

# RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO

Francisco Javier Mesas Carrascosa, Cristina Torrecillas Lozano - Servicio de Producción Cartográfica  
Miguel Redondo Redondo - Servicio de Planificación y Coordinación

## Introducción

El Instituto de Cartografía de Andalucía es el responsable del proyecto denominado Red Andaluza de Posicionamiento, en adelante RAP, que ha consistido en el diseño, instalación, configuración y mantenimiento de una red de 22 estaciones permanentes GPS que cubren homogéneamente la Comunidad Autónoma de Andalucía. Las estaciones, salvo las situadas en las Universidades de Cádiz y Jaén y en los Observatorios Andaluz de Geofísica de Granada y en el Observatorio Astronómico Hispano Alemán en Calar Alto, Gérgal (Almería), se ubican en edificios públicos adscritos a diferentes Consejerías y se interconectan a través de la Red Corporativa de la Junta de Andalucía enlazando con un Centro de Control y con el Portal Web de la Red. El planteamiento del Proyecto como servicio público ha supuesto que la Secretaría General de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información haya incluido el mismo en la iniciativa Info@landalus y que hayan mostrado su interés como posibles usuarios departamentos como Medio Ambiente, Agricultura, Transportes, Educación, Protección Civil o la Consejería de Salud. En concreto, la gestión de emergencias sanitarias se verá agilizada por el uso de esta técnica de posicionamiento junto con los callejeros digitales implantados en la Junta de Andalucía. Además, será de gran utilidad para estudios científicos y para los profesionales de la Cartografía y la Topografía que realizarán sus cálculos técnicos tomando como referencia los datos suministrados desde la RAP.

El Soporte Técnico para la configuración de la Red y para el control de calidad de los datos obtenidos lo realiza el Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía adscrito al Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz. El suministro y montaje de los equipos se adjudicó por concurso a la empresa Leica Geosystems S.L..

Esta Red se está integrando en otras redes nacionales o internacionales como la Red EUREF y se suma a otras

muchas iniciativas similares de estaciones permanentes GNSS en España, como por ejemplo la Red del IGN, la red ITACyL de Castilla León, la Red CatNet de Cataluña, o las redes del País Vasco, Valencia, Murcia, etc..

## Objetivos del proyecto

La RAP establece un marco activo, de tal modo que las coordenadas de las estaciones que forman la red varían con el paso del tiempo debido a que éstas presentan movimientos resultado de los desplazamientos de las placas tectónicas en que se encuentra fragmentada la corteza terrestre. La posibilidad que brinda la tecnología GPS es la capacidad para poder determinar la velocidad de estos desplazamientos y de este modo poder conocer el movimiento de dicho marco en sus tres dimensiones.

De este modo, las estaciones conforman un marco geodésico de referencia, único y estable que da servicio a una gran variedad de usuarios ofreciendo la posibilidad de descargar archivos de observación RINEX tanto vía Web como FTP, así como mejorar el posicionamiento mediante el envío de correcciones en tiempo real. Para llevar a cabo una correcta generación de las correcciones diferenciales para los observables de fase y código en toda Andalucía, las estaciones no se distancian más allá de 70 Km. entre ellas. La RAP ofrece tres tipos de servicios:

El servicio RAP-RTK y RAP-IP consistirá en el envío a los usuarios profesionales de unos parámetros denominados «corrección diferencial» que les permitirá alcanzar una precisión de centímetros en sus mediciones con GPS. El servicio será de gran utilidad en aplicaciones como replanteos de obras, control de estructuras, gestión de flotas, apoyos topográficos, geodinámica, etc. Mayores precisiones se podrán obtener accediendo a ficheros RINEX y realizando cálculos en postproceso, servicio RAP\_FTP.

Se dispondrá de las coordenadas de las 22 estaciones determinadas a partir de los cálculos de red con una precisión centimétrica. Se ofrecerán dichas coordenadas en los

siguientes sistemas de referencia:

- Cartesianas ITRF2005 (época 2007.14)
- Cartesianas ETRS89 (época 2007.14). Dichas coordenadas han sido obtenidas de la transformación de las coordenadas ITRF2005 utilizando parámetros de transformación globales (Boucher, C. Altamimi)
- Geodésicas (a partir de las cartesianas ETRS 89)
- UTM ED50 (a partir de las cartesianas ETRS89) Estas coordenadas se han obtenido mediante la transformación de las coordenadas ETRS89. La entrada en funcionamiento en modo



Fig. 1. Red de estaciones de la RAP

	Primer Orden	Segundo Orden
Receptor	Receptores doble frecuencia Leica GRX1200 Pro, con 4 puertos serie y un Puerto ethernet con 3 IPs;	Receptores doble frecuencia Leica GRX1200 Pro, con 4 puertos serie y un Puerto ethernet con 3 IPs;
Antena	Antena geodésica choke-ring (Dorne-Margolin) Leica AT504 con domo.	Antena geodésica no choke-ring
Suministro eléctrico/Internet	Sistema de suministro eléctrico interrumpido y conexión permanente a Internet.	Sistema de suministro eléctrico interrumpido y conexión permanente a Internet.
Estación Meteorológica	Estación meteorológica Paroscientific Met3	No
Radio Modem	Dos radio-modems: PacificCrest y Satelline3AS	No

público de la RAP coincide en el tiempo con el cambio de sistema de referencia geodésico; de este modo el valor añadido de dicha red va aumentando jugando un papel de vital importancia que beneficiará tanto a los productores de cartografía y determinados sectores de la ingeniería como al público en general. Además, el ICA ha iniciado el proyecto del levantamiento de una nueva base cartográfica digital de todo el territorio de Andalucía que entre las novedades y mejoras que presenta incluye la adopción del sistema de referencia ETRS89. De este modo, sus productos y el empleo de la tecnología GPS para su uso irán a efectos prácticos enmarcados dentro del mismo sistema de manera que no será necesario el empleo de parámetros de transformación ni para la producción de cartografía ni para su uso.

De otro lado todos los productos y servicios que brinda la RAP están abiertos a todos los receptores, siendo el único condicionante el que los equipos cuenten con los accesorios tecnológicos necesarios.

### Configuración y arquitectura de la red

Dentro de la estructura de la red podemos diferenciar dos bloques: las estaciones y el sistema de control. Las estaciones se dividen en dos grupos, primer y segundo nivel, cuyas diferencias son la localización y la disponibilidad de un mayor o menor número de accesorios y servicios. Nueve estaciones son de primer nivel y están ubicadas en las ocho capitales de provincia y Algeciras, esta última,

sirve de apoyo en todos los cálculos de posicionamiento del área del Estrecho de Gibraltar.

La localización del resto de estaciones ha dependido de varios factores, como por ejemplo: encontrarse a menos de 70 km de otra estación, ubicarse en hospitales, centros educativos o en edificios administrativos, todos ellos pertenecientes a la Junta de Andalucía. Otro factor a tener en cuenta ha sido la necesidad de disponer de algunas estaciones ancladas al terreno para así ampliar los usos que se le pueden dar a la red.

El sistema central se compone de varios ordenadores interconectados con funciones de servidor Web con alojamiento de los ficheros RINEX (RAP-FTP), generador de correcciones RTCM para el servicio de RAP-IP y el control de la RAP mediante el software Spider. El único sistema que no se genera desde el control central es el RAP-RTK por ser un sistema de correcciones locales que se emite desde cada estación.

El sistema central se compone de varios ordenadores interconectados con funciones de servidor Web con alojamiento de los ficheros RINEX (RAP-FTP), generador de correcciones RTCM para el servicio de RAP-IP y el control de la RAP mediante el software Spider. El único sistema que no se genera desde el control central es el RAP-RTK por ser un sistema de correcciones locales que se emite desde cada estación.

Los servicios se pueden dividir en dos bloques: los servicios para cálculos de post-proceso y los de tiempo real. Dentro de los de post-proceso distinguimos el servicio RAP-FTP para la descarga de ficheros RINEX. RAP-RTK y RAP-IP son los servicios de envío de correcciones en tiempo real, estos servicios reciben sus distintos nombres del tipo de medio por el que se transmite la información. El servicio RAP-FTP es un servicio de acceso a los datos de

Los servicios se pueden dividir en dos bloques: los servicios para cálculos de post-proceso y los de tiempo real. Dentro de los de post-proceso distinguimos el servicio RAP-FTP para la descarga de ficheros RINEX. RAP-RTK y RAP-IP son los servicios de envío de correcciones en tiempo real, estos servicios reciben sus distintos nombres del tipo de medio por el que se transmite la información. El servicio RAP-FTP es un servicio de acceso a los datos de

	Servicio	Forma de transmisión	Tipo de información
Post-proceso	RAP-FTP	Internet	RINEX
Correcciónes Tiempo real	RAP-RTK	Radio modem desde estaciones de primer nivel.	RTCM Código y Fase
	RAP-IP	Internet/GPRS	RTCM Código y Fase

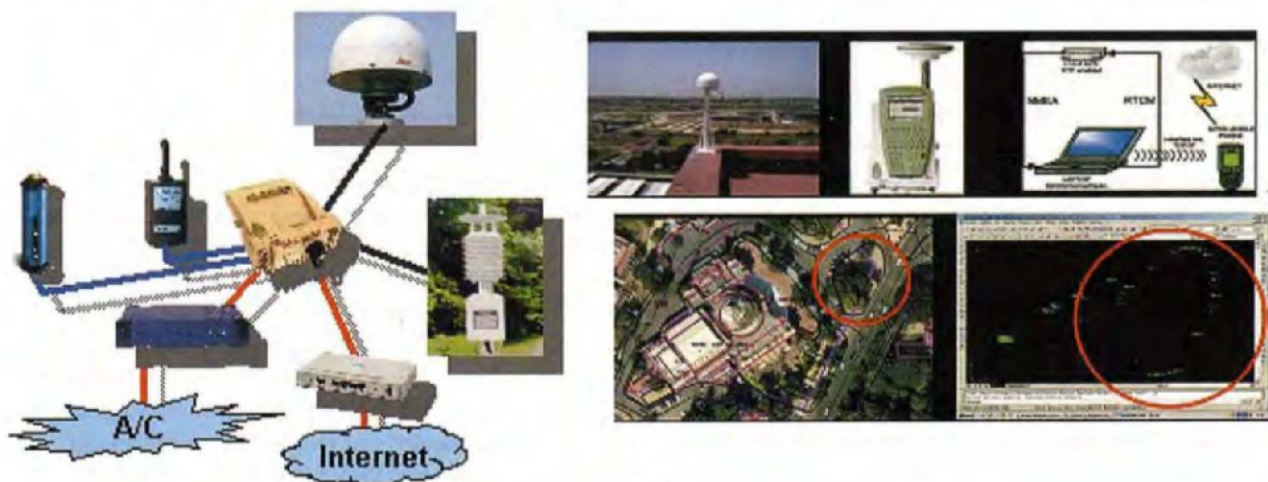


Fig. 2. Esquema de la instalación y distintos sistemas de envío de correcciones diferenciales

las observaciones de cada estación de la red RAP en formato RINEX. Para acceder a estos ficheros hay que conectarse a la página Web de la RAP. Los ficheros que se ofrecen al usuario son de 1 hora de duración. Existen dos tipos dependiendo del tiempo de adquisición, por un lado, se almacenan ficheros de 1 hora con datos cada segundo y por otro lado, ficheros de 24 horas con datos cada 30 segundos. Además del fichero RINEX de observaciones (\*.yyO) es posible

descargar los ficheros de navegación (\*.yyN), meteorológicos (\*.yyM) y de sumario (\*.yyS).

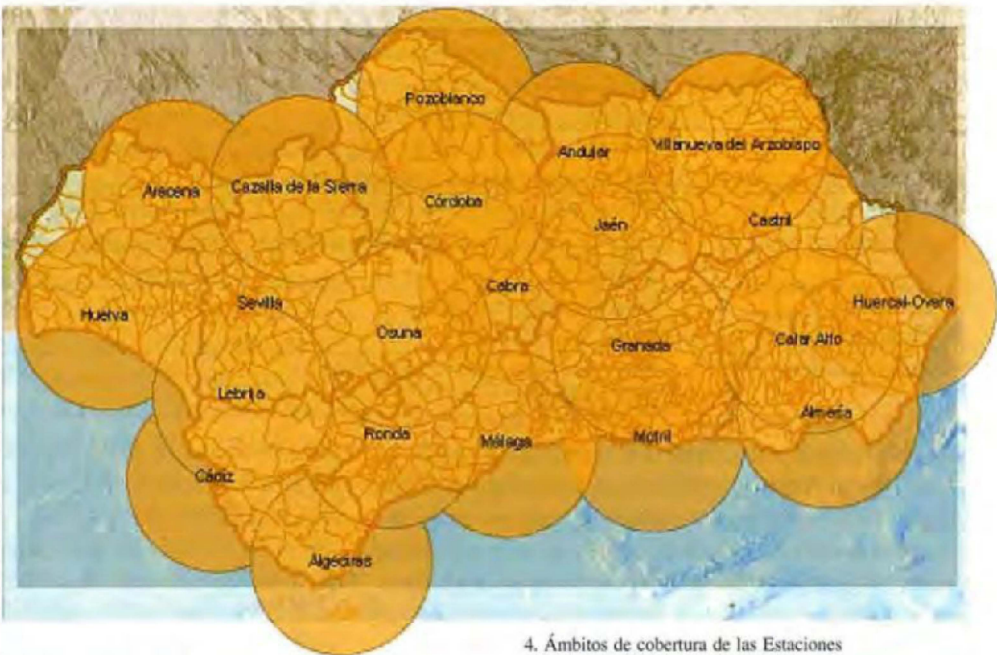
Los ficheros son autodescomprimibles y todos los archivos estarán reunidos en una única compresión estándar para UNIX (\*.Z).

Los ficheros de observación se crean en el control central a partir de los datos enviados por cada una de las estaciones RAP. En caso de fallar la conexión a las estaciones, estas disponen de un servicio de copia de seguridad hasta que la conexión sea restaurada.



Fig. 3 Antena y sensor de la Estación de Osuna

El sistema RAP-IP consiste en la transmisión vía Internet de correcciones de código y fase, además de un modelo ionosférico, troposférico y de efemérides más precisas (solución de red). Este sistema necesita de una conexión bidireccional entre el usuario y el sistema central. El esquema de transmisión consiste en el envío por parte de las estaciones RAP de los mensajes RTCM en formato nativo a un "caster", en este caso el Sistema Central, que se encarga de la transmisión vía Internet de las correcciones calculadas para la localización del usuario. El usuario necesita de una aplicación cliente y de un acceso a Internet por cualquiera de los sistemas existentes: WIFI, línea telefónica, CDPD modem, Intranet, etc. y de herramientas como un PDA o un PC portátil con conexión a Internet y que conecte con el equipo GPS. Con este acceso el usuario se



4. Ámbitos de cobertura de las Estaciones

conecta al "caster" y escoge la estación desde la que desea recibir datos brutos o correcciones diferenciales.

El sistema RAP-RTK es de corrección local solo se emplea en las estaciones de primer nivel. Emplea radio-modems RTK que envían correcciones en formato RTCM con los mensajes de corrección de código y fase. La emisión de correcciones se realiza mediante dos radio-modems simultáneamente, que aseguren la recepción de la señal con la mayoría de receptores de radio empleados por los equipos GPS. El usuario necesita disponer de un GPS con radio-modem, y por lo tanto de un equipo GPS profesional. Se define un alcance máximo de 15 km para los radio-modems, el servicio está limitado por las condiciones topográficas y ambientales. Este es el único servicio en el que no se genera el mensaje desde el sistema central.

### Estado del proyecto

El proyecto se inicia a finales del año 2005 y se ejecuta básicamente durante los años 2006 y 2007. Durante su ejecución se han encontrado varias dificultades, en primer lugar: transmitir a los responsables de los centros donde se han instalado los equipos la importancia de la actuación y la necesidad de su colaboración, y a continuación convencerlos de que los equipos no suponían ningún elemento perjudicial, ni para la seguridad de sus redes de comunicaciones ni para la velocidad de transmisión de datos en las mismas. Además se ha debido garantizar la total inocuidad de la instalación para los trabajadores y usuarios de los distintos centros.

La conectividad entre el Centro de Control y las estaciones también ha resultado laboriosa. Dentro de la Red Corporativa de la Junta de Andalucía se han instalado equipos en Hospitales Públicos de la red del SAS o de Empresas Públicas, en Centros Docentes, en Edificios Administrativos y en Centros de Visitantes de la Consejería de Medio Ambiente. Cada Consejería tiene redes de comunicaciones propias que ha sido necesario interconectar y permitir el acceso a los equipos del Centro de Control que a su vez se encuentran fuera de la Red Corporativa de la Junta de Andalucía. Para realizar estos pasillos de comuni-

cación se ha tenido que contar con los servicios de informática y telecomunicaciones de las distintas consejerías y de la red corporativa de la Junta de Andalucía que administra la empresa pública SADESI, Sociedad Andaluza para la Sociedad de la Información.

Desde septiembre de 2007 ha comenzado a funcionar el Portal Web de la RAP desde donde se ofrecen los servicios de información de las estaciones, descarga de ficheros RINEX, incidencias en la red y por supuesto noticias, enlaces y otra mucha información relacionada con la Geodesia. Se dispone de un acceso desde el área de Cartografía de la Consejería de Obras Públicas y Transportes.

### Ventajas de la RAP

Las ventajas de esta red en el territorio andaluz podemos resumirla brevemente en tres puntos; por un lado y como se ha citado anteriormente el papel activo que va a jugar dicha red con la entrada en vigor del sistema geodésico ETRS89 como sistema oficial. Este hecho lleva consigo que con el empleo de dicha red tanto la producción cartográfica como su posterior explotación verá mejorada su homogeneidad en cuando al componente posicional se refiere, no interviniendo en ningún momento parámetros de transformación de coordenadas entre distintos sistemas de referencia.

Por último, se producirá una reducción del coste económico y una mejora de rendimiento de los trabajos topográficos realizados en campo. De este modo los únicos inconvenientes que pudiera presentar el empleo de la RAP son los propios del sistema GPS.

### Aplicaciones

El Instituto de Cartografía a lo largo de casi dos años lleva probando en diferentes proyectos los resultados y soluciones que ofrece la RAP siendo muy variadas las aplicaciones realizadas dentro de nuestra producción cartográfica. Con este propósito la RAP ha dado servicio para el apoyo aéreo cinemático del vuelo digital del área metropolitana de Sevilla, el vuelo digital de todo el cuadrante Oeste para la producción de la ortofoto de 0.5 metros de Andalucía y el vuelo digital para la producción de la ortofoto de 1 metro. De otro lado, está siendo empleada hoy día para la realización de trabajos de apoyo para la producción de cartografía tanto territorial como urbana, para el levantamiento de límites administrativos o para controles de calidad posicional en la cartografía.

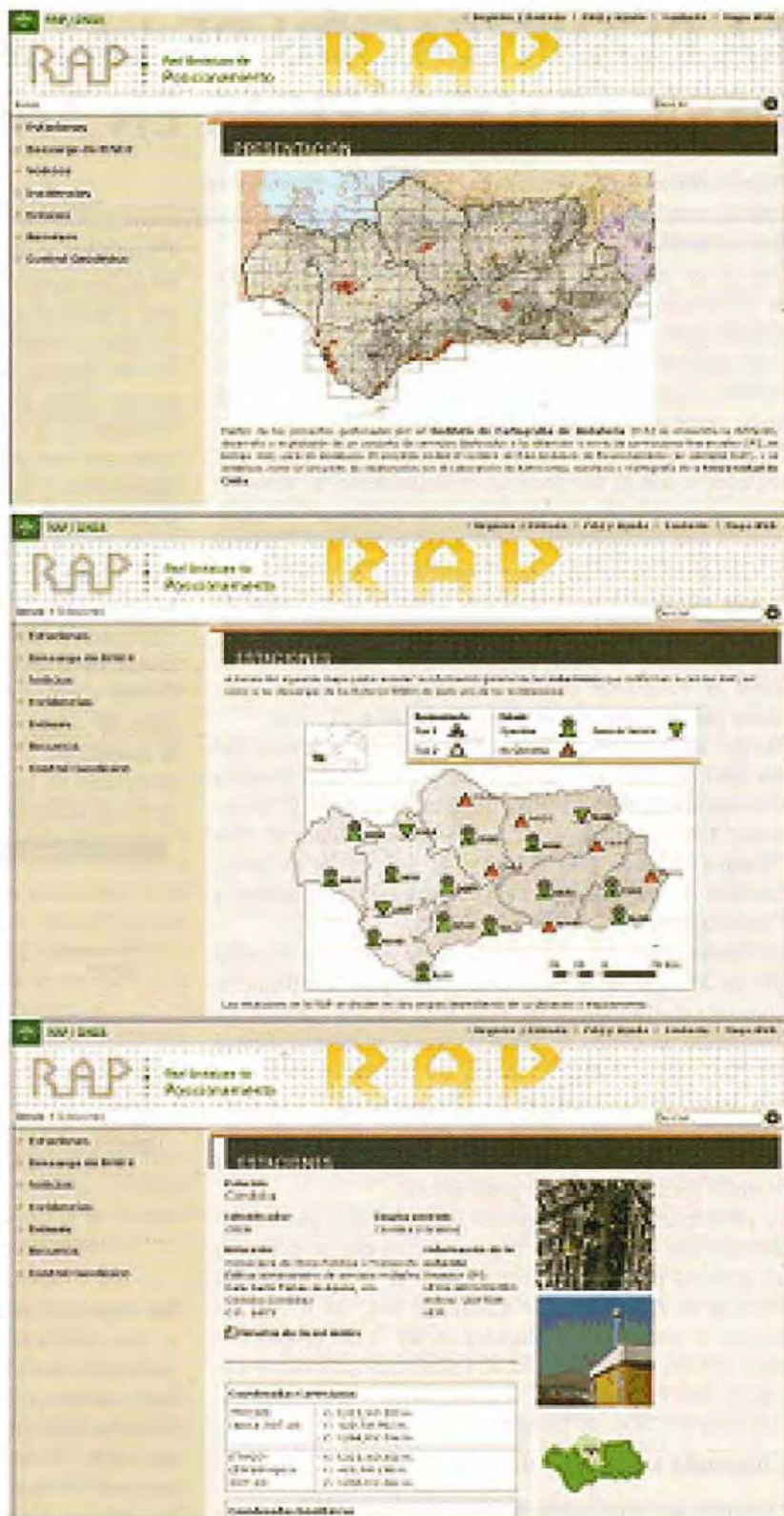


Fig. 5. Páginas de Inicio del Portal

A título informativo, se ha de decir que para los trabajos de topografía previos a la construcción del nuevo puente de acceso a Cádiz se están empleando las correcciones diferenciales en tiempo real de una estación de la RAP.

Con todo esto, la RAP dará servicio no solo a usuarios del sector de la cartografía y la topografía, también jugará un papel importante en investigaciones científicas sin olvidar el servicio al ciudadano ya que contribuirá al posicionamiento de flotas, a la gestión de emergencias o a actividades deportivas, de tiempo libre, etc.