

niones de la OMM. A veces me pesa no haberme dedicado de lleno a la actividad científica, en vez de dedicarme a la rutina diaria del Servicio Meteorológico. Siempre me han atraído los problemas difíciles y en mis tiempos la predicción del tiempo encerraba bastantes de ellos. Sí, en mi caso, la meteorología ha colmado todas mis aspiraciones. Por tanto, mi consejo es que la meteorología es una profesión muy interesante y merece la pena que una persona joven se dedique a ella.

APLICACIONES METEOROLOGICAS DEL SISTEMA ARGOS

Como se informaba en el número anterior, el Comité Ejecutivo de la OMM en su trigésimotercera reunión (1981) puso de manifiesto el éxito alcanzado por el Servicio Argos en lo referente a la adquisición de datos de las boyas oceánicas a la deriva, y convocó una reunión de los Miembros interesados en la negociación de un acuerdo sobre tarifas para el tratamiento de dichos datos por el Servicio Argos. (Esta reunión tuvo lugar posteriormente en Ginebra del 7 al 11 de diciembre de 1981). El artículo que sigue, en el que se describen las características del sistema Argos y su posible contribución a la meteorología, se basa en los documentos preparados por los Sres. J.L. Bessis y M. Taillade del Servicio Argos del Centre national d'études spatiales (CNES) de Toulouse (Francia).

El sistema Argos

Ya sea en proyectos nacionales o en cooperación con otros países, la Agencia Espacial Francesa (CNES) ha estado siempre relacionada con la recopilación de datos, localización de plataformas y otras técnicas ligadas a éstas. En 1971 fue el experimento *Eolo*, en colaboración con EE.UU., en el cual se realizó el seguimiento de los globos a nivel constante por medio de un satélite de órbita polar, y a este experimento siguió un programa para la comprobación de las técnicas de recopilación de datos y localización de plataformas; las plataformas automáticas de observación se instalaron en boyas oceánicas, barcos y otros vehículos, o bien en emplazamientos terrestres fijos en lugares apartados. Todo ello condujo al desarrollo del sistema Argos, que es un programa operativo que realiza el CNES en colaboración con la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de los EE.UU. Su eficacia se ha comprobado durante el Experimento Meteorológico Mundial del GARP, por los valiosos datos obtenidos de los globos a nivel constante en los trópicos y de las boyas a la deriva en los océanos del hemisferio sur. Los satélites con que trabaja son los de la serie TIROS/NOAA.

El Terminal Transmisor de la Plataforma

El equipo electrónico de una plataforma que lleva los sensores elegidos por el usuario se llama el Terminal Transmisor de la Plataforma (PTT). Los PTT Argos se pueden instalar en plataformas fijas o móviles, e incluyen como mínimo un oscilador ultraestable, antena, un dispositivo lógico de producción de mensajes numéricos, una alimentación de energía y una "interface" con sensores. Las características principales son:

- Transmisión a intervalos regulares (cada 40 - 60 segundos para la localización de plataformas, y cada 100-200 segundos para la recopilación de datos solamente). Cada mensaje dura menos de un segundo.
- Capacidad de mensajes de datos de los sensores, 32-256 bitios.
- Potencia de emisión de 3W con bajo consumo (200 mW).
- Sólo se utiliza una frecuencia para todos los PTT (401,650 MHz).
- Precio ajustado (de 2.000 a 3.500 \$ EE.UU., aproximadamente, según las opciones que se elijan).

El elemento instalado en el satélite

Actualmente, hay dos satélites de órbita polar que llevan unidades de los sistemas Argos de recopilación de datos: el NOAA-6 (lanzado en junio de 1979) y el NOAA-7 (lanzado en junio de 1981). Sus altitudes están entre los 800 y 900 km y sus órbitas (de 101 minutos de período) son sincrónicas con el Sol y forman entre sí un ángulo de 75°. Uno de ellos cruza el ecuador a las 02,30 y a las 14,30, y el otro, a las 07,30 y a las 19,30 hora solar local. Tanto los satélites como sus componentes Argos están funcionando correctamente.

El sistema Argos de recopilación de datos a bordo de los satélites recibe y registra mezclados los mensajes emitidos por los PTT dentro del campo de cobertura del satélite, y los retransmite al pasar sobre una de las dos estaciones telemétricas de los EE.UU. (Wallops Island, Virginia; o Gilmore Creek, Alaska) o sobre la de Lannion, Francia. Este conjunto heterogéneo de datos se pasa al centro del *National Earth Satellite Service* (NESS) de Suitland (EE.UU.), donde se extraen los datos del sistema Argos para retransmitirlos a través de un circuito especial de 7.200 bits/s, al centro de proceso de datos Argos de Toulouse. El campo de recepción del satélite desde la superficie de la Tierra, en un instante dado, corresponde a un círculo de 2.600 km de radio con centro en el pie de la vertical del satélite. Además de estas tres estaciones, es posible que otras que dispongan del equipo adecuado reciban en tiempo real las señales telemétricas de las plataformas situadas a distancias de hasta unos 2.000 km, ya que los satélites, a medida que van registrando los mensajes, los retransmiten inmediatamente en las frecuencias de 136,77 ó 137,77 MHz.

El centro del tratamiento de datos Argos

Los datos que se reciben de Suitland entran en el ordenador de adquisición (Télémeccanique T-1600) antes de pasar al ordenador principal (biordenador CII Honeywell - Bull Iris 80). Se eliminan los datos repetidos, se disponen en orden cronológico los telemétricos y se separan los datos científicos de los de gobierno del satélite. A continuación se tratan los datos de ambos tipos, y los datos telemétricos para los usuarios se reconstruyen en mensajes, que se verifican, se cifra en tiempo universal (TU), se determina su nivel de señal y su desviación Doppler y se clasifican según el PTT. Los datos telemétricos de los sensores se tratan después para obtener los valores físicos de los parámetros medidos. La demora entre la recepción del mensaje por el satélite y su llegada al usuario en forma elaborada puede variar entre unas 1,5 y 10 horas; la media obtenida en un período de seis meses muestra que el 56 por ciento de los datos estuvieron disponibles en menos de 2,5 horas, el 66 por ciento en menos de tres horas y el 87, 5 por ciento en menos de seis horas.

Localización de las plataformas

La localización de una plataforma se realiza midiendo únicamente la desviación Doppler de la frecuencia de gran estabilidad de la onda portadora del PTT. La órbita del satélite se conoce con precisión, por lo que para hacer un intento de cálculo de la posición son suficientes cinco mediciones Doppler durante un paso dado. Naturalmente, para obtener una precisión satisfactoria, estas medidas deben corresponder a determinadas configuraciones geométricas; por ejemplo, el intervalo de tiempo entre la primera medida y la última durante un paso debe ser, por lo menos, de siete minutos. Cuando estas condiciones se satisfacen en dos pasos diferentes desfasados entre 30 y 180 minutos, se intenta el cálculo de la posición.

Como promedio, en el transcurso de una órbita se determinan correctamente las posiciones del 60 por ciento de las plataformas detectadas, en el 24 por ciento no satisfacen los criterios geométricos, y en el 16 por ciento restante o no es posible el cálculo o los resultados son improbables. En términos más específicos, la configuración actual de dos satélites permite garantizar al menos cinco localizaciones al día para una plataforma que se halle en el ecuador, aumentando esta cifra hacia los polos hasta llegar a 13 para las plataformas situadas a 70° de latitud.

Por lo que respecta a la exactitud en la determinación de las posiciones, en el 99 por ciento de los casos las boyas a la deriva se pueden localizar con error menor de un kilómetro, y los globos a nivel constante, de tres kilómetros. El factor aislado más importante de los que afectan a esta precisión es la estabilidad de la frecuencia de emisión del PTT.

Aplicaciones del sistema Argos durante el Experimento Meteorológico Mundial

Las tres componentes del Experimento Meteorológico Mundial del GARP en que se utilizó el sistema Argos fueron el sistema de boyas a la deriva, el sistema tropical de globos a nivel constante y el sistema BALSAMINE de globos a nivel constante (como contribución al MONEX de verano sobre el Mar de Arabia).

Sistema de boyas a la deriva

A finales de mayo de 1979 (el segundo Período Especial de Observación) se habían lanzado un total de 329 boyas a la deriva y los datos procedentes de 251 de ellas se transmitieron a través del SMT una vez tratados por el *Servicio Argos*. En el centro Argos de Toulouse se comprobaba la calidad de estos datos, decidiéndose o no su envío al SMT. A principios de agosto de 1979, el número total de boyas lanzadas ascendía a 368, aunque sólo entraban en el SMT los datos procedentes de 236. Al comienzo de 1980 aún había 150 boyas que enviaban datos de buena calidad de temperatura y presión, y a finales de 1981, aún funcionaban correctamente 20 boyas, a pesar de que su duración prevista era sólo de unos nueve meses (véase el *Boletín de la OMM*, 28(1) pág. 12).

Sistema tropical de globos a nivel constante

Para el Primer Período Especial de Observación se soltaron en total 153 globos

desde las islas de Ascensión y de Cantón. Algunos de ellos quedaron destruidos automáticamente y un número mayor se perdieron por causas desconocidas. El resultado fue sustancialmente mejor durante el Segundo Período Especial de Observación, en que se soltaron 157 globos. Como término medio, se obtuvieron datos y posiciones cuatro veces diarias de cada uno de los globos en funcionamiento, y las medidas de velocidad del viento y los cálculos de la posición superaron lo previsto en las especificaciones del sistema. Cada día se transmitieron por el SMT bastante más de 100 vectores viento.

El Proyecto MONEX/BALSAMINE

Este proyecto fue una aportación de Francia al Experimento sobre los Monzones de Verano en el Mar de Arabia (mayo - julio de 1979). Se lanzaron en total 88 globos de alta presión a nivel constante - 60 en Mahé (Seychelles) y 28 en Diego Suárez (Madagascar) - para el nivel de presión de 900 hPa. Estos globos disponían de transductores de presión y de sobrepresión y llevaban sensores de temperatura y de humedad. Cada hora se obtenían los datos y se determinaban las posiciones. La vida media de los globos fue de cuatro a cinco días, siendo mayor después de la irrupción del monzón, cuando su trayectoria pasó a ser más hacia el nordeste que hacia el norte.

Otras aplicaciones

Boyas ancladas

Las boyas ancladas o con un cabo para limitar su deriva a menos de 50 km al día, se están convirtiendo en las principales plataformas que utiliza el sistema Argos. La NOAA proyecta instalar 50 unidades de este tipo en la plataforma continental, en el Golfo de México y en los Grandes Lagos para la obtención de datos sinópticos meteorológicos y oceanográficos. El 1 de agosto de 1981 ya había 19 en funcionamiento. Los datos se reciben a través de un satélite GOES (geostacionario), y el sistema Argos permitirá la localización de las boyas en caso de fallo del anclaje. Noruega también ha instalado boyas de esta clase, y cuando, durante una tormenta que hubo en 1980, una de ellas perdió amarras, se pudo verificar la eficacia del sistema Argos para su localización. El caso se descubrió a las pocas horas por medio de las verificaciones periódicas de localización y se encontró sin dificultad la boya perdida. En otra ocasión, gracias al sistema Argos se pudieron recuperar varias boyas que habían sido robadas en alta mar. Recientemente, Francia ha estado experimentando con boyas ancladas y amarradas en zonas del Atlántico Norte de las que hay escasez de datos.

Estaciones meteorológicas automáticas

Cuando se precisa disponer de datos meteorológicos de zonas inhóspitas e inaccesibles, es interesante instalar estaciones automáticas de las que se pueden obtener los datos a través de un satélite geostacionario o uno de órbita polar. La principal ventaja del primero es que se pueden recopilar en cualquier momento, especialmente en las horas sinópticas, los datos de las estaciones que quedan dentro de su campo de cobertura. Las regiones polares, en cambio, no están cubiertas en general, y también

ocurre que los fondos de los valles profundos quedan ocultos a la línea de visión directa desde el satélite. En tales casos, la respuesta viene dada por los satélites de órbita polar, como ya se ha explicado en el presente artículo. En realidad, los dos sistemas de satélites son complementarios. El *Meteorologisk Institut* danés está utilizando fructíferamente ambas técnicas para establecer en Groenlandia una red permanente de estaciones automáticas; está proyectado, eventualmente, instalar 16 estaciones Argos a lo largo de su costa. La oficina de predicción para Groenlandia está en contacto con el centro Argos de tratamiento de datos, y recibe partes de las estaciones automáticas al menos ocho veces al día y más cuando es necesario. La Oficina Meteorológica Australiana ha instalado estaciones Argos de bajo coste en islotes y arrecifes deshabitados, como apoyo a la red existente de estaciones automáticas alejadas de la costa, y, asimismo, ha instalado estaciones Argos en el Antártico, en Casey, Heard Island y Mawson. Análogamente, el Instituto Christian Michelsen de Noruega ha situado una estación en la isla de Bouvet, y una institución francesa estableció una en un iceberg tabular a la deriva.



Las antenas del Argos y el METEOSAT sobre el techo de un remolque con una estación meteorológica automática en Ikermiuarssuk en la costa sudoriental de Groenlandia
(Fotografía: Servicio Argos)

El Navisonada

En un experimento para la obtención de datos sobre las interacciones a gran escala océano-atmósfera en la corriente del Golfo y en la corriente circumpolar antártica, la *Météorologie nationale* de Francia proyectó un pequeño bote sin tripulación equipado con una vela y un PTT tipo boya, el cual se soltó al mismo tiempo y en el mismo lugar que una boya normal a la deriva. El Navisonada, que es como se llama a esta embarcación, avanzó a la velocidad media de 2,45 nudos, en lugar de los 0,45 de la boya, y los rumbos seguidos por ambos fueron completamente distintos. Se tiene en proyecto la realización de otros experimentos de este tipo.

El *Servicio Argos* ha desarrollado un sencillo terminal manual de tipo de teclado que permite transmitir a través del sistema Argos las observaciones realizadas en los barcos, de forma que lleguen a los usuarios y al SMT en la clave SHIP en tiempo casi real. Las pruebas efectuadas confirman la fiabilidad de este dispositivo así como su fácil instalación y manejo.

Conclusión

El sistema Argos ha quedado completamente comprobado durante los tres años que lleva proporcionando servicios de recopilación de datos y de localización de plataformas. El Comité Ejecutivo de la OMM lo ha reconocido así al aconsejar a sus Miembros la adhesión a un acuerdo conjunto con el *Servicio Argos* en relación con los programas futuros de boyas a la deriva y el estudio del posible perfeccionamiento de este sistema. Parece evidente que, teniendo también en cuenta las necesidades de los oceanógrafos, el *Servicio Argos* está llamado a desempeñar un importante papel dentro del contexto de la Vigilancia Meteorológica Mundial y del Programa Mundial sobre el Clima.

LA AUTOMATIZACION DE LAS OBSERVACIONES MARINAS Y LA RECOPIACION DE LOS DATOS.

CONFERENCIA TECNICA, HAMBURGO, SEPTIEMBRE DE 1981

Las observaciones marinas han sido siempre un elemento clave en los conjuntos de datos básicos empleados por los Servicios Meteorológicos. Por ello la comunidad meteorológica ha experimentado un gran desaliento al notar la continua disminución en el número de mensajes meteorológicos de los barcos en estos últimos años. Esta disminución, particularmente brusca durante las horas de la noche local, ha afectado gravemente la oportunidad y la precisión de las predicciones y avisos en muchas partes del mundo.

Se ha reconocido en general que esta tendencia debe ser invertida y que si esto pudiera lograrse automatizando los procesos de observación y difusión de los datos, la oportunidad y la consistencia de las observaciones sería mejorada. Teniendo en cuenta el ritmo de progreso de la tecnología de la automatización y de sus implicaciones al medio ambiente marino, que ya han sido demostradas, hubo un acuerdo general de que había llegado el momento de un intercambio de ideas sobre este asunto. Por ello se decidió celebrar, junto con la octava reunión de la Comisión de Meteorología Marina, una Conferencia Técnica sobre la Automatización de las Observaciones Marinas y la Recopilación de los Datos.

La conferencia se celebró a su debido tiempo en Hamburgo (República Federal de Alemania), del 7 al 11 de septiembre de 1981. Hubo 60 participantes de más de 30 países y de organizaciones internacionales. La finalidad era la de intercambiar informaciones sobre los últimos métodos y técnicas en la automatización de las observaciones marítimas en plataformas oceánicas tales como barcos y boyas, así como los problemas conexos de la recopilación de los datos.