohete H-II por la Agencia Nacional de Desarrollo Espacial del Japón. El aspecto externo del MTSAT se muestra en el dibujo de la página siguiente y en las Tablas I y II pueden verse las especificaciones básicas del MTSAT y de la misión meteorológica.

El MTSAT estará equipado con un sensor en el espectro visible (VIS) y cuatro en el infrarrojo (IR). De las señales de estos sensores pueden obtenerse imágenes de la distribución nubosa, altura de la cima de las nubes, temperatura de la superficie del mar, etc....

Con relación al GMS-5, las funciones de observación del MTSAT mejorarán en las áreas siguientes:

- un sensor adicional de IR mejorará la capacidad de detección de niebla nocturna y la precisión de las medidas sobre la temperatura de la superficie del mar;
- se mejorará la calidad de las imágenes debido al aumento en la resolución y en la cuantificación de la señal.

* Jefe de la Oficina de Planificación del Satélite Meteorológico de la Agencia Japonesa de Meteorología