

DISEÑO, APLICACIONES INTEGRADAS Y RENDIMIENTO DE LA RED ACTIVA GPS/GNSS DE VALENCIA.

**Die Ramón, Javier; Esteso Moya, Elena;
Sáa González José M.; Capilla Romà, Raquel M.**
Instituto Cartográfico Valenciano,
Avda. Tarongers s/n
46022, Valencia, Spain

Palabras clave: redes GNSS, aplicaciones, integración, ERVA

RESUMEN

En el campo de los sistemas de Posicionamiento por Satélite GNSS, el desarrollo extendido a los ámbitos de Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía, e Ingeniería Civil, provoca que la comunidad de usuarios aumente la demanda de servicios más eficientes e infraestructuras adaptadas a la tecnología actual implantadas por las administraciones.

Ante este reto, los diferentes organismos autonómicos avanzan con la ampliación de sus redes geodésicas en forma de redes activas de estaciones permanentes GPS/GNSS. En el caso de la Comunidad Valenciana, se ha implantado muy recientemente la Red de Estaciones de Referencia de Valencia, denominada Red ERVA. El proyecto, impulsado y ejecutado por el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), está formado por estaciones que ocupan emplazamientos, dotados del equipamiento en hardware y software más avanzado.

Las estaciones permanentes GPS están configuradas para servir datos en tiempo real y en post-proceso a través de Internet y de las tecnologías de comunicación móvil desarrolladas. Actualmente, la red cubre prácticamente todo el territorio y se encuentra operativa desde el año 2005 para post-proceso y tiempo real. La densidad de estaciones GNSS permite aplicaciones muy diversas tanto en los campos de ingeniería civil, como en los procesos de producción cartográfica. En este póster se presenta las soluciones adoptadas en el diseño de la Red ERVA, las aplicaciones integradas junto con los tests de evaluación, y validación de resultados.

1 Introducción

La Red ERVA y la Red Geodésica de Cuarto Orden conforman actualmente la Infraestructura Geodésica de la Comunidad Valenciana. El proyecto de creación de una red de estaciones de referencia surge a finales de 2004 con el propósito de convertir a la Generalitat Valenciana en suministrador *on-line* de datos GPS obtenidos de manera continuada para aplicaciones post-proceso y tiempo real. Su característica principal es su adaptabilidad a las necesidades autonómicas en diferentes campos.

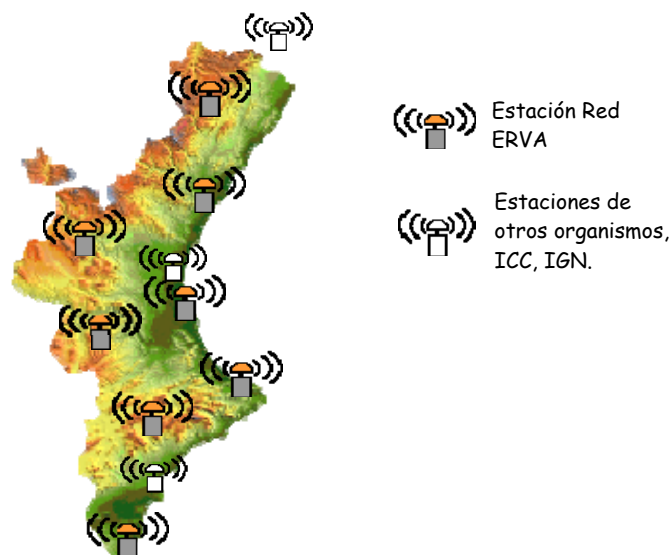


Figura 1: Distribución estaciones de referencia de la Red ERVA, Diciembre 2006

De este modo, con la creación de la Red ERVA se materializan diversos objetivos:

- Investigar acerca de la optimización en recursos y herramientas tecnológicas, para la productividad propia y/o autonómica en geodesia, cartografía o ingeniería.
- Densificar y optimizar el marco geodésico de referencia ETRS89 en la Comunidad Valenciana.
- Integrar la Red ERVA con las estaciones ya existentes en la Comunidad Valenciana pertenecientes a otras instituciones públicas y garantizar la máxima interoperabilidad con las estaciones permanentes de referencia GPS de las comunidades limítrofes.
- Aumentar la infraestructura geodésica autonómica de la Comunidad Valenciana, constituida ya por una red de 4º Orden tridimensional de más de 1500 estaciones pasivas.

2 Implantación de la red

Desde el año 2005, la red se encuentra difundiendo datos en tiempo real para DGPS/RTK y post-proceso. Las actuaciones llevadas a cabo recientemente consisten en la densificación de la red por el interior de la Comunidad Valenciana, la evaluación de alternativas para la puesta en funcionamiento de servicios redundantes con otras estaciones existentes en la zona pertenecientes al IGN e integradas en EUREF y la interoperabilidad con las redes GNSS de comunidades autónomas limítrofes.

En cuanto a las características de los equipos instalados en el proyecto, se cuenta con el siguiente equipamiento:

- En torno al 50% de las estaciones están dotadas de antenas *Choke Ring*.
- Nueva monumentación de hormigón o monumentación sobre mástiles o semi-torretas anclados en hormigón.
- Garantía de permanencia.
- Sistema de alimentación configurado con protocolo de alertas que se transmiten vía e-mail al Centro de Control en el caso de fallo y conmutación a la fuente de alimentación secundaria.
- Sistema redundante de almacenamiento *in situ* de datos crudos y RINEX.



Figura 2: Estaciones ERVA.



Figura 3: Monumentación.

Con respecto a la solución en ETRS89, dentro de los trabajos de control geodésico continuo de la red es imprescindible llevar a cabo un cálculo y ajuste periódico, obteniendo soluciones constreñidas a estaciones ya existentes en la Comunidad Valenciana y fuera de ella pertenecientes a otras instituciones (IGN, ICC), que se encuentran dentro de los marcos geodésicos definidos por EUREF e IGS. La periodicidad del cálculo permite obtener un análisis de la repetibilidad en coordenadas de las estaciones permanentes de la red.

Simultáneamente, con la instalación de nuevas estaciones, se han efectuado campañas de reobservación de parte de la red geodésica autonómica en un radio de 20-30 km en torno a cada estación nueva, con el fin de incorporar

las observaciones al ajuste en bloque tridimensional de la red geodésica en ETRS89, y optimizar los resultados de la infraestructura geodésica autonómica.

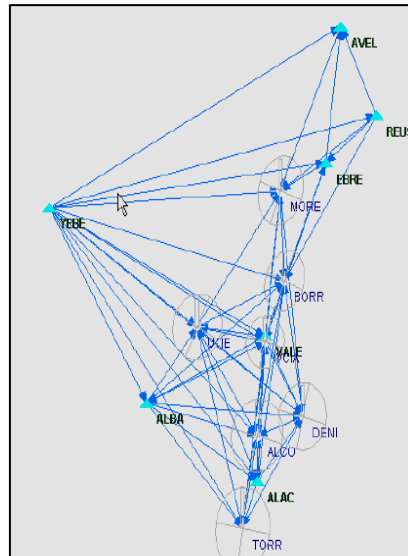


Figura 4: Compensación ETRS89 de ERVA, constreñida a estaciones EUREF, IGS, pertenecientes al Institut Cartogràfic de Catalunya y al Instituto Geográfico Nacional

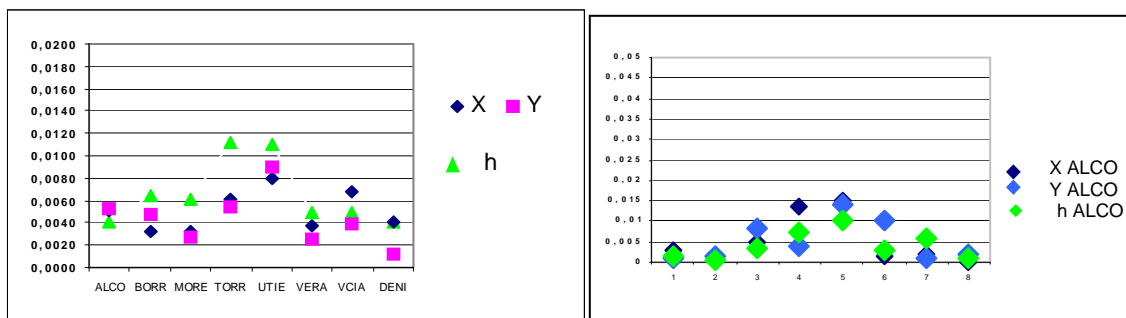


Figura 5: Media de la repetibilidad en coordenadas en ETRS89 (m).

3 Transporte de Datos GNSS

Dentro de la complejidad del proyecto, se muestra en el póster un aspecto importante en la implantación de la red: la adopción de una solución adecuada de acceso remoto a las estaciones permanentes GPS para el transporte de datos. Se ha llevado a cabo una investigación sobre las alternativas posibles, y la elección se ha realizado en función de las necesidades de disponer de un enlace que cumpla los siguientes requisitos:

- ✓ Transporte de datos fiable y acorde con las condiciones de seguridad impuestas por las redes corporativas.
- ✓ Con bajos valores de latencia para posterior uso en tiempo real.
- ✓ De integridad garantizada y estable las 24 horas.
- ✓ Coste asequible en las conexiones de red y su posterior mantenimiento.

Todo ello ideado para permitir su monitorización continua, la publicación de datos RINEX en tiempo *quasi-real* y para su empleo posterior en las aplicaciones DGPS/RTK.

Para algunas de las nuevas estaciones se han instalado puntos de red dedicados, con control total, por parte de los administradores de la red, sobre el router de acceso. En el caso en que se pudiera aprovechar la red corporativa existente, se evaluaron diferentes soluciones con el fin de preservar la seguridad de la intranet corporativa. Entre ellas, se ha seleccionado un enlace por VPN [8]. La esencia del enlace mediante VPN (*Virtual Private Networks*) reside en que se crea diversos túneles privados a través de la red Internet pública, para conectar el centro de control (ICV) con las estaciones GPS. En estos túneles, el tráfico viaja protegido a través de una red corporativa virtual, utilizando las conexiones de red existentes y la red pública para el transporte privado de datos.

Las VPN pueden utilizar sistemas basados en hardware o en software, que resultan apropiados donde los dos puntos a conectar (estación GPS – centro de control) no están controlados por la red corporativa de la misma institución, o existen en medio diferentes *firewalls* no pertenecientes al centro de control que monitoriza las estaciones, y que suponen limitaciones a la hora de tener acceso por determinados puertos y protocolos. A través de una VPN se *securiza* la comunicación y se minimizan los costes de instalación y mantenimiento en conexiones de red dedicadas.

En circunstancias de congestión de la red, el tráfico que viaja a través del túnel sufre en menor proporción la pérdida de paquetes IP procedentes de estaciones, que si tuviera que atravesar diversos Firewalls realizando NAT's (*Network Address Translation*), por lo tanto el rendimiento en el transporte de datos es mejor. El hecho de que la información viaje encriptada no supone ningún retardo posterior en la latencia de correcciones diferenciales GPS. Muestra de ello, ha sido la comprobación efectuada, con VPN y sin ella, con diferentes protocolos (UDP – TCP – IPSEC/TCP -IPSEC/UDP ..) y utilizando una estación GPS temporal instalada en el mismo centro de control (ICV) que se ha tomado como referencia de latencia nula.

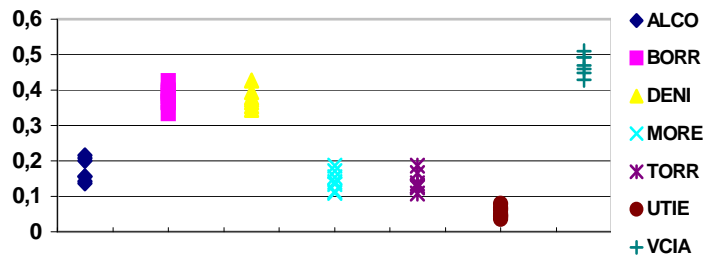
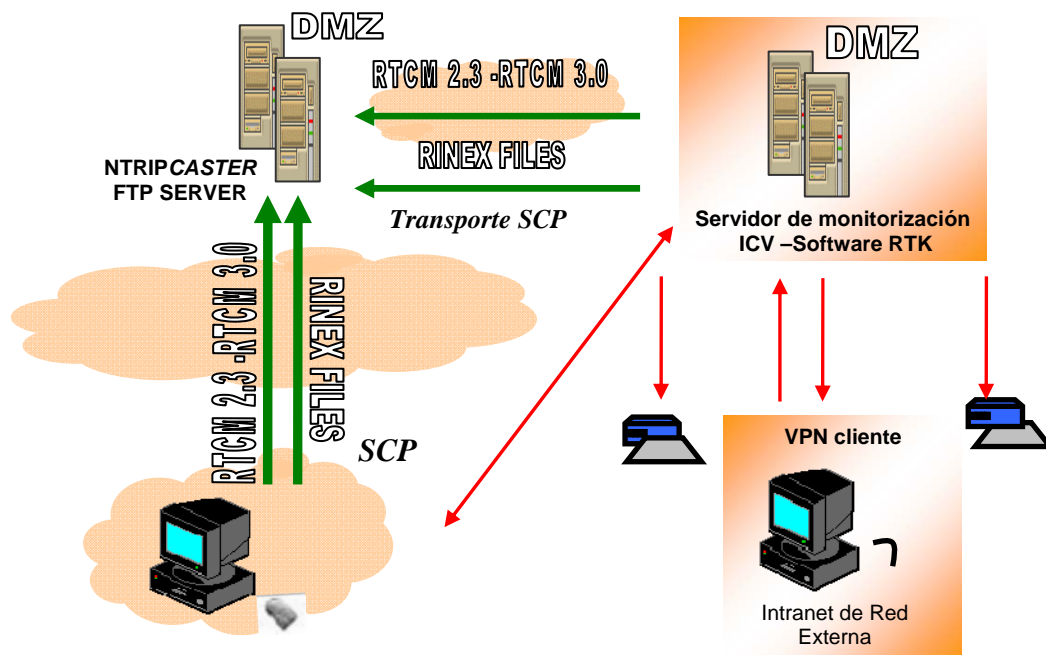


Figura 6: Latencias medias en el flujo de datos en tiempo real (segundos).

4 Arquitectura de servidores de monitorización y proveedores de datos en tiempo real y post-proceso

Más allá de la solución puramente comercial que ofrecen los softwares actuales de monitorización de redes GNSS de fabricantes, los servidores de la Red ERVA ejecutan desarrollos y *scripts* propios en la generación y publicación de archivos. A modo de ejemplo, parte de la plataforma de publicación de datos corre bajo el sistema operativo LINUX Suse, con APACHE TOMCAT, servidor de páginas *jsp*, y servidor ftp tipo vsftp. Se utilizan modos seguros de transferencia de archivos tipo *SCP*, (*Secure Copy*), y encriptaciones tipo *ssh*, para operaciones de gestión y administración sobre los datos del servidor público.

Las transferencias *SCP* de ficheros hacia el servidor público de datos, favorecen una arquitectura totalmente modular de servidores como es el caso de la Red ERVA, puesto que permiten la transferencia segura de datos RINEX, directamente desde algunas estaciones hasta el servidor público sin depender exclusivamente del servidor de monitorización, correspondiendo a éste las funciones de control y aviso de alertas, entre otras.



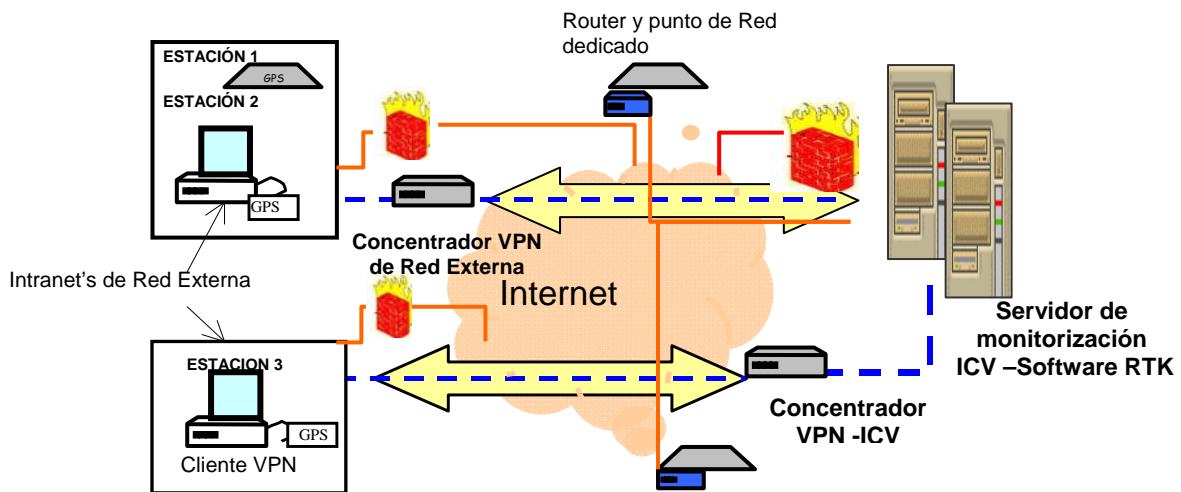


Figura 7: Esquemas del transporte de datos y arquitectura.

De este modo, con las soluciones elaboradas por el ICV, se ha conseguido implementar una arquitectura modular y jerarquizada, de estaciones GNSS, servidores de monitorización y publicación de datos, que elimina las limitaciones que presentan las soluciones comerciales de monitorización de estaciones permanentes, a la hora de elegir entre distintos transportes de datos, encriptaciones de los paquetes IP desde las estaciones y trabajar sobre diferentes sistemas operativos.

El sistema de gestión y monitorización remota diseñado por el ICV para la red ERVA, se encuentra instalado y configurado en el Instituto Cartográfico Valenciano. A través de diferentes aplicaciones, se gestiona las estaciones de referencia GPS, así como todo el hardware complementario. El centro de control, consta de un segundo servidor redundante que reemplazaría al anterior en caso de fallo del servidor principal. La operatividad e integridad del servidor de monitorización queda garantizada por ser accesible para los administradores de la red a través de conexiones tipo VPN externas con la intranet del ICV, que permite con la autenticación que marcan las directivas de seguridad, realizar cualquier operación remota de mantenimiento y monitorización del funcionamiento.

Las funciones para proveer correcciones GNSS en tiempo real, las realiza un segundo servidor configurado como *caster*, emitiendo ya correcciones en el estándar RTCM, (versiones 2.3- 3), de múltiples llamadas simultáneas via GPRS (*General Packet Radio Service*), que utilizan el protocolo NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*).



Figura 8: Caster de la Red ERVA

Un requisito fundamental para todo servicio de este tipo, y más aun para asegurar la integridad y disponibilidad del sistema en tiempo real, es establecer los mecanismos para alertar a los usuarios del estado de la red. Para ello, es necesario registrarse, de manera que actualmente se proporcionan correcciones de código y fase RTK con protocolo NTRIP únicamente a clientes autenticados mediante asignación de usuario y *password* de grupo.

5 Servicios DGPS/RTK de la Red

5.1 Servicios DGPS/RTK de la Red.

El modelo de correcciones de red RTK evaluado en la red ERVA, ha servido para examinar la respuesta del sistema VRS en posicionamiento en tiempo real en cualquier punto de la Comunidad. En tiempo real y a través de algoritmos ejecutados en el servidor de monitorización, se estiman errores sistemáticos inherentes a la señal GPS, debidos a la troposfera, la ionosfera y las efemérides radiodifundidas. Para ello el procesador de red RTK se vale, entre otras cosas, de la solución orbital ultrarrápida del *IGS (International GPS/GNSS Service)*, descargada de manera automatizada por Internet.

Los resultados en tiempo real están proporcionando ya un posicionamiento preciso en el acto del orden de 2–3 centímetros. Se desglosa un resumen de precisiones y tiempos de inicialización como muestra en los gráficos incluidos en el póster presentado. Los análisis de la precisión obtenida en tiempo real proceden de mediciones realizadas sobre datos precisos de control de la Red Geodésica de Cuarto Orden compensada en ETRS89:

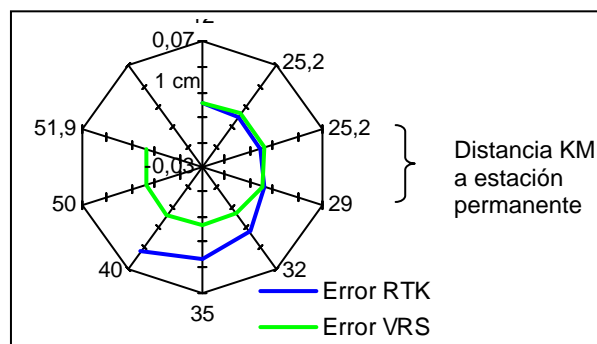
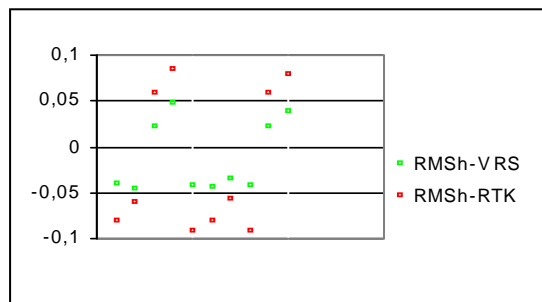


Figura 9 y 10: Evolución error 3D en tiempo real y mejora en la componente h (m).



Si bien, la mejora en la componente vertical es apreciable, se debe considerar la aplicación de un modelo de geoide en aplicaciones en tiempo real. Para solucionar esta problemática, y optimizar los resultados en la componente altimétrica se puede incorporar un modelo de Geoide apto para la zona e implementar algún software de interpolación de ondulaciones del geoide para dispositivos móviles, bien tipo PDA, o soportados por controladores GPS.

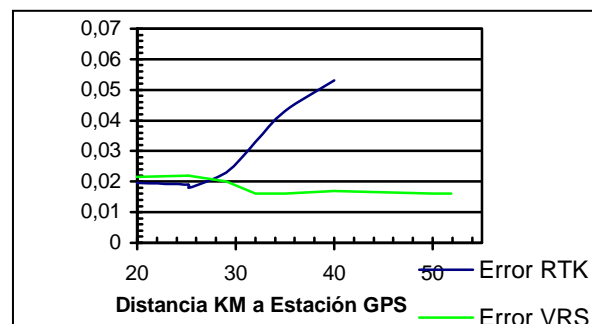


Figura 11: Evolución error 3D RTK –VRS (m)

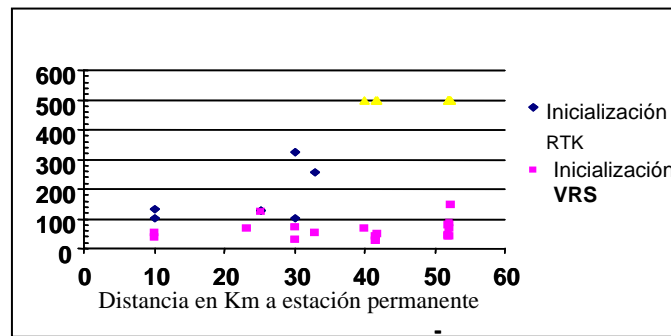


Figura 12: Tiempos de inicialización RTK –VRS (segundos)

5.1.1 Implantación de repetidores para zonas fuera de cobertura GPRS/3G

De manera puntual, puede existir una limitación a la hora de extender los servicios en tiempo real a zonas con poca cobertura para transmisión de datos GPRS. Para evitar este problema se han testeado repetidores estáticos a modo de radio-enlace en aquellas zonas con problemas para enlaces por telefonía móvil. Al contrario que otros repetidores móviles existentes ([2]), que implican llevar un dispositivo adicional más por parte del operador de campo, dejarlo en una zona con cobertura GPRS para que reciba las correcciones del servidor *-caster* y posteriormente difundirlas vía UHF, la solución que se pretende adoptar es mucho más sencilla. Las características de este repetidor son las siguientes:

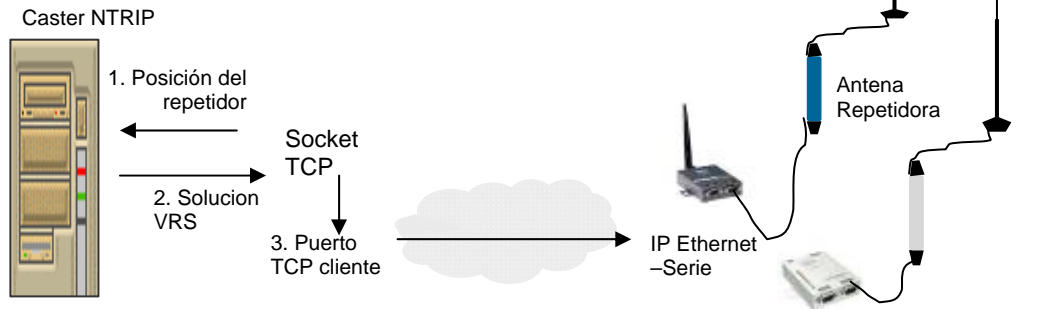
- El repetidor está conectado a Internet permanentemente, posibilitando monitorizar desde el centro de control su *status*.
- Proporciona una alternativa eficiente y segura para el envío de correcciones RTCM a los usuarios y no supone una carga de dispositivos adicionales al operador de campo. Su instalación es fija y no depende de la parte cliente, que solo debe incorporar la radio interna del GPS móvil.
- Aprovecha aun más la infraestructura de estaciones permanentes, eliminando el problema de carencia de cobertura GPRS en determinadas áreas.

Para ello se han evaluado diferentes posibilidades:

-Un repetidor estático basado en un dispositivo (PC), conectado a internet bien con ADSL, GPRS o a través de líneas RTB. El PC consta de un software cliente NTRIP y efectúa una conexión al servidor *-caster*. El cliente NTRIP redirecciona las correcciones RTCM por una salida desde el PC por RS232 o desde USB a RS232 hasta la radio. Adicionalmente, en el cliente NTRIP se pueden introducir las coordenadas exactas de ese repetidor determinadas previamente de manera que le llegue una solución tipo VRS o de correcciones de red para ese punto.

-Un repetidor estático basado en una radio –repetidora GPS únicamente, conectada a un dispositivo conversor de Ethernet a puerto Serie RS232. De esta manera, el centro de control y en concreto el servidor *-caster* es el que efectúa la conexión hacia el repetidor y es el que transmite el flujo de correcciones en el estándar RTCM a la dirección IP correspondiente al conversor de Ethernet a RS232 conectado a la radio.





Figuras 13 y 14 : Conexión repetidor.

Para ello, en el mismo servidor-*caster* para tiempo real, el flujo de correcciones seleccionado para emitir desde el repetidor remoto, se vincula a un socket del localhost que a su vez se redirecciona a la IP del repetidor. Mediante un cliente NTRIP instalado en el mismo servidor *caster*, este flujo de correcciones (Solución de Red) se puede generar para la localización del repetidor en el área de influencia de un *Cluster* de estaciones o subconjunto de la red.

6 Perspectivas actuales y futuras de la Red.

Dada la demanda existente de este tipo de infraestructura, aunque la red operativa cubre las áreas de más demanda, está en marcha su densificación por el interior y la puesta en funcionamiento de nuevos servicios a través de la interoperabilidad con otras redes, para proporcionar mayor redundancia a la solución.

El registro de usuarios y asignación de usuario y *password* de grupo llevado a cabo desde que se pusieron los servicios operativos, permite obtener y analizar datos acerca de la integración actual de los servicios en diferentes aplicaciones, reflejando en los gráficos presentados la demanda del sistema en la Comunidad Valenciana.

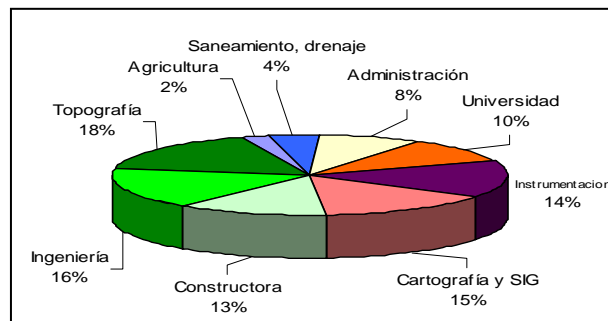


Figura 15 y 16: Diciembre 2006- Usuarios de la Red ERVA tiempo real y post-proceso por sectores

En cuanto a las aplicaciones de los servicios en tiempo real, si bien utilizando el servicio de correcciones modeladas de red se obtienen precisiones optimizadas en cualquier punto de la Comunidad Valenciana, independientemente de la distancia a la estación, se encuentra en curso la posibilidad de proporcionar una herramienta que permita la interpolación en tiempo real en un modelo de Geoide para la Comunidad Valenciana y la implantación de repetidores en zonas fuera de cobertura GPRS para DGPS/RTK.

7 Agradecimientos

La ejecución de la Red ERVA ha sido posible gracias a la autorización y soporte de diversos Organismos de la Comunidad Valenciana en la elección de las ubicaciones. Nuestro especial agradecimiento a la Diputación y Consorcios de Castellón, Conselleria de Sanidad, Conselleria de Infraestructuras y Transportes, EPSAR, al Ayuntamiento de Denia y al Ayuntamiento de Ayora. Por último, mencionar a José Gaspar y Xavier Calaf por la labor desempeñada en la monitorización de la red recién implantada.

REFERENCIAS

- [1] Cruz R. (2004): "Redes de Comunicación de banda ancha", Ed. Cap. 5.
- [2] Crudacce P. (2006): "Repeater Device –Special communication solution for the field." Ordnance Survey. Munich, Mayo 2006.

- [3] Dettmering D, Weber G (2004): “The Euref Ntrip broadcaster real-time GNSS data for Europe”, Federal Agency for Cartography and Geodesy , BKG, Frankfurt, IGS 2004 Workshop, Bern, March 1-5.
- [4] González Matesanz J, Quirós R, Cano M., Dalda A. (2004): “Posicionamiento GPS en tiempo real a través de Internet. EUREF-IP.” Topcart 2004, Octubre Madrid.
- [5] González Matesanz J, Weber G, Celada J, Quirós R, Dalda A. (2004): “El proyecto EUREF-IP. Resultados con GPRS”, 4ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Figueira da Foz , Portugal , pags: 503-504.
- [6] Kremer J (2006): “System calibration of aerial camera/GPS/IMU systems – procedures and experiences.” EuroCow 2006.
- [7] Landau, H, Vollath U, Chen X. (2002): “Virtual Reference Station Systems”, Journal of Global Positioning Systems. Vol. 1, nº 2: 137-143
- [7] Millner, J, Hale M., Standen P, Talbot N. (2004) :”The development and enhancement of GNSS/GPS infrastructure to support Location Based Service Positioning Systems in Victoria”,International Symposium on GNSS/GPS, Sydney Australia.
- [8] Pérez Iglesias S (2001): “Análisis del protocolo IPSEC: el estándar de seguridad en IP”, Comunicaciones de telefónica I+D. Num 23, Noviembre 2001, Pags 51-64.
- [9] Skaloud J (2006): “Reliability of Direct Georeferencing”,EPFL, Switzerland, EuroSDR Comission 1: Sensors, Primary Data, Acquisition and Georeferencing.