

EL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE LA RED DE RADARES METEOROLÓGICOS DE LA AEMET: UNA PRIMERA EVALUACIÓN TÉCNICA

Fernando Aguado, Miguel Gutiérrez, Pilar Lamela y Beatriz Gallardo
Agencia Estatal de Meteorología. Madrid. faguado@inm.es

Introducción

La red de radares meteorológicos de la AEMET se estructura en dos niveles, uno regional, formado por 15 sistemas radar emplazados en puntos de la geografía escogidos de forma que proporcionen una cobertura casi completa del territorio español, y otro nacional, formado por un sistema de generación de productos a esa escala. Existe además un sistema de desarrollo que permite a la AEMET optimizar, mediante la innovación, sus métodos y procedimientos operativos.

En la actualidad (marzo de 2008) la AEMET está implantando un proyecto de modernización de su red de radares con objeto de mejorar las operaciones y reducir los costes de mantenimiento. Este proyecto, que fue adjudicado en julio de 2006 por un importe de cerca de 4,5 millones de euros contempla la sustitución de numerosos componentes de la estación radar y de la práctica totalidad de los sistemas de control, supervisión y procesados de los niveles regional y nacional.

Ahora que el desarrollo del proyecto ha atravesado su “ecuador”, con el nivel nacional ya concluido y modernizados nueve de los quince radares previstos, puede ser útil realizar una primera evaluación de las mejoras logradas con el proyecto y dar una estimación del grado de cumplimiento de sus objetivos. Esta presentación intenta avanzar en esa tarea revisando los avances conseguidos en elementos tales como el equipamiento informático, las comunicaciones, las facilidades de mantenimiento y control de la red y las dedicadas al desarrollo, pero sobre todo, en las mejoras conseguidas en la calidad de los datos base, en la calidad de los productos generados a partir de ellos y en las utilidades de vigilancia, archivo y distribución.

Informática, comunicaciones, mantenimiento y control

En el nivel regional, el alcance de la modernización es muy completo. Como se puede ver en los esquemas de la Fig. 1 todo se ha cambiado

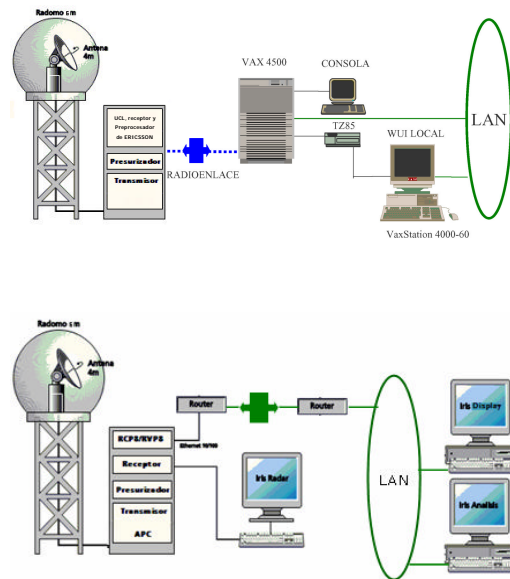


Fig. 1: Esquemas del equipamiento de nivel regional radar, anterior (arriba) y posterior (abajo) de la modernización

menos los subsistemas de antena y de transmisión (fuente, presurizador y transmisor). Sobre este último subsistema, hay que decir que en la modernización se ha incluido también la adquisición (para prueba e instalación posterior) de tres nuevos moduladores de estado sólido que proporcionan capacidades adicionales en variedad, estabilidad y control de los pulsos emitidos por el radar.

La informática del radar ha evolucionado hacia la estandarización y un mayor control por software, basándose en PC's y en equipos de marca SIGMET-VAISALA. Los ordenadores dedicados DIGITAL que instalaban el sistema operativo OPEN-VMS han sido sustituidos por PC's con el sistema operativo de libre distribución linux Red Hat, el receptor analógico del radar se ha cambiado por uno digital y el antiguo procesador integrado de ERICSSON implementado en hardware ha sido reemplazado por otro controlado por software, con segmentos de control (RCP8) y de procesamiento de señales (RVP8). Las comunicaciones entre la

Estación Radar y el Centro Regional de Control y Proceso se han simplificado y estandarizado también, ya que todo se realiza en protocolo IP y con anchos de banda de 512 K en lugar de los 2Mb que eran necesarios anteriormente.

En lo referente a mantenimiento y control del radar, las ventajas han venido de la mano de la aplicación IRIS que explota la implementación “software” del procesador del radar y hace un uso amplio de modernas capacidades de visualización. Como resultado, se ha obtenido una mayor capacidad de diagnóstico remoto de las averías y malfunciones del radar y se ha pasado de un control de la red a nivel de comando (CCL) a otro más sencillo de tipo “windows” (IRISNET) y de una implementación externa de alarmas auxiliares (intrusismo, incendio, etc.) a otra integrada en la aplicación.

Como resumen, hay que concluir sin ninguna duda que la modernización ha aportado en este apartado una solución más económica, eficiente y cómoda.

Calidad en datos base

Las mejoras que cabe esperar en la calidad de los datos base (datos en coordenadas polares que se reciben en el Centro Regional de Control y Proceso Radar) como resultado del proceso de modernización, dependen fundamentalmente de las mejoras introducidas en dos elementos del equipo radar: el receptor y el procesador de señales.

En el receptor el cambio ha sido importante, ya que se ha pasado de trabajar con dos receptores analógicos (uno logarítmico y otro lineal) a hacerlo solo con uno lineal de salida digital generada por un IFD (digitalizador de frecuencia intermedia). El IFD, cuya posición se puede ver en el diagrama de la Fig. 2, ha aportado al radar una mejora en sensibilidad (la mínima señal detectable ha pasado de -109 a -114 dbm, con un valor típico en calibraciones de -117) y en rango dinámico o cociente entre las potencias detectables máxima y mínima (que pasa de 90 a 100 db, aunque el IFD admita margen hasta 105).

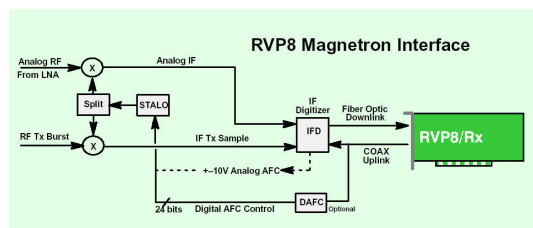
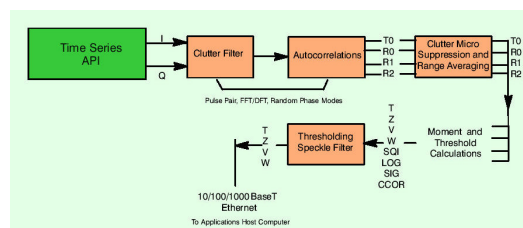
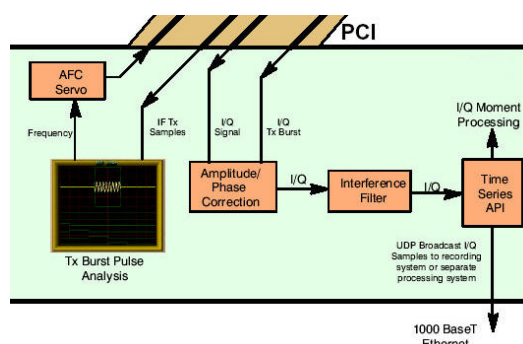
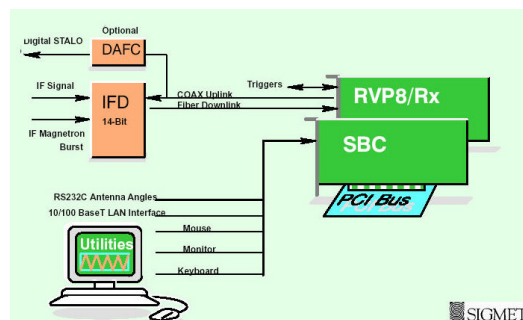


Fig. 2: Esquema del nuevo receptor, con el elemento IFD y la tarjeta RVP8/Rx del procesador de señales

Respecto al procesador radar (cuya disposición y funciones principales se muestran esquemáticamente en las Figs. 3) hay que comentar varias cosas.



Figs. 3: Esquema de los componentes y funcionalidades principales del procesador de señales RVP8 instalado en los radares meteorológicos de la AEMET. Arriba: Sus dos componentes (RVP8/RX y SBC). Centro: Formación de la serie IQ en el SBC con salida externa ethernet. Abajo: Esquema de cálculo de momentos a partir de las series IQ para la obtención de los datos base Z, T, V y W.

La primera es que, al no disponerse ya de datos de un receptor logarítmico y todo el procesado realizarse con los mismos algoritmos, deja de tener sentido la distinción que se hacía en el antiguo sistema ERICSSON entre productos obtenidos en “modo intensidad” y productos obtenidos en “modo doppler”. Eso no significa que ahora carezca de sentido distinguir entre modos de operación, pero resultaría más apropiado denominarlos ahora “modo largo” y “modo corto”. La razón es que no han cambiado ni la frecuencia del radar ni el sistema transmisor y por tanto, tampoco lo han hecho las relaciones de ambigüedad rango-velocidad de los datos. Ahora, si queremos datos con cobertura suficiente (240 km de radio)

debemos operar en “modo largo” con una longitud de pulso de 2 μ sg. y una PRF de 250 Hz; en este modo, el procesador proporciona (a diferencia de antes) datos de viento (V) y ancho del espectro (W) aunque esos datos no se puedan usar porque su límite de ambigüedad es muy bajo (sobre 4 m/sg); así pues, ahora hablamos de “modo largo” porque en él primamos el tener cobertura suficiente, aunque sea a costa de disponer solo de buenos datos de reflectividad, que ahora aparecen como corregida de clutter (Z) y sin corregir (T). El nuevo “modo corto” es similar al antiguo “modo doppler” en cuanto a que ahora, la operación en ese modo (con anchos de pulso de 0.5 μ sg. y PRF dual de 900-1200 Hz.) implica la misma cobertura radial que antes (poco más de 120 km alrededor del emplazamiento radar) y similar disponibilidad (aunque ahora los datos sean Z, T, V y W).

Hay que decir que el sistema modernizado utiliza en los dos modos de operación el mismo algoritmo (filtro GMAP) de eliminación de “clutter” y que este filtro da un mayor nivel de rechazo a esos ecos (hasta 45 dBZ) que el anterior. La ventaja es que las imágenes salen más limpias en ambos modos de operación, no requiriéndose ya en ninguno de ellos el empleo de máscara de ecos fijos. Hay que advertir también que en el modo largo se debe sintonizar con sumo cuidado el sistema para limitar la aparición de marcas radiales en los sectores de la imagen radar en que la componente radial de la velocidad de los ecos sea múltiplo del límite de ambigüedad. Persiste (y más claro aún que antes) el problema de los parques eólicos, que producen nítidas señales en la posición en que se encuentran e inciden de forma variable en la precisión del conjunto de medidas realizadas por el radar.



Fig. 4: Menú IRIS que permite configurar la estrategia de exploración y los parámetros de procesado

Por último, se deben mencionar las ventajas que tiene la implementación “software” del nuevo procesador. Ahora es posible sintonizar a través de menú (ver fig 4) los filtros y parámetros de procesado para lograr ajustes precisos en diferentes condiciones de exploración. Especialmente importante es la capacidad del procesador para ajustar la resolución (e incluso el sobremuestreo) en rango, lo que ha permitido a la AEMET duplicar las resoluciones en rango de los productos base (ahora son, según el modo de 1 y 0.5 km, respectivamente en lugar de los 2 y 1 km que se tenían anteriormente).

También resulta fácil grabar y reprocesar de nuevo (en un procesador dedicado) series temporales IQ para comprobar la bondad de los ajustes o probar nuevos filtros y algoritmos que puedan ser incorporados a la operación. En resumen, se abren más posibilidades de ajuste y desarrollo susceptibles de explotación por un personal adecuadamente cualificado.

Calidad en productos radar

La mejora en la calidad de los productos radar depende como es lógico de las mejoras conseguidas en los datos base cuyas bondades ya hemos comentado en el apartado anterior. En este apartado hablaremos de las mejoras específicas que la modernización haya podido introducir en el manejo de las estrategia de exploración (escaneados) del radar y en las capacidades del nuevo software de generación de productos y de visualización y de explotación operativa de los mismos.

Sobre la configuración de los escaneados, la modernización no ha introducido aún capacidades nuevas a las ya existentes, pues para eso es necesario que cambien los modos de operación; el “aún” es porque eso se podrá hacer cuando se instalen los nuevos moduladores de estado sólido con los que se podrá trabajar, además de con los pulsos actuales de longitud 2 μ sg. y 0.5 μ sg. con otro adicional de 1 μ sg., que permitirá un tercer modo de operación que ampliará en cierta medida el estrecho margen operativo que impone el acoplamiento entre las ambigüedades de los datos en rango y velocidad del radar.

Como es conocido, y aunque no se tengan capacidades nuevas, en el proyecto de modernización se ha procedido cambiar la estrategia de exploración del radar, pero el motivo ha sido un requisito externo: obtener tiempos de refresco de la información sincronizados con el ciclo de 15 minutos de los nuevos datos Meteosat (MSG).

CICLO	MODOS	ELEV	ANTENA	PRF	PULSO	R-AMB	V-AMB	COB_P	RES_P
10'	NM: Z	20	6	250	2	600	-	240	2
	DOP: Z,V,W	8	2	900, 1200	0.5	125	+ - 48	120	1
ESTRATEGIA AEMET-ERICSSON: ORDEN SCAN: NM: 0.5 - 1.4 - 2.3 - 3.2 - 4.1 - 5.0 - 5.9 - 6.8 - 7.7 - 8.6 - 9.6 -10.7 - 12.0 -13.4 -14.9 -16.6 -18.4 - 20.4 - 22.6 - 25.0; DOP: 0.5 - 1.4 - 2.3 - 3.2 - 4.1 - 5.0 - 8.0 - 11.0									
CICLO	MODOS	ELEV	ANTENA	PRF	PULSO	R-AMB	V-AMB	COB_P	RES_P
7,5'	LG: Z, T	21	2 y 4	250	2	600	+ - 3.3	240	1
	CO: Z, T, V, W		2, 4 y 6	900, 1200	0.5	125	+ - 48	120	0,5
ESTRATEGIA AEMET-IRIS : ORDEN SCAN: LG-2: 0.5 - 1.4 - 2.3; LG-4: 3.2 - 4.1 - 5.0 - 5.9 - 6.8; CO-4: 7.7 - 8.7 - 9.7 - 10.8 - 12.0 - 13.4; CO-6: 15.0 - 16.8 - 18.8 - 21.2 - 25.0; CO-2: 1.4, 0.5									
CICLO	MODOS	ELEV	ANTENA	PRF	PULSO	R-AMB	V-AMB	COB_P	RES_P
15'	LG: Z, T	12	4	250	2	600	-	240	1
	CO: Z, T, V, W	12	2	900, 1200	0.5	125	+ - 48	120	0,5
ESTRATEGIA SMHI (PRECIPITACIÓN): ORDEN SCAN: CO: 0.5; LG: 0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.5, 2.3, 3.2, 4.1, 6, 12, 24, 40; (*5) CO: 0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.5, 2.3, 3.2, 4.1... (*10) CO:: 0.5; CO: ...6, 12, 24, 40.									
CICLO	MODOS	ELEV	ANTENA	PRF	PULSO	R-AMB	V-AMB	COB_P	RES_P
15'	MD: Z, T, V, W	10	2	450,600	0,5	250	+ - 24	240	0.5
	CO: Z, T, V, W	10	2	900, 1200	0.5	125	+ - 48	120	0,5
ESTRATEGIA SMHI (AIRE CLARO): ORDEN SCAN: MD: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0...; CO: ...2.5, 4, 8, 14...; (*5) MD: 0,5; CO: ...24, 40; MD: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0...; (*10) MD: 0,5; CO:...2.5, 4, 8, 14, 24, 40;									

Figs. 5: Comparativa de varias estrategias de scan: De arriba abajo, estrategia AEMET antes de la modernización, estrategia actualmente vigente en los radares modernizados, estrategia SMHI de precipitación y estrategia SMHI de aire claro. LG y CO referencia modos de operación largo y corto. MD es otro modo practicable si se instalan transmisores de estado sólido.

La nueva estrategia de exploración de la AEMET (ver fig. 5), elegida con un ciclo de 7,5 minutos para compatibilizar el conjunto de la red de radares durante el proceso de modernización y deban coexistir sistemas con tecnologías diferentes, trabaja con los mismos dos modos de operación que antes: el tiempo transcurrido muestra que tiene ciertos defectos (cambio excesivo de la velocidad de rotación de la antena, existencia de un volumen inexplorado en el “modo corto” entre las elevaciones de antena 1,4° y 7,7°) que aconsejarán probablemente su sustitución por otra cuando todos los radares de la red hayan sido modernizados.

En la fig 5 se muestra, como una posible alternativa, las estrategias de exploración usadas actualmente por el Servicio Meteorológico e Hidrológico Sueco (SMHI). Basadas en un ciclo de refresco de 15 minutos, parecen ofrecer algunas ventajas respecto a la que actualmente usa la AEMET, puesto que aportan mayor consistencia en calidad a los datos y permiten refrescar cada 5 minutos los productos de la aplicación hidrológica. Además, las dos estra-

tegias podrían operar conjuntamente en los radares modernizados de la AEMET, al disponer el software IRIS de la capacidad de reconocer automáticamente la naturaleza de los ecos y activa la estrategia de exploración más adecuada en cada circunstancia.

En lo referente a las nuevas capacidades de generación de productos que se han obtenido con la modernización, una parte de ellas están ligadas a la nueva arquitectura del software mientras que otras son productos suplementarios que antes no existían. La nueva aplicación IRIS trabaja con procesamiento directo del volumen polar utilizando unas herramientas que sirven, tanto para atender a las interfaces de visualización como para generar los productos. Este diseño abre una amplia gama de posibilidades para analizar y navegar por el interior de los datos volumétricos (ver fig 5) pero también permite configurar los productos del radar con resoluciones espaciales y tamaños elegidos a voluntad por el operador (aunque haya que tener ciertas cautelas si se configuran productos con mayores resoluciones que las disponibles en los

datos brutos originales). Un avance muy interesante en ese sentido es la ampliación del número de CAPPIS a los volúmenes cartesianos, que pasa de los 12 anteriores a 31.

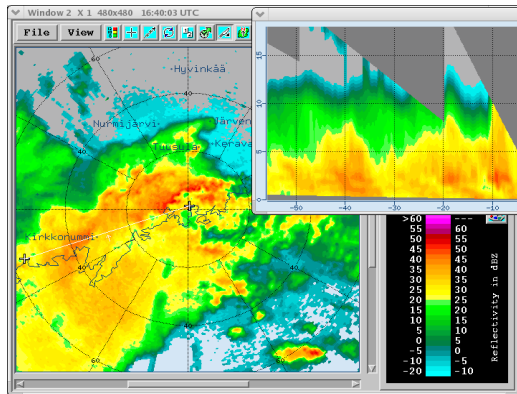


Fig. 4: Combinación “IRIS live” que permite al operador navegar por el interior de los volúmenes polares de datos

Sobre los nuevos productos hay que moderar un tanto las expectativas que se hubieran podido crear sobre algunos productos de viento (SLINE y, SHEAR) cuya utilidad se reforzaría mucho si los radares de la AEMET operaran en banda S y tecnologías coherentes en transmisión. A pesar de todo, es clara la ventaja de poder disponer de productos adicionales como TRACK, WARN, WIN, BASE o ETOP de distintos umbrales.

En los productos para hidrología sin embargo, se ha producido un claro retroceso que habrá que corregir. Un análisis somero del procedimiento para generar acumulaciones de precipitación muestra desventajas respecto al anteriormente instalado y que fue desarrollado por la Universidad de Mc Gill. A señalar, una integración menos inteligente de los datos, especialmente acusada en la generación de acumulaciones multihorarias y una implementación menos exigente de la corrección por perfil vertical de reflectividad para estimar la precipitación a nivel del suelo. En este tema, la AEMET deberá dedicar esfuerzos suplementarios, basados en la disponibilidad del software McGill y en la explotación de las capacidades de desarrollo del software IRIS.

Mejora en utilidades

En este apartado las mejoras han sido muy notables. A destacar, las ventajas que ofrece a los predictores la operación simultánea de varias interfaces de usuario (IRIS-Quick-look) y la disponibilidad autoconfigurada de datos volu-

métricos de distintos radares en la misma terminal de visualización.

Notable también la mejora y diversificación de los procedimientos de archivo y recuperación de datos, integrados y residentes al fin en el archivo central de la AEMET, así como la mejora de las utilidades para la distribución, con procedimientos más sencillos para hacerlo y con nuevos formatos disponibles (HDF5, GRIB1, BUFR, etc) que facilitan mucho la integración de los datos radar en otras aplicaciones de la AEMET como Ninjo y McIDAS y también su distribución a usuarios externos.

Digamos por último que en lo que respecta a las utilidades de reprocesamiento de datos para estudio de situaciones de archivo hay que consignar también un cierto retroceso que, esperamos sea solo momentáneo; hasta que la AEMET disponga los medios para corregirlo.

Conclusiones

Como conclusiones, hay que decir que, con toda claridad, la AEMET está consiguiendo los principales objetivos que se había trazado con el proyecto de modernización y que, respecto a cosas que se están pendientes de mejora mediante pruebas y desarrollo habría que:

- Ajustar las instalaciones y las utilidades a las necesidades de los usuarios.
- Afinar las estrategias de exploración utilizando los nuevos moduladores.
- Mejorar los datos base y los productos de vigilancia meteorológica mediante pruebas y ajustes operativos
- Mejorar los productos hidrológicos con desarrollos adicionales
- Minimizar el impacto de los parques eólicos con estudios avanzados.