

ESTADO ACTUAL DE LA RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO (RAP).

TORRECILLAS LOZANO, Cristina (1); SÁNCHEZ DÍAZ, Francisco José (2); PÁEZ JIMÉNEZ Raúl (3); PÉREZ PEÑA, Alejandro (3)

(1) Universidad de Sevilla, España
Escuela Superior de Ingenieros, Departamento de Ingeniería Gráfica
torrecillas@us.es

(2) Junta de Andalucía, España
Instituto de Cartografía de Andalucía
Franciscoj.sanchez.diaz@juntadeandalucia.es

(3) Universidad de Cádiz, España
Facultad de Ciencias, Departamento de Matemáticas, Laboratorio de Astronomía y Geodesia
raul.paez@uca.es; Alejandro.perezpena@uca.es

RESUMEN

La Red Andaluza de Posicionamiento (RAP) será una red de 22 estaciones permanentes GPS que cubrirán homogéneamente la comunidad autónoma de Andalucía. Estas estaciones, además de crear un marco geodésico de referencia único y estable para levantamientos cartográficos y topográficos, ofrecerá servicios de descarga de ficheros de observaciones RINEX (servicio RAP-FTP) y de posicionamiento en tiempo real mediante el envío de correcciones diferenciales (servicios RAP-RTK, RAP-RDS, RAP-GSM y RAP-IP). Para llevar a cabo una correcta generación de las correcciones para los observables de fase y código en toda Andalucía, las estaciones no se distancian más allá de 100 Km. entre ellas.

Este artículo describe la composición de la RAP y de los servicios públicos que ofrecerá así como del estado a día de hoy del proyecto a falta de unos meses para su finalización.

ABSTRACT

The Andalusian Positioning Network will be a 22-permanent station network which will cover Andalusian area. The stations will make a geodetic frame to surveying and cartographic applications and will give a RINEX Internet Service (RAP-FTP Service) and a Real-Time Positioning Service with DGPS (RAP-RTK, RAP-RDS, RAP-GSM and RAP-IP). The distant between stations is about 100 km to carry out a suitable generation of the Carrier-phase and code observations correction message.

This article shows the RAP structure and the description of the future public services, just as the end of this project is near.

Key Word: Global Positioning System, GPS Permanent Networks, DGPS, RINEX FTP

Grupo temático: Topografía.

1. Introducción

La Red Andaluza de Posicionamiento, en adelante RAP, nace en el Instituto de Cartografía de Andalucía (ICA) de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía como proyecto de infraestructura en enero de 2.004 y verá su conclusión antes de finales de este año 2.005, aunque algunos de sus servicios públicos ya están disponibles, en fase de prueba, desde finales de enero de este año, en aquellas estaciones RAP que ya están implantadas y en funcionamiento.

La RAP es una red de 22 estaciones permanentes GPS que cubren homogéneamente Andalucía con distancias máximas entre estaciones de 100 Km (Figura nº 1). Esta red crea un marco geodésico de referencia [3] único y estable para Andalucía requerido por el ICA para sus labores cartográficas, pero además ofrece un servicio de descarga de los ficheros RINEX (servicio RAP-FTP) recopilados por cada estación para cálculos de post-proceso y una serie de servicios de envío de correcciones diferenciales (servicios RAP-RTK, RAP-RDS, RAP-GSM y RAP-IP) para mejorar el posicionamiento en tiempo real de cualquier usuario (ver cuadro nº 1). Este tipo de red es única en Europa pues no existe ninguna red que albergue todos estos sistemas de envíos de correcciones simultáneamente, además cuando se comenzó este proyecto no existía ninguna estación en España que ofreciera correcciones del tipo RAP-GSM o RAP-IP.

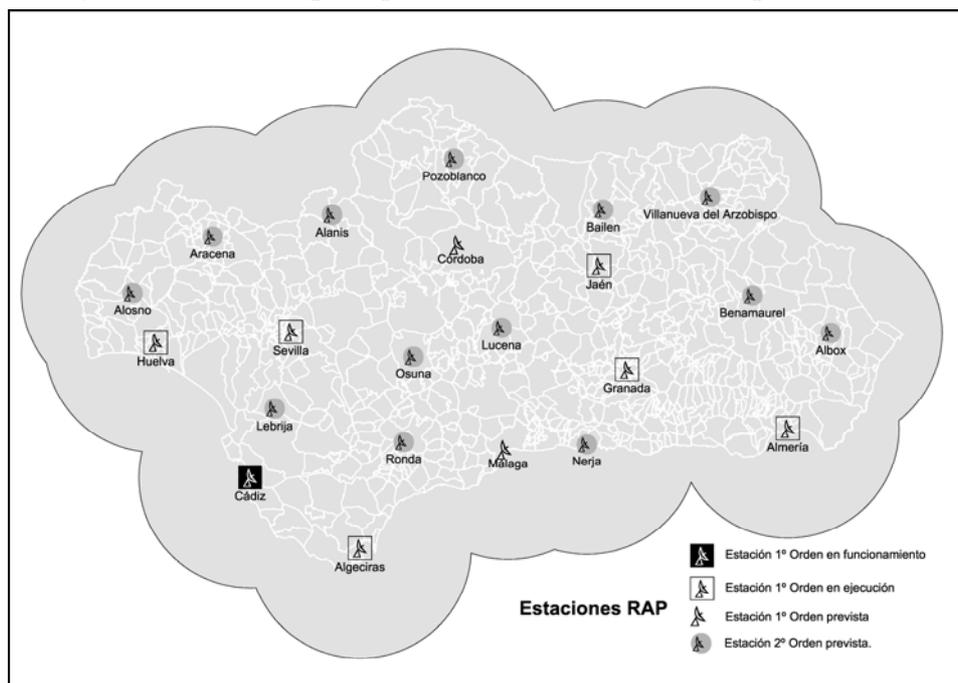


Figura nº 1: Emplazamientos de la RAP.

Los servicios en tiempo real son la clave de este servicio público que espera ayudar en la elaboración de múltiples trabajos de nivel técnico medio-alto como pueden ser el control de cultivos, conservación ambiental, protección civil o inventarios de patrimonio, además de los meramente cartográficos o geodésicos, y a todo esto hay que añadir el gran potencial de uso civil en navegación, deportes o control de flotas. La prestación de un servicio de este tipo con un carácter público, gratuito y homogéneo para toda la Comunidad Autónoma contribuirá a la cohesión territorial de Andalucía y a la extensión de la sociedad de la información, al ofrecer la

infraestructura necesaria para el crecimiento de un sector económico de servicios basados en la localización.

2. Servicios que ofrece la RAP.

Se puede hablar de hasta 5 servicios que ofrecerá la red cuando este acabada. Estos 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-RDS, RAP-GSM, 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.

	RAP	Forma de transmisión	Tipo de información
Post-proceso	RAP-FTP	Internet	RINEX
Correcciones Tiempo real	RAP-RDS	Radio Canal Sur, subportadora RDS	RTCM código
	RAP-GSM	Teléfono	RTCM Código y Fase
	RAP- RTK	Radio modem desde estaciones de primer nivel.	RTCM Código y Fase
	RAP-IP	Internet/GPRS	RTCM Código y Fase

Cuadro nº 1. Servicios al público del sistema RAP.

2.1. Servicios para cálculos de posicionamiento en post-procesado. Sistema RAP-FTP.

El servicio *RAP-FTP* es un servicio de acceso a los datos de las observaciones de cada estación de la red RAP en formato RINEX [6].

Para acceder a estos ficheros hay que conectarse a la página Web del ICA [7] y entrar en la sección de SERVICIOS => GEODESIA (ver figura nº 2). Los ficheros que se ofrecen al usuario son de 1 y 24 horas de duración. Existen dos tipos dependiendo del tiempo de adquisición, por un lado, se almacenan ficheros de 1 hora con datos cada 5 segundos para aplicaciones cinemáticas y por otro lado, ficheros de 24 horas con datos cada 30 segundos para las aplicaciones estáticas (ver figura nº3). Además del fichero RINEX de observaciones (*.yyO) es posible descargar los ficheros de navegación (*.yyN), meteorológicos (*.yyM) y de sumario (*.yyS). Los ficheros actualmente son autodescomprimibles, aunque en breve el archivo de observaciones estará en el formato de compresión Hatanaka (*.yyd) y todos los archivos estarán reunidos en una única compresión estándar para UNIX (*.Z).

Los ficheros de observación se crean en el servicio central de la RAP 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.



Figura nº 2: Página Web de la RAP en la fecha actual.

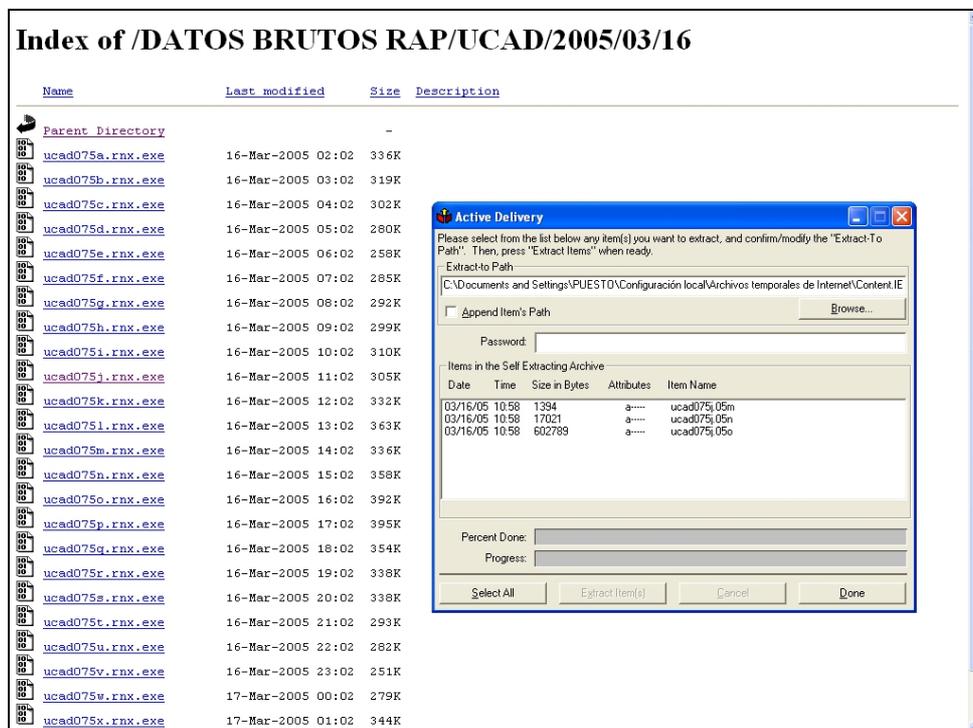


Figura nº 3: Acceso a ficheros RINEX.

2.2. Servicios de correcciones en tiempo real. Sistemas RAP-RDS, RAP-GSM, RAP-IP y RAP-RTK.

Se clasifican en cuatro servicios cuyos nombres están relacionados con el medio que se emplea para hacer llegar las correcciones. Así distinguimos la RAP-RDS que emplea como medio la subportadora RDS de la radio, la RAP-GSM de envío de correcciones vía teléfono móvil, la RAP-IP que emplea Internet como medio de transmisión y por último la RAP-RTK cuyo nombre deriva de las técnicas RTK que emplean las marcas de equipos GPS para el envío de correcciones vía radio.

SISTEMA RAP-RDS

Este sistema contempla la corrección del observable de código de la frecuencia L1 según el formato RTCM SC104 v 2.1 (mensajes nº 1,3 y 16) y su posterior compresión en formato RASANT para ser modulado en la banda subportadora no audible de FM RDS de Canal Sur Radio. Su adquisición por parte del usuario requiere de un receptor FM/RDS/RASANT conectado al receptor GPS, aunque existen receptores con este sistema ya integrado [11,12 y 13].

SISTEMA RAP-GSM

Este sistema emplea el envío de las correcciones de código y fase vía GSM, mediante las líneas telefónicas digitales. La corrección usa también el formato RTCM. Requiere por parte del usuario de un sistema de recepción de señal GSM, como puede ser un simple teléfono móvil, y el número de teléfono de la estación central al que llamar para recibir los datos de correcciones [10].

SISTEMA RAP-IP

Este sistema 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 GPRS/UMTS/3G/Internet de las correcciones calculadas para la localización del usuario [6], ver figura nº4. 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 conecta al “caster” y escoge la estación desde la que desea recibir datos brutos o correcciones diferenciales.

SISTEMA RAP-RTK

Este sistema de corrección local solo se empleará en las estaciones de primer nivel. Emplea radio-modems RTK que reciba correcciones en formato RTCM con los mensajes de corrección de código y fase. La emisión de correcciones es 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 profesional. Se define un alcance máximo de 15km para los radio-modems, el servicio está limitado por las condiciones topográficas y ambientales. Es el único servicio en el que no se genera el mensaje desde el sistema central.

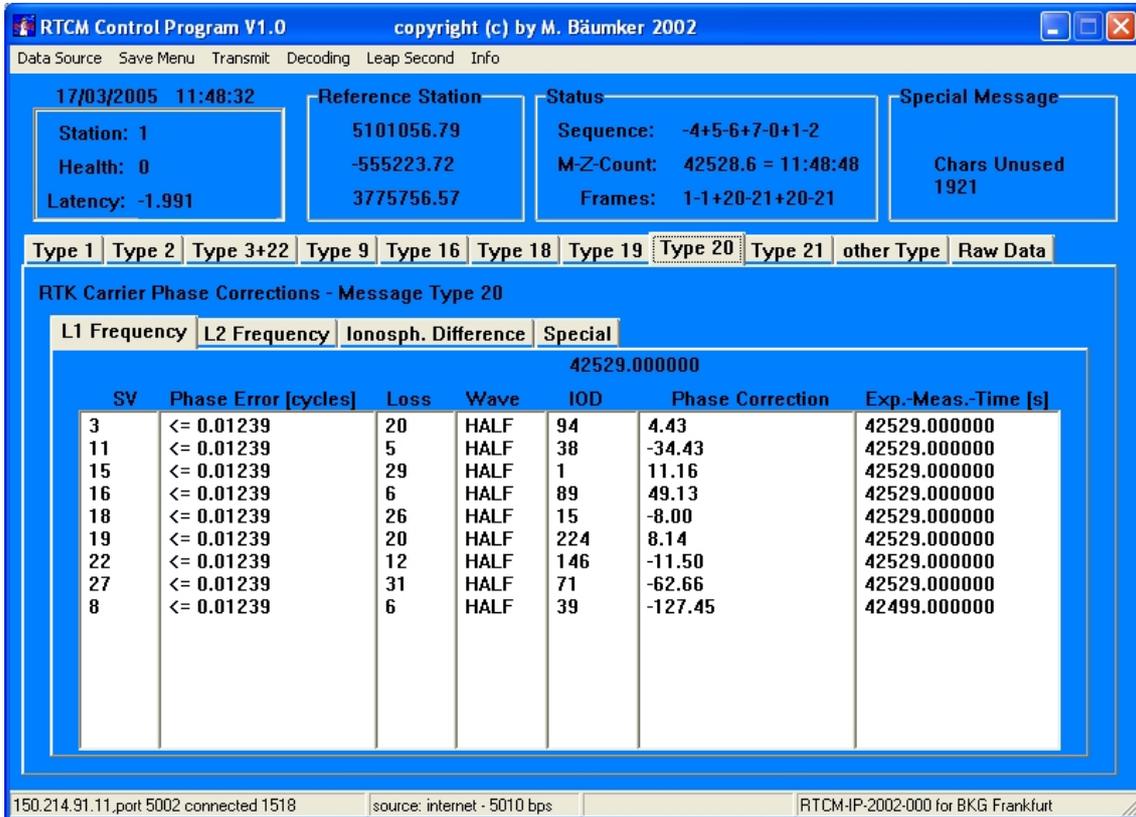


Figura nº 4: Acceso al sistema RAP-IP.

Estación de primer orden	Estación de segundo orden
GPS LEICA GRX1200Pro.	GPS LEICA GX1200.
Radio-Modem para envío de correcciones	No dispone.
RTK (servicio RAP-RTK).	
Antena geodésica tipo Choke-Ring.	Antena Geodésica
Conexión ADSL.	Conexión ADSL/telefonía
Estación meteorológica (Temperatura, humedad y presión).	No dispone.
Ubicación en capitales de provincia, edificios altos.	Ubicación en otros núcleos menores, preferiblemente en suelo.
Especificaciones IGS [2,9], EUREF [5].	Especificaciones EUREF.

Cuadro nº 2 : Principales diferencias de las estaciones de primer y de segundo nivel

3. Estructura de la RAP: Estaciones y sistema central.

Dentro de la estructura de la red podemos diferenciar dos bloques: las estaciones y el sistema de control. Además las estaciones se distinguen a su vez en estaciones de primer y segundo nivel, cuyas diferencias son la localización y la disponibilidad de un mayor número de accesorios y servicios (ver cuadro nº 2).

El número de estaciones GPS, cuando la red se halle plenamente operativa, será un total de 22, distribuidas entre 9 estaciones de primer nivel y 13 estaciones de segundo nivel. La composición técnica de cada una de las estaciones se muestra en la figura nº 5.

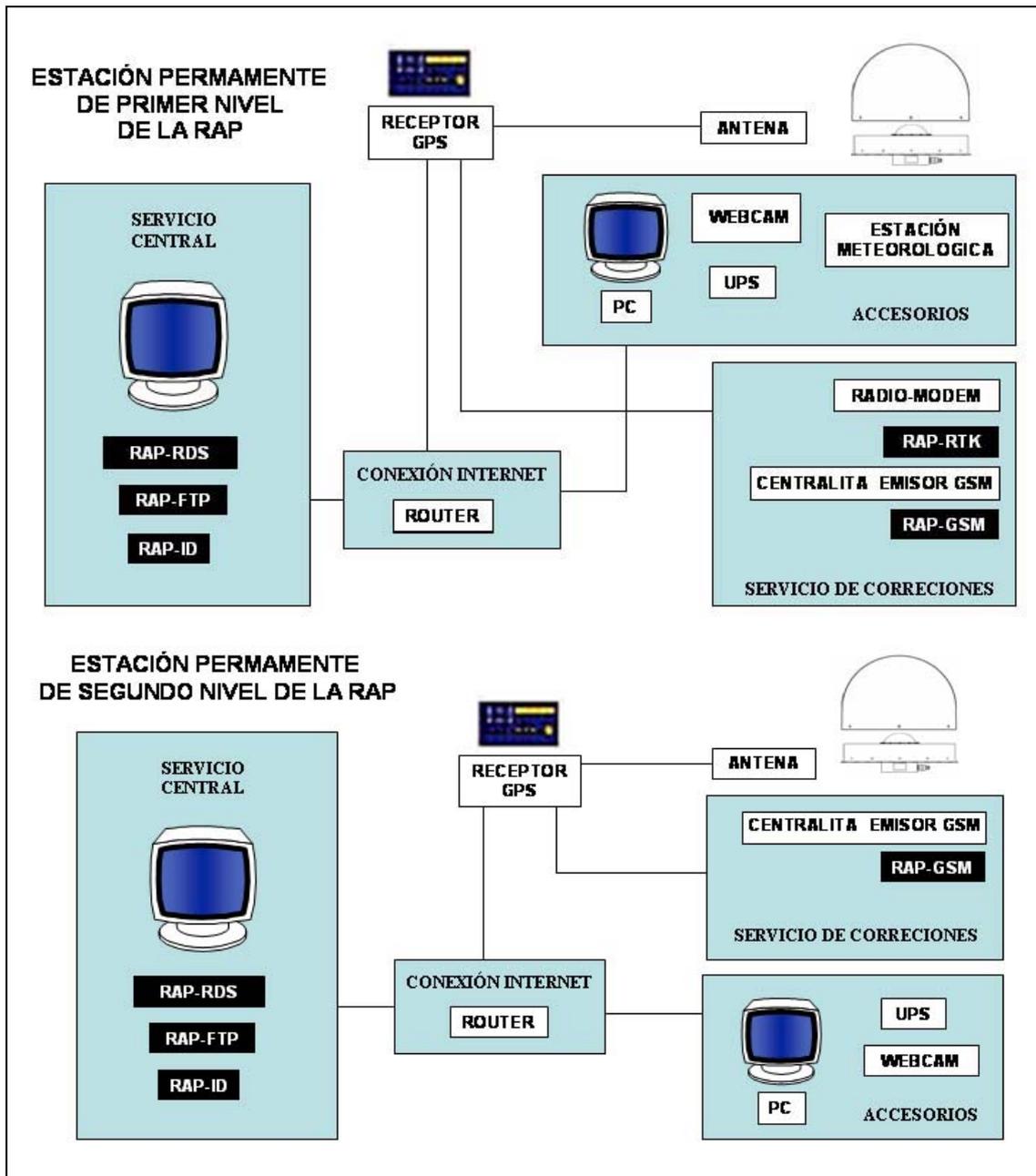


Figura nº 5. Componentes de las estaciones de primer y segundo nivel de la RAP.

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 los servicios de RAP-IP y RAP-GSM, envío del mensaje a codificar en Canal-Sur Radio en el servicio RAP-RDS y control de la RAP mediante el software Spider. El único sistema que no se genera desde el sistema central es el RAP-RTK por ser un sistema de correcciones locales.

4. Estado actual: Estaciones y servicios disponibles.

La implantación de la RAP comenzó con la instalación de las estaciones de primer nivel. Además de las funciones propias de una estación GPS, este nivel tiene como objetivo asegurar el envío de correcciones mediante el servicio RAP-RTK lo más lejos posible en las ciudades y en su periferia, de ahí que en la elección se hayan tenido en cuenta los edificios altos, además de la posibilidad de disponer de generadores propios que ayuden ante posibles cortes del suministro de luz. Estas dos premisas se dan en el caso de los Hospitales, de ahí que estos hayan sido una de las elecciones a tener en cuenta. De esta manera se han seleccionado para cuatro de las nueve estaciones de primer nivel hospitales de Huelva, Algeciras, Sevilla y Almería. Para Jaén y Cádiz los emplazamientos han sido las Universidades y en el caso de Granada el Instituto Andaluz de Geofísica. Los emplazamientos en las ciudades de Córdoba y Málaga están a la espera de que prosperen las conversaciones con algunos organismos públicos.

En esta primera fase lo más difícil no ha sido encontrar las ubicaciones idóneas o contactar con los representantes sino el procedimiento administrativo en forma de convenios de colaboración o permisos necesarios para poder disponer de un espacio y de una conexión a Internet punto a punto.

En la fecha actual la estación de Cádiz (UCAD) ubicada en la Facultad de Ciencias del Campus Río San Pedro de la Universidad de Cádiz está plenamente operativa (ver figura nº6) y las restantes se encuentran en fase de instalación. Las de Almería, Algeciras y Huelva se ubicarán en hospitales públicos pertenecientes a la Junta de Andalucía, en los que la Consejería de Sanidad ha facilitado su emplazamiento. Además la ubicación de tres estaciones más, la estación de Jaén (Edificio Domingo Savio, Universidad Politécnica), Granada (Instituto Andaluz de Geofísica) y Almería (Hospital Torrecárdenas) están casi cerrada a la espera de su instalación, quedando por decidir el emplazamiento final de las estaciones de Córdoba y Málaga.

Las estaciones de segundo orden están comenzando a ser diseñadas. Partiendo de las zonas previstas para los emplazamientos (obtenida por un análisis entre la topografía, la densidad de población y distancia adecuada entre estaciones) es necesario buscar las localizaciones idóneas intentando en lo posible cumplir con las exigencias de EUREF, además de que la mayoría de ellas se sitúen a pie de suelo para su empleo en aplicaciones de alta precisión en posicionamientos (Geodinámica).

Concluida la red, el Laboratorio de Astronomía y Geodesia realizará un cálculo preciso de la misma empleando el programa BERNESE v.4 [1], tras lo cual las coordenadas que se obtengan serán las definitivas y las que se incluirán en las reseñas de vértices, ficheros “site log”, así como en el propio instrumental y “software”.

A la hora de escribir este artículo se espera completar una unidad básica de estaciones (5) (Cádiz, Huelva, Algeciras, Jaén y Granada) para comenzar a ofrecer los servicios de correcciones en tiempo real RAP-IP con solución de red, que es quizá la corrección más novedosas y precisa que se va a servir.

En el diseño de la RAP han colaborado el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad de Jaén [15] y el Laboratorio de Astronomía y Geodesia de la Universidad de Cádiz [14].

The screenshot shows the website of the Instituto de Cartografía de Andalucía. The header includes the logo of the Junta de Andalucía and the Consejería de Obras Públicas y Transportes. The main content area features a navigation menu on the left with categories like PRODUCTOS, SERVICIOS, ATLAS, and DESCARGA. The central text provides details about the R.A.P. Red de Andaluza de Posicionamiento, including its start date (20/01/2005) and the services it offers (Rinex data, RTCM corrections). It also lists the coordinates and elevation of the reference station in Cádiz. At the bottom, there are three photographs showing the station's equipment and building, along with contact information for data access.

R.A.P. Red de Andaluza de Posicionamiento
20/01/2005
La Red Andaluza de Posicionamiento ha iniciado su implantación el 19 de Enero de 2005. Hasta su completa instalación, se irá proporcionando al usuario datos Rinex con intervalos de registro de 1 segundo, y correcciones RTCM, 2.3 (mensajes 1,2, 20 y 21) para poder obtener precisiones de hasta 1 cm.+1ppm.

ESTACION DE REFERENCIA GPS DE CADIZ
La Estación de referencia sita en Puerto Real está instalada sobre el tejado de la Facultad de ciencias de la Universidad de Cadiz cuyas coordenadas WGS84:

Latitud: 36° 31 ' 52.33156" N
Longitud: 6° 12' 42.82534" W
Altura Elipsoidal: 65.697 m.

Se están enviando correcciones RTCM 2.3, Mensajes 1,2, 20 y 21 en la dirección IP: 150.214.91.11 y en el puerto 5002

Acceso a los datos: Rinex a 5 segundos, ficheros de una hora, Observación, Navegación y metereologico

INSTITUTO DE CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA
Patio de Banderas, 14

Figura nº 6: Estación RAP UCAD.

6. Conclusiones y Aspectos futuros.

Cuando se comenzó este proyecto no existía en España ninguna red que ofreciera la corrección de red, tras casi un año de burocracia y unos comienzos difíciles el proyecto comienza a ser una realidad, aunque su fecha inicial de finalización de Julio de 2.005 ha tenido que ser retrasada a finales del mismo año debido a que la elección adecuada de emplazamientos obligaba a buscar

colaboración con otra entidades de la Junta, y esto pasa por más burocracia y muchísima colaboración y buena fe entre los distintos organismos.

A pesar de la ampliación de tiempo, la RAP seguirá siendo una red única en Europa y España y sus 22 estaciones constituirán un marco de referencia privilegiado en España.

Agradecimientos

Este proyecto no podría llevarse a cabo sin la colaboración de las instituciones (Universidades, Consejerías, Hospitales...) que se han mencionado a lo largo de este artículo, y a cuyos representantes de este proyecto en cada una de ellas agradecemos su gran ayuda.

Referencias (en orden alfabético)

- [1] Beutler, G., Brockmann, E., Dach, R., Fridez, P., Gurtner, W., Hugentobler, U., Johnson, J., Mervant, L., Rothacher, M., Schaer, S., Springer, T., Weber, R., (2000). *Bernese Software 4.2 Draft*. AIUB, Astronomical Institut of the University of Bern.
- [2] Beutler, G., Rothacher, M., Springer, T., Kouba, J. and Neilan, R. E. (1998). The International GPS Service (IGS): an interdisciplinary service in support of Earth Sciences. *32^o COSPAR Scientific Assembly, Nagoya (Japan)*.
- [3] Boucher, C. and Altamini, Z. (1996). International Terrestrial Reference Frame. *GPS World, V7-N9, disponible en <ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP>*
- [4]CAP. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca>
- [5] EUREF Permanent Network. <http://www.epncb.oma.be/>
- [6] Gurtner, W. (2002). RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.10. <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/data/format/rinex210.txt>
- [6] González Matesanz, F.J., weber, G., Celada, J., Dalda, A., Quirós, R. (2004). El proyecto EUREF-IP. Resultados con GPRS. *4^a Asamblea Hispano – Portuguesa de Geodesia y Geofísica*.
- [7]ICA. Instituto de Cartografía de Andalucía. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/cartografia>
- [8]IGN, Instituto Geográfico Nacional (2003). Proyecto RECORD (Radiodifusión Española de Correcciones Diferenciales). <http://www.geo.ign.es/servidor/geod/record/rtdgps.html>
- [9] IGS, International GPS Service. <http://igscb.jpl.nasa.gov>
- [10]Quintanilla, I., Berne, J.L., Bretos, J.J., Del Río, J. (2004). Estudio sobre transmisión de correcciones diferenciales GPS con GSM y GPRS. *4^a Asamblea Hispano – Portuguesa de Geodesia y Geofísica*.
- [11]Rebollo, J. F. (2000). La Red Española DGPS para la Navegación Marítima. *4^a Semana Geomática de Barcelona*.
- [12] Talaya, J., Bosch, E., Ortiz, M. A., Parareda, C. (2000). CATNET: Una Red de Estaciones GPS para el Posicionamiento Diferencial en Tiempo Real. *4^a Semana Geomática de Barcelona*.
- [13]Talaya, J., Mesa, J., Segarra, J., Colomina, I. (1997). El Sistema DGPS RASANT en Cataluña. <http://www.icc.es/rasant/adsr.html>
- [14]Universidad de Cádiz . <http://www2.uca.es/grup-invest/geodesia/paginas/presenta.html>
- [15]Universidad de Jaén . <http://cajal.ujaen.es/paginaW/PAGGPS/pagGPSprin/pagPrinPri.htm>