

dos de diciembre, produjo 143,2 mm de lluvia en 24 horas en Morombe, MADAGASCAR.

Borrascas y ciclones tropicales: El 27 de enero la depresión tropical *Georgia* azotó MADAGASCAR en Maintirano, en la costa oeste, y se desplazó sobre el suroeste del país, volviendo al mar en Fort-Dauphin. Fue acompañada por inundaciones e intensas turbonadas que alcanzaron 50 m s^{-1} (97 nudos) en Majunga, hubo cinco muertos, perdieron sus hogares 12.800 personas y se estimaron 1.140 millones de francos malgaches (aproximadamente 5 millones de dólares de los EE.UU.). El ciclón tropical *Angèle* cruzó el país dos veces en el período del 13 al 27 de diciembre. En su primer paso sobre el centro de la costa oeste, sólo se registraron rachas de unos 18 m s^{-1} (35 nudos) pero en su segundo paso sobre la zona sur de la isla se registraron rachas de más de 50 m s^{-1} (97 nudos). La ciudad de Morombe, en la costa oeste, sufrió grandes daños y en Tuléar, 100 km más al sur, hubo inundaciones a causa de roturas en los diques.

K.J.

NUEVOS RADARES DEL INSTITUTO METEOROLOGICO SUIZO

Por J. D. ALTHERR y J. JOSS*

Las instalaciones de radar

El funcionamiento de los radares meteorológicos en un país tan montañoso como Suiza plantea varios problemas. El primero y más importante es que los accidentes topográficos llenan las pantallas de ecos parásitos y zonas de sombra, por lo que los equipos deben situarse por encima de cierta altitud para que su horizonte quede suficientemente libre.

Por esta razón, en 1961 el Instituto Meteorológico Suizo eligió para la instalación de sus primeros equipos de radar La Dôle (que, con 1677 m de altitud, es uno de los puntos más altos del Jura suizo, a unos 25 km al norte de Ginebra) y una loma del Albishorn (a 15 km al sur de Zurich a 800 m de altitud).

Era lógico mantener estos emplazamientos cuando se hizo necesario reemplazar los equipos de radar en 1978 y 1979. Las características de los nuevos equipos son las siguientes:

Fabricante: Enterprise Electronics Corporation, en colaboración con Creative Group Inc.

Tipo: WSR-74C

Potencia de emisión: 250 kW.

Longitud de onda: 5,4 cm.

Duración de un impulso: 2 microsegundos.

Frecuencia de repetición de los impulsos: 259 s^{-1}

Antena: parabólica, 3,6 m de diámetro.

Velocidad de exploración: 3 r.p.m.

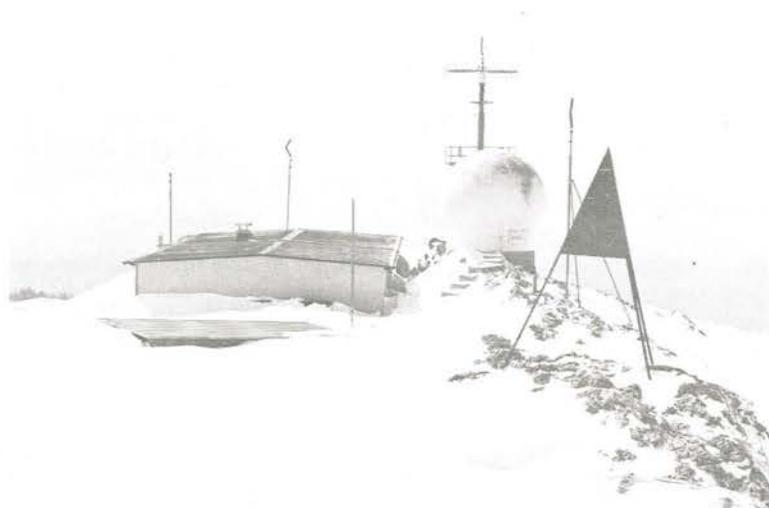
Ancho del haz: $1,1^\circ$.

En realidad, se trata de un tipo de instalación muy convencional. Lo que es menos convencional es la manera de almacenar, tratar y transmitir la información.

* Los Sres. Altherr y Joss pertenecen a la División de Investigación del Instituto Meteorológico Suizo.

Recogida y tratamiento de la información

Controlada por un ordenador, la antena realiza una primera exploración de 360° con ángulo de elevación e_0 ; las señales obtenidas se integran en el Integrador y Procesa-



En la cumbre de La Dôle (1.677 m. sobre el nivel del mar) se halla el radar del centro meteorológico de Ginebra (Cointrix), en las proximidades de las instalaciones de navegación aérea. Un radomo lo protege de las severas condiciones invernales existentes a esta altitud. (Fotografía publicada con autorización del Sr. Pauchard).

dor Digital de Video, pasan a un ordenador donde sufren una corrección según la distancia (por atenuación y propagación del haz) y son almacenadas en una memoria de disco. A continuación se da a la antena la orden de cambiar a una nueva elevación, e_1 , y se repite el mismo proceso. Esta operación se ejecuta para 20 ángulos de elevación de la antena entre $-0,3$ y $+39,0$ grados, aumentando progresivamente la desviación angular con objeto de obtener una densidad de información homogénea. Al término de este ciclo de exploración, la memoria almacena, por lo tanto, todos los ecos obtenidos por el radar procedentes del interior del volumen barrido por el haz durante la serie de rotaciones con ángulos de elevación sucesivos. En este momento, la resolución espacial es de $1 \times 1 \times 1$ km, y las intensidades de los ecos se codifican mediante ocho bits en una escala logarítmica.

La información que de hecho se utiliza es la obtenida sobre una superficie de 400×430 km con centro en el radar. Una vez transformadas las coordenadas polares en rectangulares, este volumen a utilizar se divide en columnas verticales de 2×2 km de base. En cada una de ellas se comprueba la presencia o ausencia de ecos a los niveles 1, 2, 3, etc. hasta 12 km, y, cuando aparezcan varios ecos de diferente intensidad a distintas altitudes, se elegirá el más intenso como representativo de toda la columna, y éste será el que se proyecte en la imagen del Indicador de Posición en el Plano (PPI). Finalmente, se digitaliza la intensidad del eco según una escala de siete tonos y se forma la imagen PPI de la zona de 400×430 km como un mosaico yustaponiendo las células elementales de 2×2 km, formándose una imagen cada diez minutos.

Transmisión y presentación de la imagen

La imagen se transmite mediante una señal de video que reproduce un barrido en 215 líneas, de 200 elementos cada línea y de 4 bits cada elemento; 3 bits de indicación de la intensidad del eco y el cuarto de información sobre la presencia o ausencia de ecos fijos (véase más adelante).

Aunque esta sintetización de la imagen puede suponer el riesgo (muy pequeño, al parecer) de perder alguna información, tiene la gran ventaja de reducir la cantidad de datos en la proporción suficiente para permitir su transmisión a través de una línea telefónica normal. Esto simplifica en gran manera la distribución de la imagen de radar a los diferentes usuarios y a distintos tipos de receptores (por ejemplo, monitores de TV ó receptores de facsímil).

Además, la digitalización de la intensidad del eco en siete niveles permite que las diferentes intensidades de precipitación se puedan presentar en una escala de seis colores (más el negro) cuando la imagen se recibe en un televisor en color, o bien en siete tonos de gris en un receptor de facsímil.

La imagen del Indicador de Posición en el Plano (PPI) se completa con dos secciones verticales a través de los dos ejes de la imagen, que se obtiene de la información almacenada en la memoria. Lo mismo que en la imagen PPI panorámica, los ecos que aparecen en las secciones son los más intensos, con lo que resulta una interesante imagen tridimensional de la zona barrida por el radar.

Problema de los ecos fijos

En una imagen digitalizada, el aspecto de los ecos fijos debidos a las montañas y demás obstáculos es el mismo que el de los ecos meteorológicos, y su identificación es difícil. Hasta distancias de 100 km, estos ecos fijos cubren más del 50 por 100 de la imagen cuando el ángulo de elevación de la antena es pequeño; adicionalmente, los inevitables lóbulos laterales que acompañan al haz principal también captan ecos del relieve del terreno cualquiera que sea el ángulo de elevación de la antena.

Para contrarrestar esta dificultad, los ecos producidos por la topografía irregular se registran durante varios períodos de tiempo despejado. Sin embargo, como la intensidad de estos ecos no es constante (depende de varias variables), sólo se ha registrado en la memoria la información cualitativa "ecos fijos: sí/no" para cada punto elemental de la imagen. Fue también necesario tener en cuenta la coexistencia frecuente de ecos fijos y ecos de precipitación dentro de la misma columna $2 \times 2 \times 12$ km, y, en este caso, se utiliza un algoritmo que *da prioridad a los ecos meteorológicos*. De este modo, la información para cada punto elemental de la imagen contine tres bits que indican la máxima intensidad de precipitación, y un cuarto bitio que indica si están o no presentes ecos fijos. El operador del radar puede, por lo tanto, elegir entre tres tipos de representación: uno que muestra todos los ecos captados; otro en que los ecos fijos han sido eliminados; y otro en que los ecos fijos aparecen en blanco.

A pesar de lo anterior, queda un problema que, por razones físicas evidentes, es insoluble: las anomalías en la propagación. Sabemos que en ciertas condiciones de estratificación de la atmósfera, el haz del radar sigue una curva más pronunciada que en la atmósfera normal. En ciertos sectores pueden, por lo tanto, aparecer esporádicamente

ecos procedentes del suelo y tener distinta posición cada vez, por lo que no es posible pasarlos a la memoria. La dificultad ya mencionada de distinguir estos ecos de los puramente meteorológicos puede inducir a confusión en ciertos casos. Los meteorólogos que tienen que interpretar imágenes de radar deben tener en cuenta esta posibilidad cuando las observaciones de radiosondeo muestran una situación de subsistencia o de inversión de temperatura.

Referencias geográficas

En la memoria también se han introducido determinados elementos geográficos (límites territoriales, ríos y ciudades). Cuando se sobreponen a la imagen de radar PPI permiten la fácil localización de los fenómenos meteorológicos.

Animación

El módulo de mando que acompaña a cada monitor de TV contiene cierto número de memorias en que se almacenan las imágenes precedentes. Estas imágenes se pueden ir proyectando en sucesión en la pantalla, obteniéndose así una secuencia animada de la evolución de la situación meteorológica durante los 40 minutos anteriores.

Ejemplo de imagen de TV en color

La fotografía que se reproduce en la cara interna de la contraportada del presente número del *Boletín de la OMM* presenta un ejemplo típico con cúmulonimbos en desarrollo sobre el Jura y los Alpes Saboyanos inferiores, el 2 de junio de 1978, en una situación sinóptica con una depresión de poco espesor. En la imagen PPI, detrás de una multitud de ecos débiles, se pueden localizar perfectamente seis células tormentosas, en el centro de las cuales los ecos más intensos corresponden a precipitación entre 30 y 100 mm h⁻¹ (en el lado derecho de la imagen aparece la escala de colores), mientras que a los lados, en las secciones transversales, se muestra claramente el desarrollo vertical de cada una de estas células. Además, la sección transversal norte-sur da una interesante imagen de la estructura de la precipitación en el interior del cúmulonimbo hasta una altitud de unos 12 km.

Evaluación

Una primera evaluación del sistema después de varios meses de funcionamiento, demuestra que en el nivel técnico sus ventajas están claras:

- La transmisión de la imagen se realiza a través de líneas telefónicas normales.
- Tiene varias posibilidades de recepción de imagen, tales como TV en color, facsímil o telefotografía.
- La señal de imagen transmitida se puede registrar en cinta magnética ordinaria, siempre que la velocidad de la cinta esté controlada por cristal.
- Después de demodular la señal mediante un “modem”, los datos de radar se pueden introducir sin dificultad en un ordenador.

Desde el punto de vista meteorológico, la experiencia es también muy positiva:

- La digitalización de la imagen en siete niveles de intensidad ofrece al operador una representación detallada de la distribución de la precipitación en la zona que le interesa.
- Dado que, para cada columna elemental de la zona cubierta, lo que se proyecta en la imagen PPI y en las secciones verticales es el eco más intenso, se pueden detectar con exactitud las zonas de precipitación fuerte (así como su extensión vertical), ventaja que se perdería si se calculase la intensidad media para cada columna. La estimación por exceso de las cantidades de precipitación que resulta por este procedimiento es relativamente baja, y de todas formas se puede tener en cuenta el hacer la calibración de los niveles.
- En el caso de las células de tormenta, la observación simultánea del PPI y de las secciones transversales verticales permite localizar inmediatamente las zonas activas del interior del cúmulonimbo, con detección del granizo, de las zonas de máxima turbulencia, etc.
- La utilización simultánea de la información de los radares y los datos procedentes de una red de estaciones automáticas, tal como la red ANETZ del Instituto Meteorológico Suizo, proporciona gran cantidad de datos de fácil utilización (ya que todos son digitales), que serán muy útiles para aumentar el conocimiento de las características climáticas de las diferentes regiones del país.
- Cada cinco minutos se combinan las dos imágenes más recientes de La Dôle y de Albishorn, de manera que, si se requiere, se puede obtener una imagen global que cubre una zona de 430 x 480 km con sus correspondientes secciones verticales. De esta manera, por el simple método de transmitir las respectivas imágenes de estas dos estaciones de radar, los meteorólogos del centro de predicción nacional de Zurich así como de los centros aeronáuticos y regionales de Ginebra (Cointrin), Locarno (Monti) y Zurich (Kloten) tienen a su disposición la cobertura de radar de toda Suiza.

(Se puede obtener información técnica adicional dirigiéndose al Sr. J. Joss, Osservatoria Ticinese, Via ai Monti 146, CH-6605 Locarno 5, o bien al Instituto Suizo de Meteorología, Krähbühlstrasse 58, CH-8044 Zurich).

Vigilancia meteorológica mundial

Sistema Mundial de Telecomunicación

Según informaciones recibidas, además de los progresos mencionados en el décimo informe de situación sobre la ejecución de la VMM, los esfuerzos realizados por los Miembros interesados han dado lugar a ciertas mejoras en los siguientes circuitos del SMT:

Nueva Delhi-Dacca: Ha entrado en servicio un circuito por satélite a 50 baudios,