



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén

Evaluación del posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local: caso de estudio en el Este de la Península Ibérica

Autor: Antonio Agustín Bou

Grado: Ingeniería Geomática y Topográfica

Fecha: 03/06/2024

Licencia CC





Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría

M. Selmira Garrido Carretero, tutora del TFG titulado “EVALUACIÓN DEL POSICIONAMIENTO GNSS BASADO EN UNA RED ACTIVA DE CARÁCTER LOCAL: CASO DE ESTUDIO EN EL ESTE DE LA PENINSULA IBÉRICA” que presenta el estudiante Antonio Agustín Bou, autoriza su presentación para su defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, junio de 2024

El alumno:

Fdo: Antonio Agustín Bou

La tutora:

Fdo: M. Selmira Garrido Carretero

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Métodos de posicionamiento GNSS:

3.1.1. Posicionamiento relativo con postproceso.

3.1.2. Posicionamiento diferencial en tiempo real con base única (RTK).

3.1.3. Posicionamiento diferencial en tiempo real con solución de red (NRTK).

3.2. Redes GNSS permanentes activas.

3.2.1. Red de estaciones permanentes GNSS del IGN (ERGNSS).

3.2.2. Red Geodésica de Estaciones de Referencia de Valencia (ERVA).

4. METODOLOGÍA E INSTRUMENTACIÓN

4.1. Descripción de estaciones permanentes GNSS, bases y puntos de control.

4.2. Fases de trabajo:

4.2.1. Fase 1: Establecimiento de bases de referencia.

4.2.2. Fase 2: Determinación de puntos de control.

4.2.2.1. Fase 2A: Solución RTK con base única.

4.2.2.2. Fase 2B: Solución NRTK (ERVA) VRS y Única.

4.3. Instrumentación empleada.

4.4. Software de procesado GNSS.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Fase 1: Coordenadas de bases de referencia.

5.2. Fase 2: Coordenadas de puntos de control:

5.2.1. Fase 2A: Solución RTK con base única.

5.2.2. Fase 2B: Solución NRTK (ERVA).

5.3. Comparativa de soluciones RTK – NRTK en puntos de control.

6. CONCLUSIONES

7. BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA

ANEXO A LA MEMORIA

Reseñas de bases y puntos de control.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Estaciones de referencia red la red GNSS del IGN.....	211
Fig. 2: Estaciones de referencia de la red ERVA.	222
Fig. 3: Diagrama con las fases del trabajo.....	233
Fig. 4: Localización de la estación VCIA.....	244
Fig. 5: Ubicación sobre pilar de la estación VCIA.	255
Fig. 6: Localización de la estación VALE.....	¡Error! Marcador no definido.5
Fig. 7: Ubicación de la estación VALE.	2626
Fig. 8: Líneas base entre la base PATE y las estaciones VCIA y VALE.	277
Fig. 9: Líneas base entre la base PAIP y las estacones VCIA y VALE.....	¡Error! Marcador no definido.8
Fig. 10: Receptor GNSS Leica modelo GS18T.....	¡Error! Marcador no definido.2
Fig. 11: Especificaciones técnicas del Receptor GNSS GS18T.	333
Fig. 12: Jalón de fibra de carbono GLS30.	344
Fig. 13: Trípode de pinza.....	344
Fig. 14: Clavo Geopunt para la materialización de puntos en terreno.....	345
Fig. 15: Base nivelante para la nivelación de la antena GNSS en estático.	345
Fig. 16: Página web ICV para la descarga de RINEX para VCIA.	346
Fig. 17: Herramienta en Leica Infinity para la descarga de RINEX.....	347
Fig. 18: Dirección Web del NGS para la descarga de efemérides.	347
Fig. 19: Descarga de de calibracion de antenas desde Leica Infinity.	¡Error! Marcador no definido.8
Fig. 20: Herramienta en Leica Infinity para la descarga de efemérides precisas.....	348
Fig. 21: Importación y unión de datos Rinex.....	349
Fig. 22: Importación de las observaciones PATE, PAIP, VALE y VCIA.....	340
Fig. 23: Configuración de los parámetros para el procesado de los datos.	340
Fig. 24: Configuración de estrategia para el procesado de los datos.	341
Fig. 25: Selección de antenas actuando como Fijo y Rover.	342
Fig. 26: Procesamiento y análisis para el cálculo.	343
Fig. 27: Coordenadas ETRS89 calculadas PATE y PAIP.	343
Fig. 28: Representación gráfica de PATE y PAIP.....	344
Fig. 29: Informe de línea base para PATE.	345
Fig. 30: Informe de procesamiento para PATE.	346
Fig. 31: Informe de línea base para PAIP.....	348
Fig. 32: Informe de procesamiento para PAIP.	349

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas calculadas para PATE.....	48
Tabla 2: Coordenadas calculadas para PAIP.	341
Tabla 3: Coordenadas Cartesianas para los puntos de control desde PATE.....	342
Tabla 4: Coordenadas Geodésicas para los puntos de control desde PATE.	¡Error! Marcador no definido.3
Tabla 5: Coordenadas UTM y H para los puntos de control desde PATE.	54
Tabla 6: Coordenadas Cartesianas para los puntos de control desde PAIP.	¡Error! Marcador no definido.6
Tabla 7: Coordenadas Geodésicas para los puntos de control desde PAIP.	347
Tabla 8: Coordenadas UTM y H para los puntos de control desde PAIP.....	58
Tabla 9: Coordenadas Cartesianas para puntos de control desde VCIA.....	60
Tabla 10: Coordenadas Geodésicas para puntos de control desde VCIA.....	61
Tabla 11: Coordenadas UTM y H para puntos de control desde VCIA.	62
Tabla 12: Coordenadas Cartesianas para los puntos de control desde VRS.....	344
Tabla 13: Coordenadas Geodésicas para los puntos de control desde VRS.	345
Tabla 14: Coordenadas UTM y H para los puntos de control desde VRS.....	¡Error! Marcador no definido.6
Tabla 15: Comparativa y diferencia de coordenadas Cartesianas entre la solución 1-2.	349
Tabla 16: Comparativa y diferencia de coordenadas Proyectadas entre la solución 1-2.	70
Tabla 17: Comparativa y diferencia de coordenadas Cartesianas entre la solución 1-3.	71
Tabla 18: Comparativa y diferencia de coordenadas Proyectadas entre la solución 1-3.	342
Tabla 19: Diferencias de coordenadas comparando ambos métodos 1-2 y 1-3.....	73

1. INTRODUCCIÓN

El posicionamiento cinemático en tiempo real, más conocido por sus siglas en inglés, RTK (Real Time Kinematic), es una técnica de posicionamiento GNSS (Global Navigation Satellite System) muy utilizada en trabajos geomáticos, ya que permite lograr un posicionamiento preciso al nivel de centímetro o incluso mejor. Con el desarrollo de los sistemas de comunicación y los protocolos de transferencia de datos GNSS por internet (NTRIP), la transmisión de datos desde la base al móvil no depende únicamente de la comunicación por radio, que hasta ahora restringía considerablemente la longitud de la línea de base entre la estación base y el equipo móvil en la aplicación del posicionamiento RTK convencional con enlace vía radio. Si se dispone de conexión a Internet, la solución RTK, basada en una red de estaciones GNSS permanentes, puede considerarse como una técnica alternativa al RTK convencional, especialmente para líneas de base medias y largas.

El uso de receptores GNSS junto con los métodos de posicionamiento apropiados, facilita la realización de los trabajos topográficos en cada uno de los proyectos en los que se emplea. Esta técnica se utiliza en diversas aplicaciones, como, por ejemplo, levantamientos topográficos para la recopilación de datos precisos, seguimiento de obras en construcción, control de obras existentes, monitorización de deformaciones y desplazamientos en áreas sensibles, etc.

Tras el aumento de trabajos que requieren de apoyo topográfico en las zonas de actuación de Paterna y Paiporta, próximas a la ciudad de Valencia, se crea la necesidad de disponer de varios puntos de coordenadas conocidas (bases y puntos de control) que faciliten y ayuden a la elaboración de estos proyectos, garantizando a su vez las precisiones de carácter centimétrico, o incluso subcentimétrico, requeridas en las distintas fases de proyecto. Estos puntos se encuentran distribuidos de forma que abarcan toda la zona de actuación de los trabajos.

En este trabajo final de grado (TFG) se plantea un posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local, con cobertura en el Este de la

Península como zona de interés de diversos trabajos topográficos, aplicando un posicionamiento GNSS en modo relativo con postproceso y un posicionamiento diferencia en tiempo real o RTK. En cuanto a este último procedimiento de observación, cada uno de los puntos de control empleados se ha observado considerando distintas soluciones RTK. Por un lado, una solución RTK convencional, con enlace vía radio para la recepción de correcciones diferenciales desde el equipo GNSS que actúa como base de referencia, las otras corresponden a soluciones de red RTK apoyadas en la red ERVA del ICV, mediante una conexión a través de internet empleando el protocolo NTRIP. La disponibilidad de varias soluciones RTK, procedentes de series de observación en cada uno de los puntos de control considerados, permiten realizar una evaluación del posicionamiento RTK en esta zona.

Las bases de referencia instaladas están ubicadas en la población de Paterna y en la población de Paiporta, ambas en la Comunidad Valenciana. La implantación de estas bases garantiza la cobertura y alcance de radio para trabajar aplicando la técnica RTK convencional en obras de las zonas de actuación, ofreciendo una solución precisa y estable aún en ausencia de conexión a internet.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este TFG es diseñar y aplicar un proceso de evaluación del posicionamiento GNSS a partir de redes activas de carácter local de aplicación en el Este de la Península Ibérica.

Otro objetivo complementario es revisar el estado actual de las redes de estaciones permanentes GNSS de carácter activo en la región de estudio, incluyendo sus características, su infraestructura y sobre todo, los servicios que ofrecen para el posicionamiento GNSS, tanto en tiempo real como en post-proceso.

Con todo ello se pretende aplicar una metodología para la evaluación del posicionamiento GNSS en tiempo real, considerando un posicionamiento RTK convencional (con radio) y un posicionamiento RTK con solución de red con sus diferentes tipos de soluciones (con conexión NTRIP).

Ademas se seleccionará y revisará la instrumentación topográfico-geodésica y material auxiliar necesario para llevar a cabo esta evaluación.

3. MARCO TEÓRICO

Con el fin de enmarcar este trabajo, a continuación se describen los diferentes métodos de posicionamiento GNSS.

3.1. Métodos de posicionamiento GNSS

Los métodos de posicionamiento GNSS se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios. Generalmente se clasifican según el observable (código o fase), en función del tipo de solución (absoluto o relativo), en función del movimiento o no del receptor (estático o cinemático) o según el momento en el que se efectúa el cálculo de la solución (postproceso o tiempo real).

3.1.1. Posicionamiento relativo con postproceso

El objetivo del posicionamiento relativo es la determinación del vector que une dos puntos, A-base y B-rover, donde uno de ellos se establece como “fijo” (base). Por tanto, con el posicionamiento relativo se calculan las coordenadas de uno o más receptores con relación a un receptor fijo, cuyas coordenadas se suponen conocidas con precisión. Con este método de posicionamiento, basado en el modelo de las dobles diferencias, los errores debidos a los estados de los relojes, efemérides y a los efectos atmosféricos quedan reducidos al poder correlacionar las observaciones realizadas de manera simultánea entre receptores. La precisión con este método alcanza el orden centimétrico o incluso, subcentimétrico.

Si se tienen varios receptores efectuando medidas a un mismo satélite s en una misma época t , se obtiene lo que se conoce como “simple diferencia”. Las simples diferencias pueden corresponder tanto a observaciones de código como de fase:

- Simple diferencia en observaciones de códigos:

$$P_{AB}^s(t) = P_A^s(t) - P_B^s(t)$$

$$P_{AB}^s(t) = \rho_{AB}^s(t) + I_{AB}^s(t) + T_{AB}^s(t) + c (dt_A(t) - dt_B(t))$$

- Simples diferencia en observaciones de fase:

$$L_{AB}^s(t) = L_A^s(t) - L_B^s(t)$$

$$L_{AB}^s(t) = \varphi_{AB}^s(t) + \lambda N_{AB}^s(t) - I_{AB}^s(t) + T_{AB}^s(t) + c(dt_A(t) - dt_B(t))$$

Desaparece el término relativo al offset del oscilador del satélite, pero no del receptor. La manera de eliminar esto es con las “dobles diferencias”. En esta ocasión, dos receptores a y B efectúan medidas a dos satélites diferentes I y J en una misma época t, pudiendo formular:

- Doble diferencia de códigos:

$$P_{AB}^{IJ}(t) = P_{AB}^I(t) - P_{AB}^J(t)$$

$$P_{AB}^{IJ}(t) = \varphi_{AB}^{IJ}(t) + I_{AB}^{IJ}(t) + T_{AB}^{IJ}(t)$$

- Doble diferencia de de fases:

$$L_{AB}^{IJ}(t) = L_{AB}^I(t) - L_{AB}^J(t)$$

$$L_{AB}^{IJ}(t) = \varphi_{AB}^{IJ}(t) + \lambda N_{AB}^{IJ}(t) - I_{AB}^{IJ}(t) + T_{AB}^{IJ}(t)$$

Las “triples diferencias” se obtienen al sustraer dos dobles diferencias en dos épocas muy próximas entre sí. En este caso eliminan los términos de N al ser prácticamente iguales y lo mismo ocurre con el efecto atmosférico (Berné et al., 2023).

El proceso de cálculo del vector tridimensional que une los puntos A y B o línea base incluye el establecimiento de un sistema de ecuaciones de triples diferencias para calcular de forma aproximada el vector o línea base. Con las dobles diferencias se determina la solución de ambigüedades (reales o enteras) así como el vector definitivo junto con su matriz de varianza-covarianza.

En el posicionamiento GNSS, el postproceso se refiere a la optimización de las observaciones registradas en campo. El postproceso ayuda a mejorar significativamente la precisión de las mediciones GPS. El proceso es el siguiente:

- Recopilación de Datos GNSS: Se recopilan observaciones en el campo con receptores GNSS, registrando tiempos y otra información de interés.
- Estación Base y Datos de Referencia: Si se utiliza un método diferencial, se emplea una estación base con coordenadas conocidas.
- Transferencia y postproceso: Después se transfieren los datos a un software de procesado.
- Corrección de errores residuales: Durante el ajuste, se buscan y corrigen errores residuales, minimizando las discrepancias entre las observaciones medidas y las predichas por el modelo matemático.
- Obtención de resultados corregidos: El resultado final es un conjunto de coordenadas ajustadas que representan la ubicación precisa de los puntos medidos.

En el caso de posicionamiento estático-relativo con medida de fase se obtienen soluciones más precisas que en tiempo real.

Para aplicaciones de topografía y geodesia generalmente se utilizará el modo relativo o diferencial. Es decir, se determina un vector o línea base, desde un punto fijo (estación de referencia con coordenadas conocidas) a un punto desconocido (móvil o "Rover"). Se trata del clásico posicionamiento para la medida de distancias con gran precisión ($5\text{mm} + 1\text{ppm}$) en el que dos o más receptores se estacionan y observan durante un periodo mínimo según la redundancia y precisión necesarias y en función de la configuración de la constelación local y distancia a observar. Los resultados obtenidos pueden alcanzar precisiones muy altas, teóricamente hasta niveles milimétricos. Este

método es el empleado para medir distancias mayores de 20 kilómetros con toda precisión. Las aplicaciones de este método son:

- Redes geodésicas de cobertura a grandes áreas.
- Redes nacionales y continentales.
- Redes de gran precisión.

El método estático relativo rápido es una variante del método estático relativo estándar. De esta forma se reducen los periodos de observación hasta 5 o 10 minutos por estación, manteniendo ordenes de precisión algo inferiores (5mm-10mm + 1ppm). Utiliza un algoritmo para la resolución rápida de las ambigüedades (en los equipos de la casa Leica, este algoritmo se denomina FARA), que permite la reducción de los tiempos de observación, pero tiene la limitación en las distancias a observar (< a 20 kilómetros).

El método, que destaca por su rapidez y eficacia, y se aplica a la observación de:

- Redes topográficas locales.
- Redes de control.
- Apoyo fotogramétrico, etc.

3.1.2. Posicionamiento diferencial en tiempo real con base única (RTK)

El método de posicionamiento diferencial en tiempo real o cinemático en tiempo real, más conocido como RTK (Real Time Kinematic), se basa en que una estación de referencia o base proporciona correcciones en tiempo real a un receptor móvil, lo que hace que la precisión obtenida mejore hasta alcanzar un nivel centimétrico o incluso, mejor.

Esta técnica exige disponer de una estación de referencia, de coordenadas conocidas y dotada con un receptor GNSS y un dispositivo que permita el enlace con el receptor móvil (generalmente vía radio). La estación base genera y transmite las correcciones diferenciales que aplicarán los receptores móviles para determinar sus posiciones. La observación fundamental usada en el RTK es la medida de la fase de la portadora. La estación de referencia o estación base transmite la fase de la portadora al receptor o receptores móviles, que comparan sus propias medidas de la fase con la recibida de la estación de referencia. Esto permite que cada receptor móvil calcule su posición relativa con precisión centimétrica o subcentimétrica. Al mismo tiempo, su posición absoluta se relaciona con las coordenadas de la estación base.

En el caso de emplear un módem de radio, la técnica RTK queda limitada a líneas de base cortas (de hasta 10 km aproximadamente). En el caso de líneas de base más largas, el enlace con el receptor móvil requiere de conexión por Internet y se recomienda emplear una solución de red RTK, que se detallará más adelante.

El receptor fijo o referencia estará en modo estático en un punto de coordenadas conocidas, mientras el receptor móvil, “rover”, es el receptor para el cual se determinarán las coordenadas en tiempo real (teniendo la opción de hacerlo en el sistema de referencia local). Dado que es necesario transmitir/recibir las correcciones vía radio-módem entre el receptor fijo y el rover, ésta es una restricción en la utilización de este método, la dependencia del alcance de la transmisión dependiendo de la zona, obstáculos, orografía...

Con este método la obtención de coordenadas en tiempo real se realiza con precisión centimétrica (1 ó 2 cm + 1ppm). Sus aplicaciones son muy variadas en el ámbito de la topografía y van desde levantamientos, hasta replanteos en tiempo real entre otros.

3.1.3. Posicionamiento diferencial en tiempo real con solución de red (NRTK)

En los últimos años han proliferado las estaciones de referencia permanentes GNSS, también conocidas como CORS (*Continuously Operating Reference Station*), siendo cada vez más habitual su empleo en proyectos topográfico-geodésicos, además de en investigaciones y estudios de carácter científico. Actualmente en nuestro país existen numerosas estaciones de referencia GNSS permanentes, la mayoría pertenecientes a organismos y entidades públicas. Generalmente, estas estaciones están integradas en redes locales o regionales de carácter activo, como por ejemplo la red de estaciones GNSS del Instituto Geográfico Nacional (ERGNSS) o la red del ICV (ERVA) por citar algunas a modo de ejemplo, que ofrecen soluciones de red RTK, también conocidas como soluciones NRTK.

La red de estaciones permanentes permite georreferenciar la zona de trabajo utilizando un solo receptor GNSS. El rendimiento de los trabajos de campo será mucho mayor, ya que no será necesario ubicar una base de referencia. A ello hay que sumar el beneficio más importante y es que la información que se genera estará georreferenciada en un sistema de coordenadas oficial y homogéneo para todo el ámbito del trabajo.

Los modelos de soluciones de red RTK más empleados y que se explicaran a continuación son VRS, MAX e IMAX.

➤ Posicionamiento diferencial en tiempo real con solución VRS

Las estaciones GNSS permanentes han cambiado el posicionamiento GNSS, tanto en el ámbito geodésico como en el topográfico, contribuyendo también al posicionamiento RTK. Además, si la distancia con la base de referencia del receptor móvil excede una línea base de 20-25km se requiere de un tipo de solución de red RTK como la VRS (Virtual Reference Station).

Dentro del ámbito de trabajo con las redes GNSS locales y nacionales, la solución VRS nos permite tener acceso a correcciones en el ámbito de trabajo. La solución VRS mejora la precisión y eficiencia, especialmente en entornos o áreas donde la línea base puede ser elevada.

En lugar de depender de una única estación de referencia física, la solución VRS utiliza una estación virtual que se calcula “matemáticamente” a partir de datos de múltiples estaciones GNSS cercanas, dándole mayor peso y ponderación a las estaciones de referencia más cercanas de la red.

La estación virtual genera correcciones personalizadas para cada receptor GNSS en tiempo real, teniendo en cuenta su ubicación específica. Al considerar las condiciones locales y calcular correcciones precisas, esta solución VRS mejora la precisión del posicionamiento, incluso en entornos difíciles. Al utilizar información de estaciones cercanas, la solución VRS puede reducir errores atmosféricos mejorando la calidad de las mediciones.

Es importante tener en cuenta que la disponibilidad y la implementación de la solución VRS pueden variar según la región y/o red activa empleada.

➤ **Posicionamiento diferencial en tiempo real con solución MAX**

La solución MAX (Master Auxiliary corrections) es una solución de red comercial que contiene correcciones que se basan en el modelo MAC. La interpolación de las correcciones de red se lleva a cabo por el rover usando la información completa de la red. Este tipo de solución está solamente disponible para equipos GNSS que soportan los mensajes de red en formato RTCM 3.1.

Si no están disponibles las correcciones de red por que no haya suficientes parejas satélite-receptor para fijar las ambigüedades, entonces no se enviarán correcciones al usuario. El procedimiento seguido es el siguiente:

- Transmisión de datos crudos de observación de las estaciones de referencia al servidor de procesamiento de red RTK.
- Proceso de estimación de la red incluyendo solución de ambigüedades para reducir las estaciones a nivel de ambigüedad común.
- Envío de posición del rover al servidor de procesamiento de red RTK. Las estaciones más apropiadas son seleccionadas por el rover basada en su localización.
- Formación y transmisión del mensaje de red RTCM 3.1 usando correcciones para la estación de control y diferencias de corrección para las estaciones auxiliares.
- Cálculo del posicionamiento de alta precisión del rover usando la información completa de la red de referencia.

La solución MAX requiere de un modo de comunicación bidireccional, permitiendo automáticamente elegir la subred apropiada basada en la posición aproximada recibida del rover. También existe la posibilidad de seleccionar automáticamente una red predefinida por el operador.

La estación de control máster seleccionada será siempre la más cercana al rover, mientras que las estaciones auxiliares serán seleccionadas de las estaciones alrededor del rover para proveer las mejores correcciones posibles.

➤ **Posicionamiento diferencial en tiempo real con solución IMAX**

Con el fin de dar soporte legalmente a los modelos de receptores rover que no pueden interpretar los mensajes NRTK RTCM 3.1, se establecieron las correcciones IMAX (Individualised master-auxiliary corrections). Estas correcciones i-MAX requieren de un modo de comunicación bidireccional con el fin de que el operador seleccione la red apropiada e interpolate las correcciones de red. Las correcciones están basadas en los mismos algoritmos de interpolación usados en el rover con correcciones MAX.

El posicionamiento NRTK con solución i-MAX es en su mayoría idéntico a VRS y por lo tanto tiene los mismos problemas. Por ejemplo, en ambos casos las correcciones calculadas por el servidor de red usan algoritmos comerciales, aunque hay dos diferencias importantes entre i-MAX y VRS:

- i-MAX siempre usa una estación de referencia real y no una estación de referencia virtual, lo que repercute en la consistencia y trazabilidad para las correcciones recibidas por el rover.
- Si la estación de referencia está aproximadamente a 70 km, entonces habrá líneas base entre 35-40 km lo cual puede impedir a los receptores más antiguos conectados mediante línea base máximas obtener una solución de ambigüedad con i-MAX.

El procedimiento seguido con IMAX es el siguiente:

- Transmisión de datos crudos de observación de las estaciones de referencia al servidor de procesamiento de red RTK.
- Proceso de estimación de la red incluyendo resolución de ambigüedades para reducir las estaciones a nivel de ambigüedad común.
- Envío de posición del rover al servidor de procesamiento de red RTK. La mayoría de las estaciones más apropiadas son seleccionadas por el rover basada en su localización. La estación de control es seleccionada como la estación de referencia más cercana al rover.
- El servidor de procesamiento de red calcula las correcciones para el rover y las aplica a las observaciones de la estación de control.
- Formación y transmisión de correcciones a la estación de control en formato estándar RTCM o en formato comercial.
- Cálculo de la posición de precisión del rover usando la red RTK.

➤ **RTCM: El formato estándar de las correcciones diferenciales**

El formato estándar de las correcciones diferenciales es el RTCM y es un formato definido por la Radio Technical Committee for Maritime Service, de ahí sus siglas. El Comité Especial N°104 fue establecido para desarrollar un formato estándar para la transmisión de mensajes de correcciones diferenciales a los usuarios de GPS.

Desde la primera versión del formato RTCM se han desarrollado nuevas versiones con el fin de mejorar cada vez más el envío de datos y la integridad de los mismos. Algunos ejemplos de estas versiones son:

- RTCM 2.1: Contiene nuevos tipos de mensajes que permiten la transmisión de datos de las fases de las portadoras (mensajes 18, 19, 20, 21) haciendo posible las aplicaciones RTK y precisiones centimétricas.
- RTCM 2.3: publicado en 2001, incluye varios tipos de mensajes adicionales para la definición del tipo de antena y de la estación de referencia.
- RTCM 3.1: estándar aprobado por la comisión RTCM en 2006 que incorpora correcciones de red RTK, lo cual indica que el receptor móvil obtiene información RTK precisa sobre un área extensa. La versión 3.1, designada ahora como el estándar RTCM 10403.1 (RTCM Special Committee No.104, 2006) incorpora correcciones de red GPS, las cuales permiten al receptor móvil obtener información RTK precisa (exacta) válida sobre una gran área. Además, los nuevos mensajes GPS y GLONASS incorporan parámetros orbitales para socorrer una rápida adquisición. Los mensajes de texto Unicode están también provistos para la transmisión de datos de texto. Finalmente, hay una asignación de mensajes reservados para los fabricantes que quieran encapsular datos registrados en sus transmisiones.

3.2. Redes GNSS permanentes activas

Las estaciones de referencia permanentes GNSS son básicamente puntos geodésicos con equipos GNSS de alta precisión instalados de manera permanente y coordenadas conocidas en un marco de referencia oficial. Estas estaciones desempeñan un papel fundamental en las aplicaciones de la topografía, cartografía y posicionamiento GNSS de alta precisión.

Una estación GNSS permanente es un sistema formado por receptor y antena GNSS que recibe datos de los satélites de los sistemas globales de navegación por satélite las 24h del día y los 365 días del año. A través de Internet, envía datos a un servidor central, desde el cual se controla su correcto funcionamiento y se ponen a disposición de los usuarios.

Los requisitos mínimos que se adoptan a la hora de la selección y ubicación de una estación de referencia GNSS de carácter permanente son:

- ✓ Disposición de horizonte despejado para permitir la recepción de los satélites incluso con ángulo bajo de elevación.
- ✓ No deben existir elementos en su entorno que puedan interferir con las señales GNSS.
- ✓ El terreno debe ser geológicamente adecuado y estable.
- ✓ La antena debe estar montada sobre una estructura rígida y perdurable.

Algunos aspectos clave sobre las estaciones de referencia GNSS son:

- Disponen de coordenadas precisas: Las estaciones de referencia GNSS tienen coordenadas precisas y conocidas. Estas coordenadas se utilizan como referencia para determinar las coordenadas de otros receptores GNSS en la zona.

- Permiten el monitoreo continuo: Las estaciones de referencia pueden ser parte de redes de monitoreo continuo, permitiendo la detección de movimientos de la corteza terrestre a lo largo del tiempo.

- Pueden transmitir correcciones: algunas estaciones de referencia transmiten correcciones diferenciales en tiempo real vía radio a receptores GNSS cercanos.

- Forman parte de redes de estaciones: en entornos más extensos, se pueden establecer redes de estaciones de referencia GNSS para proporcionar cobertura continua y correcciones precisas en una región más amplia.

Estas estaciones son esenciales en aplicaciones comunes como levantamientos topográficos de alta precisión, agricultura de precisión, ingeniería civil y otras disciplinas que requieren posicionamiento preciso.

3.2.1. Red de estaciones permanentes GNSS del IGN (ERGNSS)

La red ERGNSS está compuesta de más de 120 estaciones permanentes GPS/GNSS que se distribuyen por todo el territorio nacional. Muchas de ellas están integradas en la red europea de EUREF y algunas en la red mundial del IGS (International GNSS Service). Además, con el fin de hacer una gestión más eficiente y para tener una adecuada densidad de estaciones en todo el territorio nacional, el IGN comparte algunas estaciones con otras instituciones.

Las estaciones están equipadas con receptores geodésicos GNSS multifrecuencia, con capacidad de recepción de GPS GLONASS GALILEO o BEIDOU, y antenas geodésicas, casi todas del tipo "Choke ring" y con calibración de la variación del centro de fase (parte de ellas con calibraciones individuales). Las coordenadas de estas estaciones están calculadas mediante software científico de precisión.

El servicio ofrecido por el IGN es capaz de proporcionar correcciones diferenciales GNSS en los sistemas GPS GLONASS GALILEO y BEIDOU y en el formato de correcciones RTCM3.2.



Fig. 1: Estaciones de referencia de la red GNSS del IGN.

3.2.1. Red Geodésica de Estaciones de Referencia de Valencia (ERVA)

La red ERVA es una herramienta fundamental de uso diario e imprescindible para los usuarios de topografía, geomática, cartografía e ingeniería. Está desarrollada dentro de los diversos proyectos de Geodesia y GNSS del Instituto Cartográfico Valenciano (ICV). Las aplicaciones que se basan en esta red engloban vuelos fotogramétricos realizados sobre el territorio para producir ortofotos, cartografía y SIG, geodesia de alta precisión, geofísica, navegación, guiado agrícola y de maquinaria, localización de puntos de interés, delimitación de propiedades en tiempo real, etc.

Mediante esta red permanente, compuesta por 11 estaciones, el usuario dispone de un sistema de georreferenciación oficial, preciso y continuo en el Sistema de Referencia Geodésico ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), ahorrando en tiempo y costes. El servicio para postproceso y emisión de correcciones para posicionamiento en tiempo real está operativo desde 2005. La red ERVA, convierte a la Generalitat Valenciana en proveedor de datos y de servicios de alta precisión de corrección diferencial.



Fig. 2: Estaciones de referencia de la red ERVA.

4. METODOLOGÍA E INSTRUMENTACIÓN.

En el presente capítulo de la memoria se comienza con la descripción de las estaciones permanentes GNSS (CORS) empleadas, así como las bases de referencia GNSS instaladas y los puntos de control considerados para el estudio. A continuación, se especifica la instrumentación seleccionada para las distintas fases de este trabajo y se detalla el procedimiento llevado a cabo para la determinación de las coordenadas de las bases de referencia, incluyendo la descripción del software utilizado finalmente para la determinación de sus coordenadas en modo relativo con postproceso (Fase 1). En la siguiente fase (Fase 2) se aplica la metodología RTK en sus dos variantes, es decir, considerando una base de referencia única y enlace con el receptor móvil vía radio y considerando una solución de red RTK y una solución RTK de estación de referencia única a las que se accede vía internet.

El diagrama adjunto (Fig.3) incluye cada una de las fases del trabajo, así como los métodos de posicionamiento aplicados.

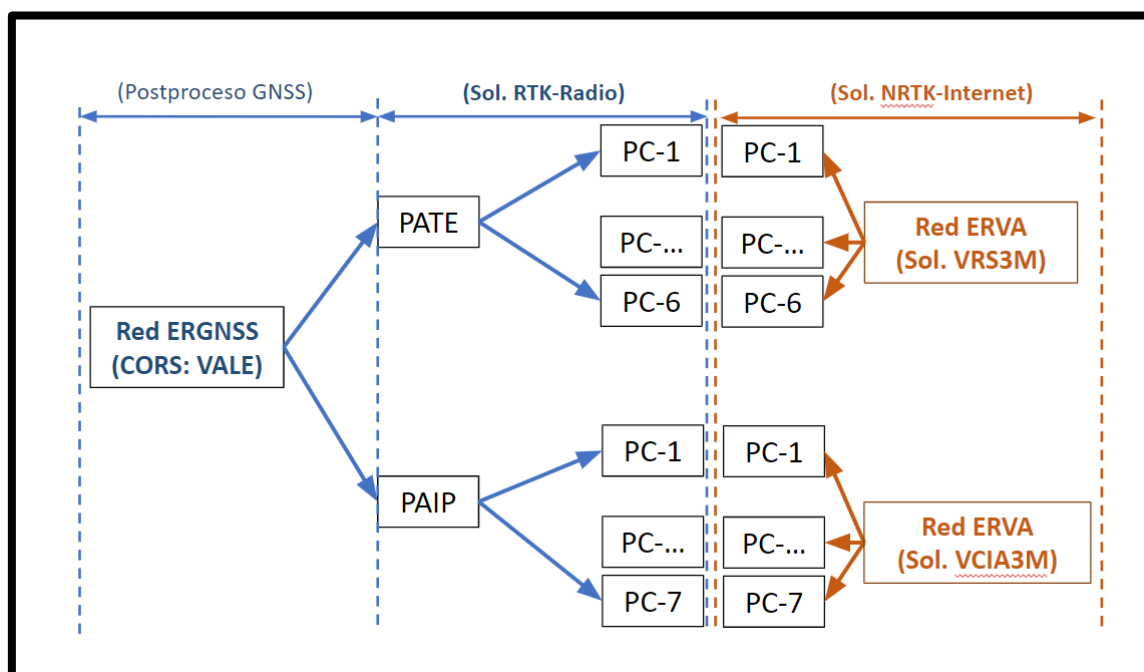


Fig. 3: Diagrama con las fases de trabajo.

4.1. Descripción de estaciones permanentes GNSS, bases y puntos de control.

Las estaciones permanentes GNSS elegidas para este TFG han sido las denominadas VCIA y VALE. VCIA es una antena que pertenece a la red ERVA, (red local de la Comunidad Valenciana) y VALE pertenece a la ERGNSS (red activa nacional del IGN). Se detallan a continuación las estaciones VCIA y VALE consideradas:

VCIA: Esta estación de la red ERVA se encuentra situada en un edificio de entidad pública. Compuesta por una antena Leica LEICA AR10 sobre una base de hormigón y con un receptor GNSS Leica GR30. La Figura 4 muestra la localización de esta estación próxima al puerto de Valencia y la Figura 5 el detalle del pilar sobre el que se asienta la antena.

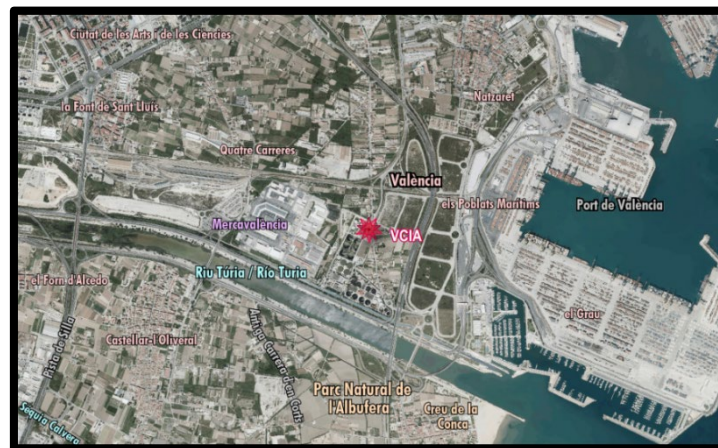


Fig. 4: Localización de la estación VCIA.



Fig. 5: Ubicación sobre pilar de la estación VCIA.

VALE: Esta estación permanente que pertenece a la red ERGNSS del IGN se encuentra situada en el edificio del Campus Universitario Politécnico de Valencia, concretamente en el edificio de la escuela de Cartografía y Geodesia (Figura 6). Está compuesta por una antena LEICA GR10 sobre una base de hormigón armado y una torre metálica de 3 m de altura. Esta estación permanente, además de a la red ERGNSS, pertenece a la EPN (EUREF Permanent Network, <http://www.epncb.oma.be>)

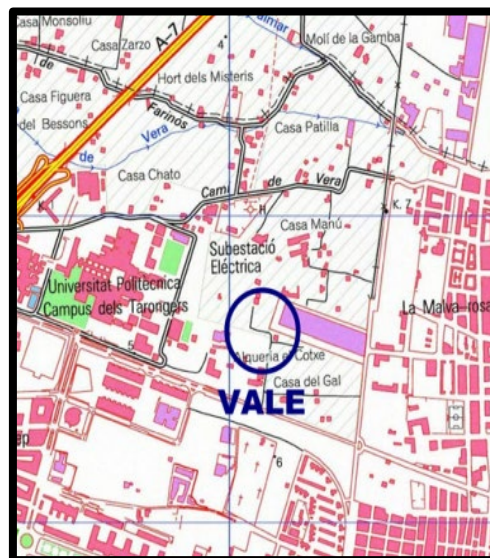


Fig. 6: Localización de la estación VALE.



Fig. 7: Ubicación de la estación VALE.

A continuación, se pasará a describir las dos bases de referencia consideradas en este proyecto, denominadas PATE y PAIP por situarse en las localidades valencianas de Paterna y Paiporta respectivamente.

Estas bases se han materializado en el terreno mediante clavo “geopunt”. Una vez determinadas sus coordenadas, estas bases de referencia servirán como puntos de coordenadas conocidas para poner inicializar el equipo GNSS que actuará como base para el posicionamiento RTK tradicional con radioenlace.

Con el objetivo de obtener sus coordenadas en postproceso con respecto a las estaciones GNSS permanentes descritas anteriormente (VCIA y VALE), las bases de referencia PATE y PAIP se observarán en modo estático-relativo. La longitud de las líneas base resultantes con respecto a VCIA y VALE se muestran en las Figuras 8 y 9 respectivamente

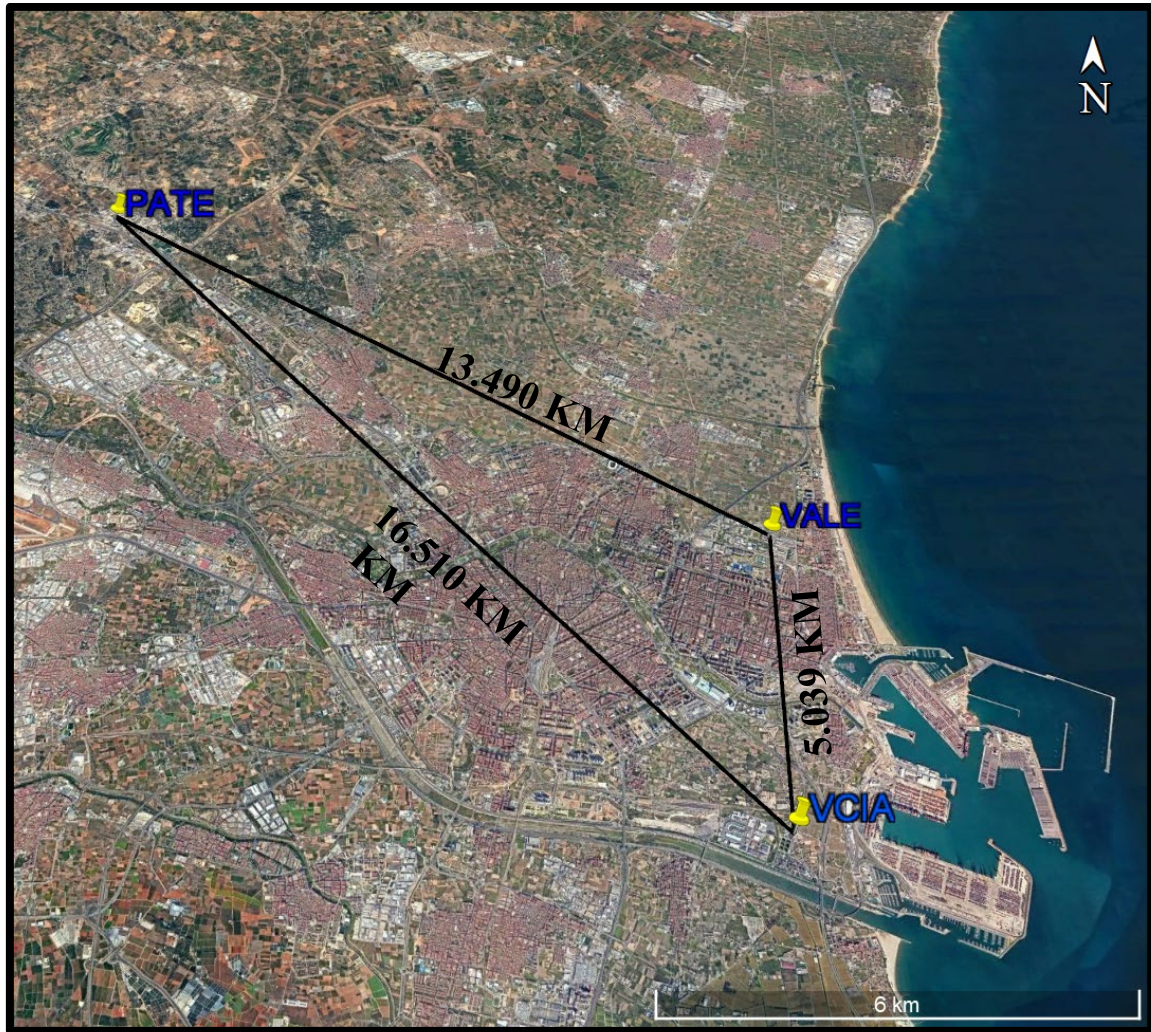


Fig. 8: Líneas base entre la base PATE y las estaciones VCIA y VALE.



Fig. 9: Líneas base entre la base PAIP y las estaciones VCIA y VALE.

A continuación, y una vez descritas tanto las estaciones GNSS permanentes como las dos bases de referencia, se describirán los puntos de control.

Se han considerado un total de 14 puntos de control distribuidos entre las dos ubicaciones, es decir, 7 puntos de control en Paterna y 7 puntos de control en Paiporta. Cada uno de estos puntos de control ha sido materializado sobre el terreno mediante un clavo, de los empleados comúnmente en trabajos

topográficos, para que perduren en el tiempo. En la elección de la ubicación de estos puntos de control se han seguido unos requisitos mínimos, que son:

- ✓ Disponer de un horizonte despejado que permita la recepción de los satélites.
- ✓ Estar lo suficientemente alejados de edificios, árboles y todo tipo de obstáculos que hicieran imposible la observación GNSS, ya que es necesaria una amplia visión del cielo para captar el mayor número de satélites posibles.
- ✓ Ser visibles entre si dos a dos, para la posible utilización de métodos topográficos clásicos o convencionales (en topografía clásicas necesita disponer de 2 puntos con coordenadas conocidas para poder orientar el instrumento utilizado).
- ✓ Situar el jalón que porta la antena GNSS de forma que se asegure su verticalidad para determinar correctamente su posición. En este caso cada punto de control será observado con la ayuda de un trípode de pinza para mantener correctamente la posición del jalón durante la observación.

En cuanto al procedimiento de observación, cada uno de estos puntos de control será observado en modo RTK considerando distintas soluciones. Una es la solución RTK convencional, con enlace vía radio para la recepción de correcciones diferenciales desde el equipo GNSS que actúa como base de referencia situado en las bases PATE y PAIP. Las otras corresponden a las soluciones de red RTK apoyadas en la red ERVA mediante una conexión a través de internet.

4.2. Fases de trabajo.

4.2.1. Fase 1: Establecimiento de bases de referencia.

Para el establecimiento y ubicación de las bases de referencia del proyecto, PATE y PAIP, se han seguido los requisitos mínimos de ubicación detallados anteriormente. El cálculo de las coordenadas de estas bases se realizará mediante estático-relativo, haciendo uso de las estaciones permanentes con línea base más cercana, como son VCIA de la red ERVA y VALE del IGN. Estas bases de referencia se han observado almacenando observaciones por un tiempo de 45 minutos para la base de PATE, de manera simultánea con las antenas VCIA y VALE. De igual forma se ha observado la base de PAIP, durante 50 minutos aproximadamente y apoyándose de forma simultánea en las mismas bases fijas de VCIA y VALE.

Posteriormente se han descargado los Rinex de estas estaciones permanentes y se han calculado las líneas base, procesadas con el software Leica infinity. Para la descarga de estos Rinex se ha utilizado la descarga directa a través de Leica infinity para la antena VALE del IGN, y descargando los Rinex de la página del ICV para la antena VCIA a través de <https://icv.gva.es/es/web/icv-erva/descarga-ficheros-rinex>.

4.2.2. Fase 2: Determinación de puntos de control.

En cuanto a la determinación de las coordenadas de los puntos de control en modo RTK, hay que distinguir entre las soluciones consideradas para los puntos situados en la zona de Paterna y las soluciones aplicadas en los puntos situados en la zona de Paiporta.

En cada punto de control y para cada solución se registrarán diferentes rangos de posiciones. Es decir, el equipo GNSS se configurará para registrar en tiempo real 1 posición, 10 posiciones, 20 posiciones y 50 posiciones. Finalmente, el equipo internamente calculará y almacenará el promedio de estas posiciones.

4.2.2.1. Fase 2A: Solución RTK con base única.

Los 7 puntos de control de Paterna se han determinado en modo RTK con enlace vía radio considerando como base de referencia PATE.

Por su parte, los 7 puntos de control de Paiporta se han observado en modo RTK, también con enlace vía radio, pero considerando como base de referencia PAIP.

4.2.2.2. Fase 2B: Solución NRTK (ERVA).

Una primera puntualización para este apartado es que para acceder a una solución de red RTK es necesario una conexión vía internet. NTRIP es el protocolo de transferencia de datos que facilita la distribución de datos de corrección en tiempo real para sistemas GNSS a través de internet. Esto implica que los receptores GNSS no emitirán o recibirán correcciones por medio de una radio, interna o externa, UHF, sino que por este conocido protocolo HTTP de Internet.

Los 7 puntos de control de Paterna se han determinado en modo RTK considerando la solución de red de ERVA con enlace NTRIP, concretamente mediante solución VRS, por disponer de línea base con las estaciones VALE y VCIA mayores a 10 km. Para esta ubicación y tras valorar las diferentes soluciones que ofrece la red ERVA a través la URL icverva2.icv.gva.es considerando el puerto 2101, se ha seleccionado esta solución de red RTK.

Concretamente, el punto de montaje o “mountpoint” es identificado como VRS3M, el cual ofrece trabajar con el formato de correcciones RTCM 3 (3) y recibir correcciones multiconstelación (M). Es importante puntualizar que la solución VRS, en lugar de depender de una única estación de referencia física, utiliza una estación “virtual” que se calcula matemáticamente a partir de datos de múltiples estaciones GNSS cercanas, dándole mayor peso y ponderación a las

antenas más cercanas de la red. Además, permite la recepción de correcciones personalizadas, ya que la estación virtual genera correcciones personalizadas para cada receptor GNSS en tiempo real, teniendo en cuenta su ubicación específica, por ello mejora la precisión al considerar las condiciones locales.

Para la segunda ubicación, Paiporta, y tras valorar las diferentes soluciones disponibles por la red ERVA, los 7 puntos de control de Paiporta se han determinado también en modo RTK con enlace vía NTRIP, pero en este caso mediante solución de estación simple con respecto a la estación GNSS VCIA, por disponer de unas líneas base cortas con esta estación permanente, inferiores a 10 km. Del mismo modo, se requiere realizar una conexión a internet, a través de la URL icverva2.icv.gva.es y del puerto 2101 para así poder acceder a su servidor y seleccionar el punto de montaje.

4.3. Instrumentación empleada.

Para las diferentes fases del proyecto se ha utilizado una serie de instrumentación que ha ayudado y permitido llevar a cabo cada una de las fases de trabajo y que se describe a continuación.

✓ Receptor GPS GS18T.

Receptor utilizado tanto para almacenar las observaciones para el establecimiento de las bases de referencia de PATE y PAIP, como para la determinación de los 14 puntos de control. También se ha empleado como base fija emitiendo correcciones desde las bases de PATE y PAIP. La figura 10 se adjunta una imagen representativa del modelo de receptor GNSS comentado.



Fig. 10: Receptor GNSS Leica modelo GS18T.

Evaluación del posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local:
caso de estudio en el Este de la Península Ibérica

Leica GS18 T

TECNOLOGÍA GNSS

GNSS inteligente	Leica RTKplus SmartLink (servicio de corrección mundial)	Selección de satélites que se adapta sobre la marcha Posicionamiento de puntos precisos remotos (3 cm 2D) ¹ Convergencia inicial a precisión total: entre 20 y 40 min, reconvergencia menos de 1 min Suple la conexión RTK en caso de interrupción durante un máximo de 10 minutos (3 cm 2D) ¹
Leica SmartCheck	SmartLink Fill (servicio de corrección mundial)	Fiabilidad del 99,99 %
Seguimiento de señales	Verificación continua de la solución RTK	GPS (L1, L2, L2C, L5), Glonass (L1, L2, L3 ²), BeiDou (B1, B2, B3 ²), Galileo (E1, E5a, E5b, Alt-BOC, E6 ³), QZSS (L1, L2, L5), NavIC L5 ³ , SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN), L-band
Número de Canales		555 (más señales, adquisición rápida, alta sensibilidad)
Compensación de inclinación	Mayor productividad y trazabilidad de las mediciones	Sin necesidad de calibración Inmune a campos magnéticos

RENDIMIENTO DE MEDICIÓN Y PRECISIONES¹

Tiempo de inicialización		Normalmente 4 segundos
Tiempo Real cinemático (De acuerdo con la norma ISO17123-8 standard)	Línea base individual Red RTK	Hz 8 mm + 1 ppm/V 15 mm + 1 ppm Hz 8 mm + 0,5 ppm/V 15 mm + 0,5 ppm
Compensación de inclinación cinemática en tiempo real	Puntos topográficos (puntos no para control estático)	Incertidumbre del poste Hz adicional normalmente menos de 10 mm + 0,7 mm ² de inclinación
Postproceso	Estático (fase) con observaciones largas Estático y estático rápido (fase)	Hz 3 mm + 0,1 ppm/V 3,5 mm + 0,4 ppm Hz 3 mm + 0,5 ppm/V 5 mm + 0,5 ppm
Código diferencial	DGPS / RTCM	Tipicamente 25 cm

COMUNICACIONES

Puertos de comunicaciones	Lemo Bluetooth®	USB y RS232 serie Bluetooth® v2.1 + EDR clase 1.5
Protocolos de Comunicación	Protocolos de datos RTK Salida NMEA Red RTK	Leica, Leica 4G, CMR, CMR+, RTCM 2.2, 2.3, 3.0, 3.1, 3.2 MSM NMEA 0183 v4.00y propiedad de Leica VRS, FKP, iMAX, MAC (RTCM SC 104)
Canales de datos integrados	Módem GSM/UMTS/LTE Radio módem	Antena interna totalmente integrada Antena externa totalmente integrada de recepción y transmisión entre 403 y 470 MHz, potencia de salida de 1 W, hasta 28 800 bps (inalámbrico)
Canales de Datos Externos		Módems GSM/GPRS/UMTS/CDMA y UHF/VHF

GENERAL

Controlador de campo y software	Software Leica Captivate	Controlador de campo Leica CS20, tableta Leica CS35
Interfaz de usuario	Botones y LEDs Web server	Botones de encendido/apagado y de función, 8 LEDs de estado Información de estado completa y opciones de configuración
Registro de datos	Almacenamiento Tipo de datos y tasa de registro	Tarjeta SD extraíble (8 GB) Datos brutos GNSS Leica y datos RINEX de hasta 20 Hz
Gestión de energía	Fuente de alimentación interna Alimentación externa Autonomía de trabajo ⁴	Batería de Li-Ion intercambiable (2.8 Ah / 11.1 V) Nominal 12 V DC, rango 10.5 - 28 V DC 7h de recepción de datos Rx con radio interna, 5 h de transmisión de datos Tx con radio interna, 6 h de recepción/transmisión de datos Rx/Tx con módem interno
Peso y dimensiones	Peso Dimensiones	1,20 kg/3,50 kg RTK estándar en modo rover configurado en bastón 173 mm x 173 mm x 108 mm
Especificaciones ambientales	Temperatura Caidas Protección contra agua, arena y polvo Vibración Humedad Golpes en funcionamiento	-40 a 65°C en funcionamiento, -40 a 85°C almacenado Soporta golpes sobre bastón de 2 m en superficies duras IP66/IP68 (IEC60529/MIL STD 810G CHG-1 510.6 I/MIL STD 810G CHG-1 512.6 I) Soporta fuertes vibraciones (ISO9022-36-08 / MIL STD 810G 514.6 Cat.24) 95% (ISO9022-13-06/ISO9022-12-04/MIL STD 810G CHG-1 507.6 II) 40 g/15 a 23 msec (MIL STD 810G 516.6 I)

RÓVER RTK GNSS LEICA GS18 T	BÁSICO	RENDIMIENTO	ILIMITADO
SISTEMAS GNSS COMPATIBLES			
Multifrecuencia GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou/QZSS	✓ / . / . / . / .	✓ / . / . / . / .	✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓ / ✓
SISTEMAS GNSS COMPATIBLES			
DGPS/ RTCM , RTK ilimitado, RTK de red SmartLink Fill/SmartLink	✓ / .	✓ / .	✓ / .
ACTUALIZACIÓN DE POSICIÓN Y GRABACIÓN DE DATOS			
Posicionamiento a 5 Hz / 20 Hz	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Datos brutos/registro de datos RINEX/salida NMEA	✓ / . / .	✓ / . / .	✓ / ✓ / ✓
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES			
Compensación de inclinación	✓	✓	✓
Referencia RTK	✓	✓	✓
Teléfono LTE/Radio modem UHF (recepción y transmisión)	✓ / .	✓ / .	✓ / .

✓ Estándar • Opcional

¹ La precisión de la medición, exactitud, fiabilidad y tiempo de inicialización dependen de varios factores como el número de satélites, tiempo de observación, condiciones atmosféricas, el efecto multipath, etc. Las condiciones presupuestas asumen condiciones de normales a favorables. Las constelaciones completas de BeiDou y Galileo aumentarán aún más el rendimiento de medición y precisión.

² Se asume su cumplimiento, aunque está sujeto a la disponibilidad de la definición del servicio comercial de BeiDou ICD y Galileo. Glonass L3, BeiDou B3 y Galileo E6 se proporcionarán a través de una futura actualización de firmware.

³ Compatibilidad con NavIC L5 incorporada y se proporcionará a través de una futura actualización de firmware.

⁴ Podría variar con la temperatura, la edad de la batería, la potencia de transmisión del dispositivo de enlace de datos.

Copyright Leica Geosystems AG, 9435 Heerbrugg, Switzerland. Todos los derechos reservados. Impreso en Suiza - 2017.
Leica Geosystems es parte de Hexagon AB. 866433es - 08.17

Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
9435 Heerbrugg, Suiza
+41 71 727 31 31

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Fig. 11: Especificaciones técnicas del receptor GNSS GS18T.

✓ **Jalón de fibra de carbono GLS30.**

Para materializar la posición de cada punto de control se ha utilizado un jalón de fibra de carbono modelo GLS30. Es un accesorio para realizar mediciones con instrumentos topográficos, en el cual montamos el receptor GPS en su parte superior, y en la parte inferior lleva una punta que se sitúa en el terreno para materializar este punto.



Fig. 12: Jalón de fibra de carbono GLS30.

✓ **Trípode de pinza.**

Además, para materializar correctamente la posición de cada punto de control y mantener su verticalidad se ha utilizado un trípode de pinza. Es el un accesorio para diferentes instrumentos de medición. Cuenta con tres patas que son extensibles para pisar y clavar en el terreno. Esto nos permite mantener en la misma posición el jalón GLS30 para realizar las lecturas por tiempo.



Fig. 13: Trípode de pinza.

✓ **Clavo Geopunt.**

Tanto para ubicar la posición de las bases de referencia de PATE y PAIP, como para los 14 puntos de control, se han empleado clavos geopunt. Estos clavos son piezas metálica alargadas y delgadas, generalmente de acero con cabeza y punta, que sirve para fijarla y señalar un punto topográfico sobre el terreno.



Fig. 14: Clavo Geopunt para la materialización de puntos en terreno.

✓ **Base nivelante.**

Para la determinación de las estaciones de referencia de PATE y PAIP me apoyé en la utilización de un trípode de madera con una base nivelante, para así materializar su posición durante la lectura y almacenamiento de observaciones para su posterior cálculo. Esta base nivelante consiste en un elemento de conexión entre el receptor GPS y su soporte que permite calar la burbuja y materializar el punto sobre su vertical.



Fig. 15: Base nivelante para la nivelación de la antena GNSS en estático.

4.4. Software de procesamiento GNSS.

Para el procesamiento GNSS, es decir, para el cálculo de las líneas base, el posterior cálculo de las coordenadas de las bases PATE y PAIP, la edición de datos en oficina, y exportación de todos ellos, el software utilizado ha sido Leica Infinity.

En primer lugar, se realiza el procesamiento GNSS de los datos observados en las estaciones con tiempos de observación comunes con las estaciones permanentes GNSS. Lo primero será preparar y descargar todos los datos para su procesamiento. Se descargarán los archivos Rinex de las estaciones permanentes VALE y VCIA, ya que son las empleadas para el procesamiento, por ser las dos estaciones permanentes con una línea base menor hasta las bases de referencia.

Para la descarga de los Rinex se ha utilizado la descarga directa a través de Leica Infinity para la antena VALE del IGN, y descargando los Rinex de la página del ICV para la antena VCIA (<https://icv.gva.es/es/web/icv-erva/descarga-ficheros-rinex>).

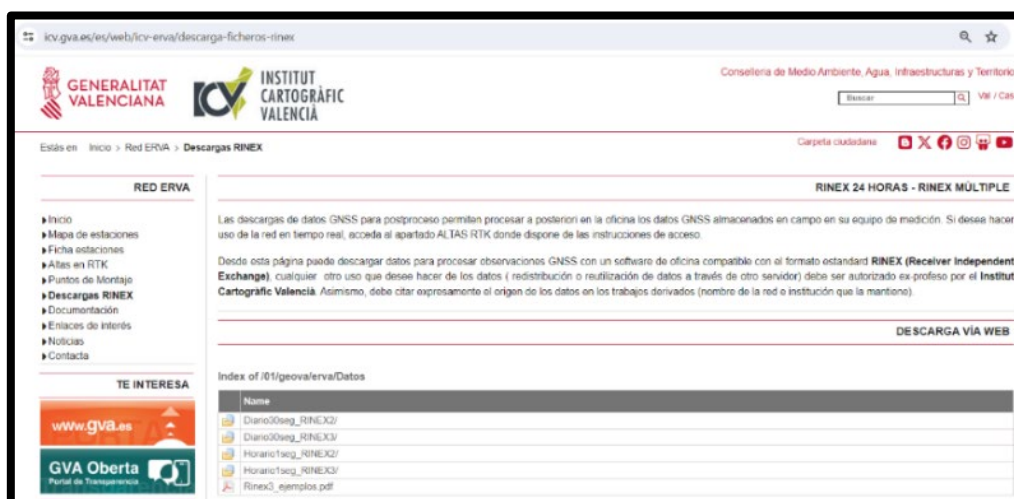


Fig. 16: Página web ICV para la descarga de RINEX para VCIA.

Evaluación del posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local: caso de estudio en el Este de la Península Ibérica

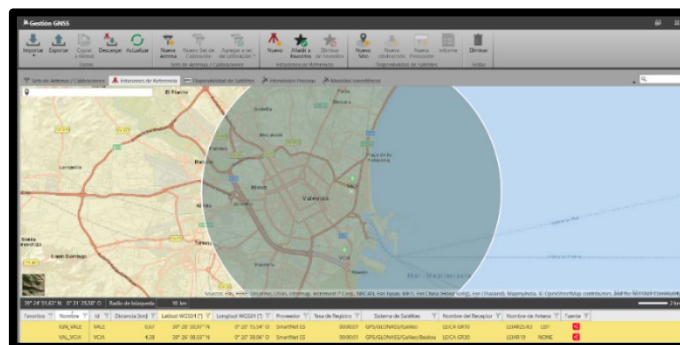


Fig. 17: Herramienta en Leica Infinity para la descarga de RINEX.

Lo segundo, ya que se va a procesar datos de diferentes estaciones de referencia de distintos organismos (ERVA e IGN), es disponer un fichero de calibración absoluta de antenas. Este fichero se puede obtener de dos formas, descargándolo directamente desde Leica Infinity, o bien descargándolo directamente del NGS (<http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>).

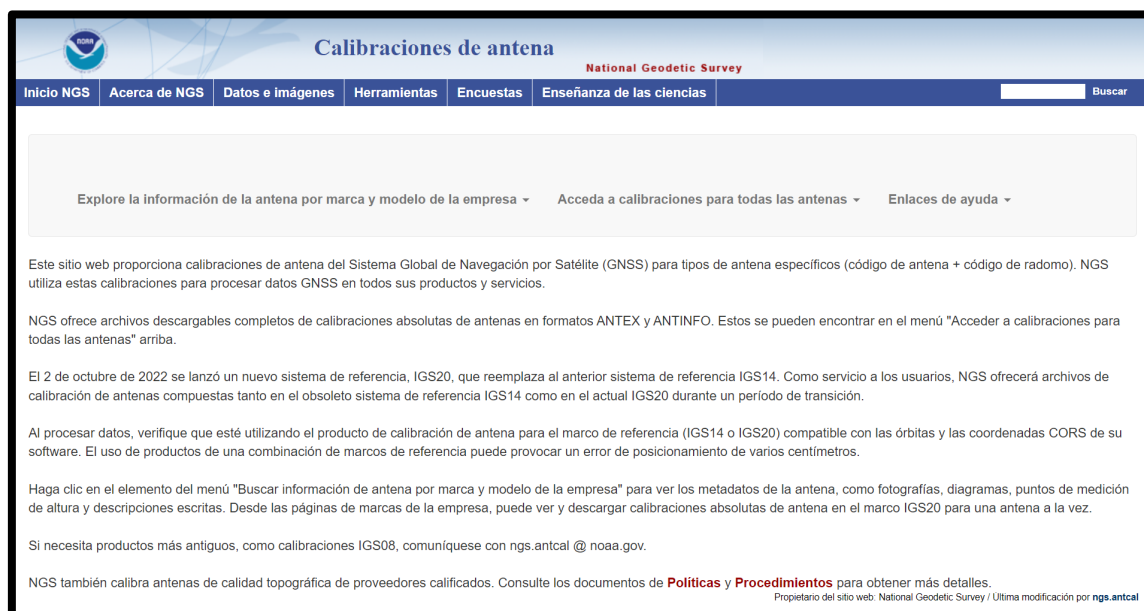


Fig. 18: Dirección Web del NGS para la descarga de efemérides.

Evaluación del posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local: caso de estudio en el Este de la Península Ibérica

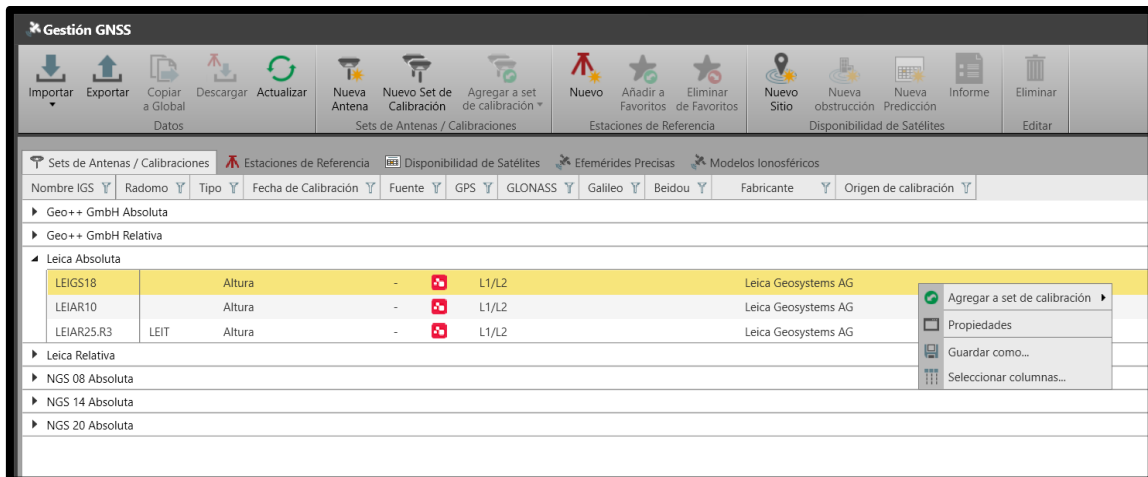


Fig. 19: Descarga de calibración de antenas desde Leica Infinity.

Para obtener una mayor precisión, se descargaron y aplicaron las efemérides precisas. Para esto han de haber pasado al menos 15 días desde la observación, además de ser necesario saber el día y semana GPS. Mediante Leica Infinity es posible esta descarga ya que incorpora una opción para descargar datos RINEX y efemérides precisas de antenas de distintas redes.



Fig. 20: Herramienta en Leica Infinity para descarga de efemérides precisas.

A continuación, hay que crear un proyecto donde almacenar los datos, las observaciones y los Rinex para el posterior cálculo de las coordenadas de las bases de referencia. El siguiente paso, una vez creado el proyecto y asignado el sistema de coordenadas al proyecto (ETRS89-UTM30), es importar los datos Rinex de las estaciones permanentes VALE y VCIA y las observaciones de las bases de referencia PATE y PAIP, siendo simultáneas las horas de observación entre las estaciones permanentes y las bases de referencia.

A la hora de importar los Rinex selecciono los que necesito importar por horas y muy importante, hay que fijarse tener activas las opciones de los parámetros de Importación “unir Intervalos” y “conectar intervalos a cadenas mixtas” para unificar las antenas con las franjas horarias de cada una.

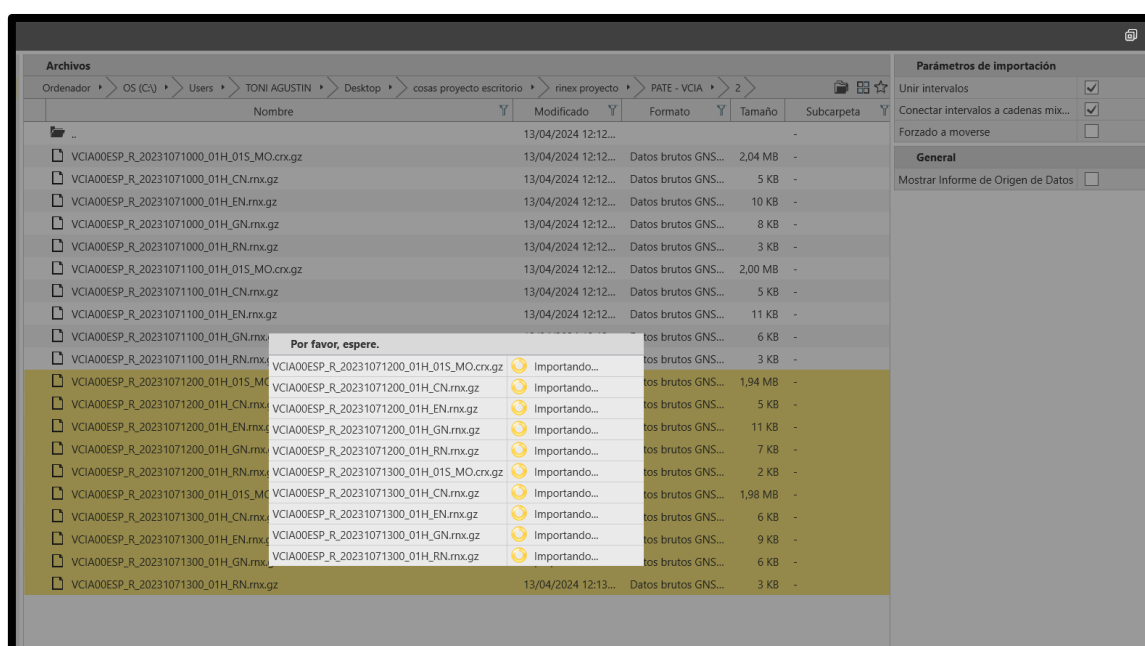


Fig. 21: Importación y unión de datos Rinex.

Una vez importados los Rinex de las estaciones permanentes y de las bases de referencia observadas de forma simultánea, se comprueba que aparecen cargados todos correctamente.

Evaluación del posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local:
caso de estudio en el Este de la Península Ibérica

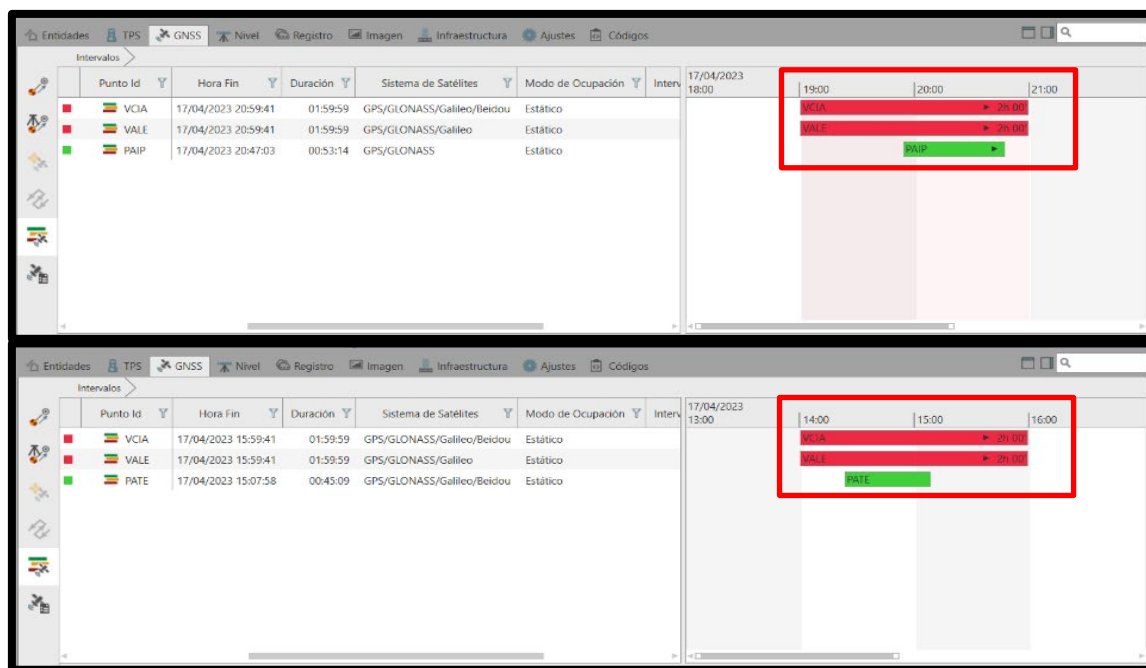


Fig. 22: Importación de las observaciones PATE, PAIP, VALE y VCIA.

Lo siguiente es configurar cómo procesar los datos, indicando que datos usar y la estrategia de procesamiento. Para esto he accedido al menú de procesamiento, y selecciono la opción de Datos.

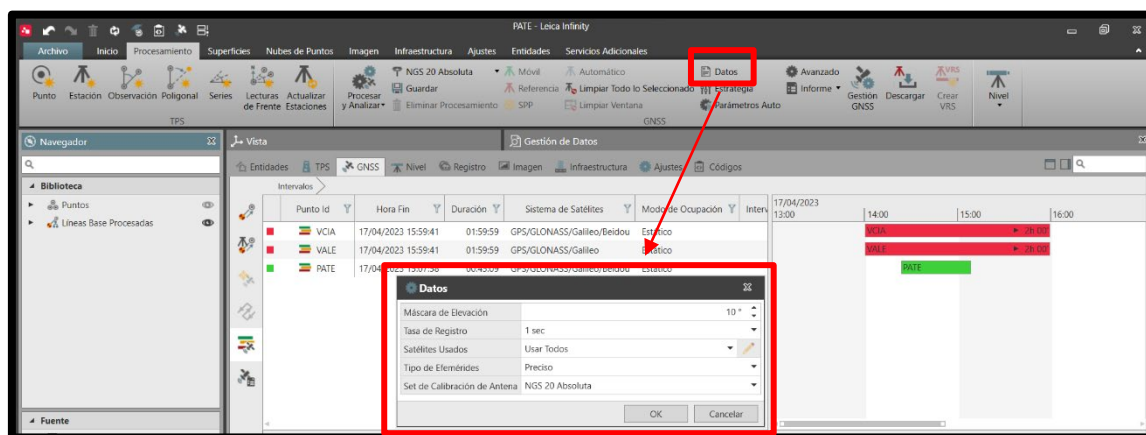


Fig. 23: Configuración de los parámetros para el procesamiento de datos.

Una vez dentro, los parámetros que permite configurar dependiendo de la estrategia son los siguientes:

- Máscara de Elevación: es el filtro usado para descartar usar en el procesamiento las señales por debajo de ese umbral. Con esto se pretende evitar malas observaciones a bajas elevaciones que hagan imposible el cálculo.
- Intervalo de Muestreo: es la frecuencia de registro de datos que quiero utilizar. Normalmente se suele utilizar la misma que proviene del fichero RINEX. En este caso cada 1s.
- Satélites Usados: este campo permite configurar las constelaciones y satélites a usar. Si se deja por defecto en “Usar Todos”, Infinity discriminará los satélites no válidos. Si por el contrario hubiera seleccionado la opción Manual, hubiera permitido indicar las preferencias.
- Tipo de Efemérides: esto permite configurar con qué tipo de efemérides procesar, es decir, transmitidas o precisas (si se dispone de ellas)
- Set de Calibración de antena: es donde se indica si se desea trabajar con calibraciones de antena relativas (fabricante) o absolutas (en este caso absolutas del NGS).

Lo siguiente es definir la estrategia de procesamiento en el menú correspondiente y seleccionar la opción de estrategia donde se definirán sus parámetros.

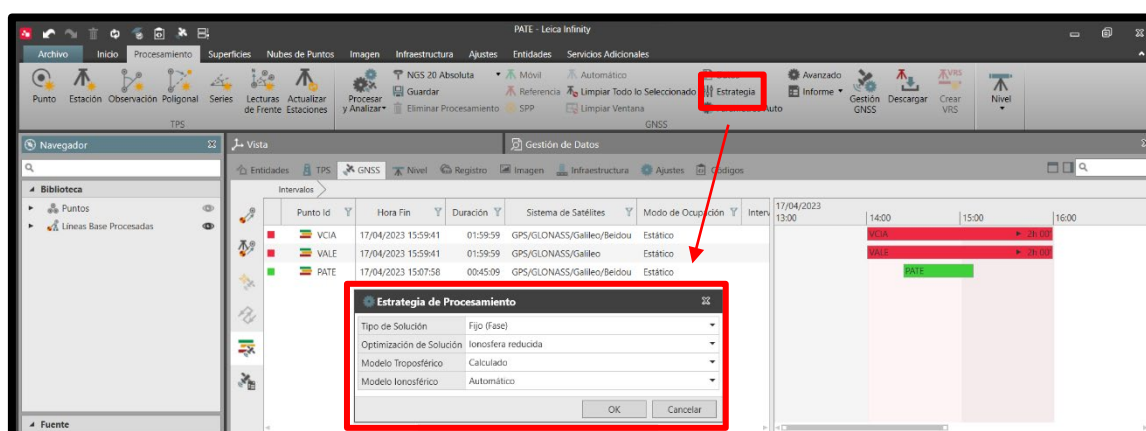


Fig. 24: Configuración de estrategia para el procesamiento de los datos.

Los parámetros para la estrategia con:

- Tipo de solución, es donde indicaremos el tipo de solución que buscamos, Código, Flotante o Fase (Fija) resolviendo ambigüedades.
- Modo de Cálculo, indicaremos la estrategia a seguir, que puede ser Automática (donde el software selecciona la más adecuada) o Ionosfera Reducida (apropiada para líneas base largas > 15 Km).
- Modelo Troposférico, es el modelo de correcciones troposféricas a aplicar, por defecto aparece el VMF con modelo GPT2, pero para observaciones de más de 45 minutos podemos indicar Calculado.
- Modelo Ionosférico, por defecto indicaremos Automático, para que el software seleccione el más adecuado.

Una vez ajustados estos parámetros a las necesidades del proyecto, viene el momento en el cual seleccionar qué antenas van a servir de equipos fijos y cuáles serán los puntos a calcular.

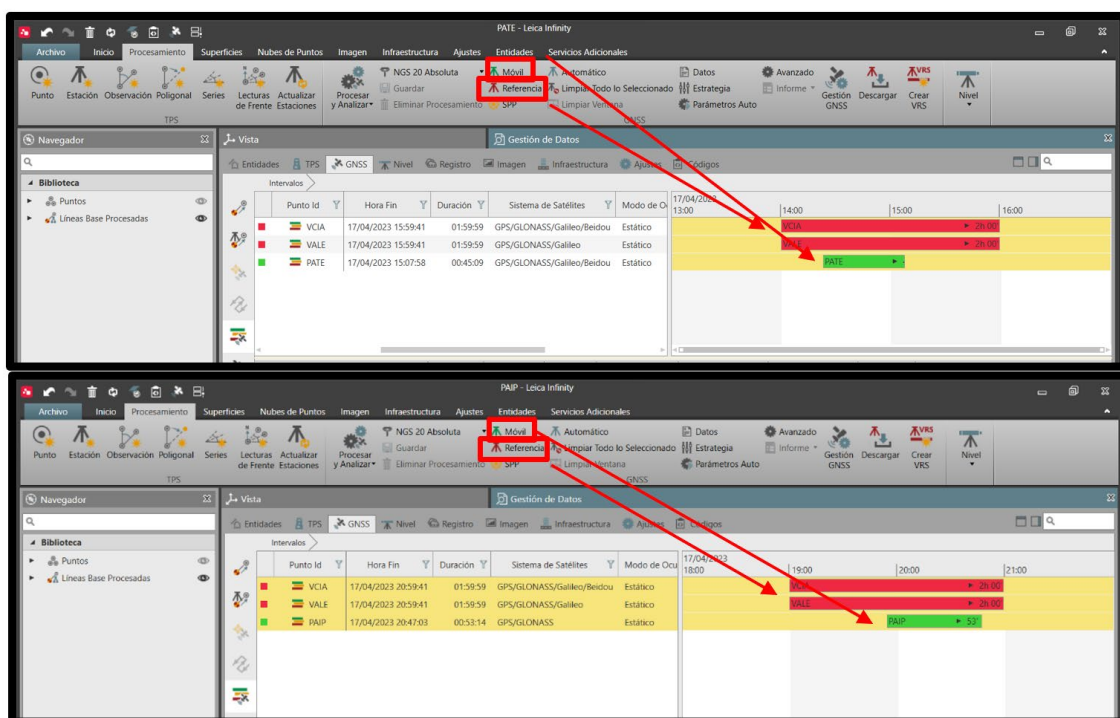


Fig. 25: Selección de antenas actuando como Fijo y Rover.

Evaluación del posicionamiento GNSS basado en una red activa de carácter local: caso de estudio en el Este de la Península Ibérica

Por último, solo queda procesar y analizar. Una vez ejecutado pasa a la página resultados. Aquí se comprueba que todas las líneas base se han resuelto en fase y que se han guardado.

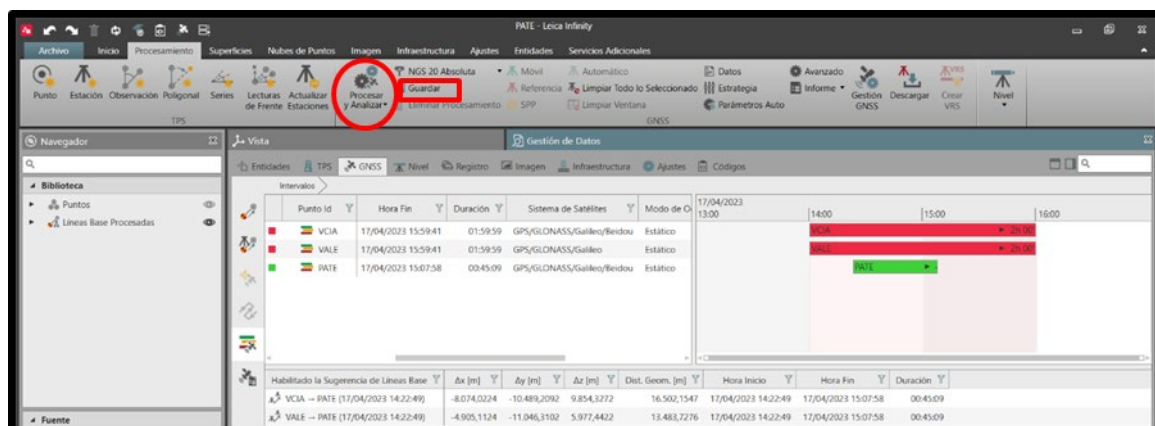


Fig. 26: Procesamiento y análisis para el cálculo.

Una vez calculado el proceso, ya se dispone de las coordenadas de las bases de referencia de PATE y PAIP.

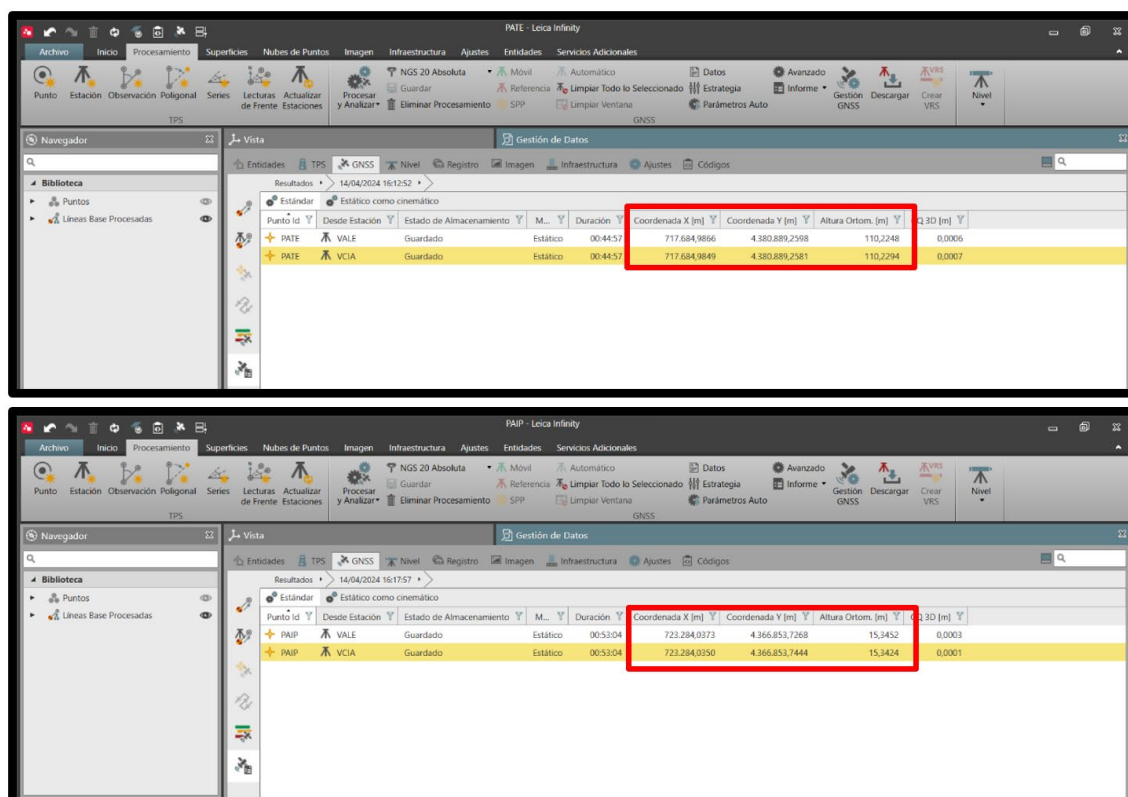


Fig. 27: Coordenadas ETRS89 calculadas PATE y PAIP.

Como el proyecto tiene asignado el sistema de coordenadas oficial ETRS89-UTM30 con modelo de geoide aplicado EGM08_REDNAP, esto asegura poder ver gráficamente proyectados los puntos calculados de PATE y PAIP y las líneas base procesadas.

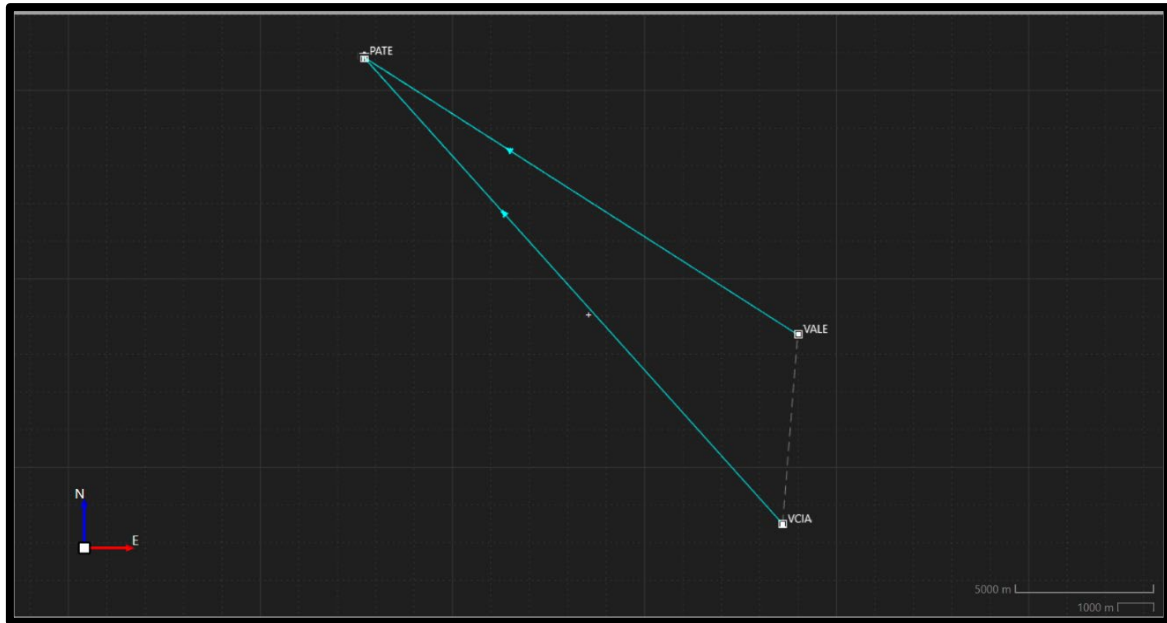


Fig. 28: Representación gráfica de PATE y PAIP.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Fase 1: Coordenadas de bases de referencia.

Una vez realizados los cálculos en postproceso mediante el software “Leica Infintiy” tal y como se ha descrito en el apartado anterior, se adjuntan las coordenadas obtenidas para las bases de referencia PATE y PAIP extraídas de los informes de procesamiento. Se incluyen dos tablas, una para cada una de las bases calculadas, presentando sus coordenadas en el sistema de referencia ETRS89 en formato cartesiano y geodésico y también proyectadas, considerando la proyección UTM30 junto con la altitud ortométrica (H) tras considerar el modelo de geoide EGM08_RED NAP. Cada coordenada se acompaña de la desviación estándar estimada.

- Informe de línea base para PATE.

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



Informe de línea base GNSS

Informe creado: 17/04/2024 20:10:33

Detalles del Proyecto

General Nombre del proyecto: PATE Propietario: - Jefe de Topografía: - Fecha de Creación: 13/04/2024 12:04:58 Último Acceso: 17/04/2024 20:02:01 Software aplicación: Infinity 4.1.2	Información del cliente Nombre del cliente: - Persona de contacto: - Número: - Email: - Skype: - Website: -	Sistema de Coordenadas Principal Nombre de Sistema de Coordenadas: ETRS89-UTM30 Tipo de Transformación: - Distribución de Residuos: Ninguno Elipsoide: GRS 1980 Tipo de Proyección: UTM Modelo de Geoide: EGM08_RED NAP Modelo CPCS: -
---	--	--

Ruta: C:\Users\TONI AGUSTIN\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\PATE\PATE.iprj
 Tamaño: 665,2 MB
 Comentarios: -

Resumen

Estático

#	Desde Estación	Punto Id	Hora Inicio	Hora Fin	Duración	Δx [m]	Δy [m]	Δz [m]	Desv. Estd. ΔX [m]	Desv. Estd. ΔY [m]	Desv. Estd. ΔZ [m]	Tipo de Solución
1	VALE	PATE	17/04/2023 14:23:01	17/04/2023 15:07:58	00:44:57	4,906,8423	11,046,2854	5,985,5848	0,0004	0,0001	0,0004	Fijo (Fase)
2	VCIA	PATE	17/04/2023 14:23:01	17/04/2023 15:07:58	00:44:57	8,075,7477	10,489,1862	9,862,4714	0,0005	0,0001	0,0004	Fijo (Fase)

Fig. 29: Informe de línea base para PATE.

- Informe de procesamiento para PATE.

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



Informe del Procesamiento GNSS - Resumen

Informe creado: 17/04/2024 20:02:28

Detalles del Proyecto

General Nombre del proyecto: PATE Propietario: - Jefe de Topografía: - Fecha de Creación: 13/04/2024 12:04:58 Último Acceso: 17/04/2024 20:02:01 Software aplicación: Infinity 4.1.2	Información del cliente Nombre del cliente: - Persona de contacto: - Número: - Email: - Skype: - Website: -	Sistema de Coordenadas Principal Nombre de Sistema de Coordenadas: ETRS89-UTM30 Tipo de Transformación: - Distribución de Residuos: Ninguno Elipsoide: GRS 1980 Tipo de Proyección: UTM Modelo de Geoid: EGM08_RED NAP Modelo CSCS: -
---	--	--

Ruta: C:\Users\TONI AGUSTIN\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\PATE\PATE.ipj
 Tamaño: 665,2 MB
 Comentarios: -

Línea base VALE - PATE

Parámetros de Procesamiento (17/04/2023 14:22:49 - 17/04/2023 15:07:58)

Datos	Seleccionado	Usado	Comentarios
Máscara de Elevación:	10°	10°	
Frecuencias:	Automático	L1/E1/L2/L5/ESa/ESb/ESab	
Tasa de Registro:	1,00 seg	1,00 seg	
Sistema de Satélites:	GPS/GLONASS/Galileo/Beidou	GPS/GLONASS/Galileo	
Tipo de Efemérides:	Preciso	Transmitidas	

Set de Calibración de Antena:	NGS 20 Absoluta	NGS 20 Absoluta
-------------------------------	-----------------	-----------------

Estrategia de Procesamiento			
Tipo de Solución:	Fijo (Fase)	Fijo (Fase)	
Optimización de Solución:	Ionosfera reducida	Ionosfera reducida	
Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida:	Automático	L1/E1/L2/L5/ESa/ESb/ESab	
Modelo Troposférico:	Calculado	Calculado	
Modelo Ionosférico:	Automático	Calculado	
Permitir Solucionar en modo Widelane:	Automático	Automático	

Parámetros Generales	
Dist. mín. para Ionosfera Reducida:	15 km
Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta:	300 km
Tiempo mín. para soluciones flotantes (estático):	00:05:00

Parámetros de hora	
Formato hora:	HH:mm:ss
Sistema de hora:	Hora Local
Cambio de segundos:	18

Fig. 30: Informe de procesamiento para PATE.

- **Tabla de coordenadas calculadas para PATE.**

CARTESIANAS										
Punto Id	X (m)	Y (m)	Z (m)	Altitud Elipsoidal (m)	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Z (m)
PATE	4924627,182	-40096,979	4039695,485	160,599	0,001	0,002	0,001	0,0002	0,00005	0,00007
GEODESICAS										
Punto Id	Latitud (° ´ ")	Longitud (° ´ ")	Altitud Orto. (m)	Altitud Elipsoidal (m)	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est Latitud (m)	D.Est Longitud (m)	D.Est. Alt. (m)
PATE	39 33 00,325644 N	0 27 59,398791 O	110,225	160,599	0,001	0,002	0,001	5E-05	0,00008	0,0009
PROYECTADAS										
Punto Id	X (m)	Y (m)	Huso	Altitud Orto. (m)	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Alt. (m)
PATE	717684,987	4380889,26	30	110,225	0,001	0,002	0,001	0,0002	0,00005	0,00007

Tabla 1: Coordenadas calculadas para PATE.

- Informe de línea base para PAIP.

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be **right**



Informe de línea base GNSS

Informe creado: 17/04/2024 20:44:08

Detalles del Proyecto

General	Información del cliente	Sistema de Coordenadas
Nombre del proyecto: PAIP	Nombre del cliente: -	Principal
Propietario: -	Persona de contacto: -	Nombre de Sistema de Coordenadas: ETRS89-UTM30
Jefe de Topografía: -	Número: -	Tipo de Transformación: -
Fecha de Creación: 13/04/2024 11:26:21	Email: -	Distribución de Residuos: Ninguno
Último Acceso: 17/04/2024 20:43:44	Skype: -	Elipsoide: GRS 1980
Software aplicación: Infinity 4.1.2	Website: -	Tipo de Proyección: UTM
		Modelo de Geoide: EGM08_RED NAP
		Modelo CPCS: -

Ruta: C:\Users\TONI AGUSTIN\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\PAIP\PAIP.jpg

Tamaño: 287,5 MB

Comentarios: -

Resumen

Estático

#	Desde Estación	Punto Id	Hora Inicio	Hora Fin	Duración	Δx [m]	Δy [m]	Δz [m]	Desv. Estd. ΔX [m]	Desv. Estd. ΔY [m]	Desv. Estd. ΔZ [m]	Tipo de Solución
1	VALE	PAIP	17/04/2023 19:53:59	17/04/2023 20:47:03	00:53:04	4,080,1597	5,918,1885	5,023,8822	0,0002	0,0001	0,0001	Fijo (Fase)
2	VCIA	PAIP	17/04/2023 19:53:59	17/04/2023 20:47:03	00:53:04	911,2363	5,361,0892	1,146,9853	0,0001	0,0001	0,0001	Fijo (Fase)

Fig. 31: Informe de línea base para PAIP.

- Informe de procesamiento para PAIP.

Leica Geosystems AG
Heinrich Wild Strasse
CH-9435 Heerbrugg
St. Gallen, Switzerland

Phone: + 41 71 727 3131
Fax: + 41 71 727 4674

- when it has to be right



Informe del Procesamiento GNSS - Resumen

Informe creado: 17/04/2024 20:44:38

Detalles del Proyecto

General Nombre del proyecto: PAIP Propietario: - Jefe de Topografía: - Fecha de Creación: 13/04/2024 11:26:21 Último Acceso: 17/04/2024 20:43:44 Software aplicación: Infinity 4.1.2	Información del cliente Nombre del cliente: - Persona de contacto: - Número: - Email: - Skype: - Website: -	Sistema de Coordenadas Principal Nombre de Sistema de Coordenadas: ETRS89-UTM30 Tipo de Transformación: - Distribución de Residuos: Ninguno Elipsoide: GRS 1980 Tipo de Proyección: UTM Modelo de Geoid: EGM08_RED NAP Modelo CSCS: -
--	---	---

Ruta: C:\Users\TONI AGUSTIN\Documents\Leica Geosystems\Infinity\Projects\PAIP\PAIP.jpg

Tamaño: 287,5 MB

Comentarios: -

Línea base VALE - PAIP

Parámetros de Procesamiento (17/04/2023 19:53:49 - 17/04/2023 20:47:03)

Datos	Seleccionado	Usado	Comentarios
Máscara de Elevación:	10°	10°	
Frecuencias:	Automático	L1/L2/L5	
Tasa de Registro:	Usar Todos	1,00 seg	
Sistema de Satélites:	GPS/GLONASS/Galileo/Beidou	GPS/GLONASS	
Tipo de Efemérides:	Transmitidas	Transmitidas	
Set de Calibración de Antena:	NGS 20 Absoluta	NGS 20 Absoluta	

Estrategia de Procesamiento

Tipo de Solución:	Fijo (Fase)	Fijo (Fase)
Optimización de Solución:	Automático	Ninguno
Frecuencias a usar en Ionosfera Reducida:	Automático	Automático
Modelo Troposférico:	Automático	VMF con modelo GPT2
Modelo Ionosférico:	Automático	Calculado
Permitir Solucionar en modo Widelane:	Automático	Automático

Parámetros Generales

Dist. mín. para Ionosfera Reducida:	15 km	
Posibilidad de Fijar Ambigüedades hasta:	300 km	
Tiempo mín. para soluciones flotantes (estático):	00:05:00	

Parámetros de hora

Formato hora:	HH:mm:ss	
Sistema de hora:	Hora Local	
Cambio de segundos:	18	

Fig. 32: Informe de procesamiento para PAIP.

- **Tabla de coordenadas calculadas para PAIP.**

CARTESIANAS										
Punto Id	X (m)	Y (m)	Z (m)	Altitud Elipsoidal (m)	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Z (m)
PAIP	4933614,17	-34968,88422	4028686,03	65,3903	0,00014	0,00008	0,00012	0,0001	0,00006	0,00008
GEODESICAS										
Punto Id	Latitud (° ´ ")	Longitud (° ´ ")	Altitud Orto. (m)	Altitud Elipsoidal (m)	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est Latitud (m)	D.Est Longitud (m)	D.Est. Alt. (m)
PAIP	39 25 20,330000 N	0 24 21,956508 O	15,34241	65,3903	0,00014	0,00008	0,00012	0,00005	0,00006	0,00012
PROYECTADAS										
Punto Id	X (m)	Y (m)	Huso	Altitud Orto. (m)	CQ 3D	CQ 2D	CQ 1D	D.Est X	D.Est Y	D.Est Alt.
PAIP	723284,035	4366853,744	30	15,34241	0,00014	0,00008	0,00012	0,00006	0,00005	0,00012

Tabla 2: Coordenadas calculadas para PAIP.

5.2. Fase 2: Coordenadas de puntos de control

En este apartado se van a presentar las coordenadas de los 7 puntos de control medidos en cada zona, es decir en la zona de Paterna y en la zona de Paiporta, haciendo uso de cada una de las soluciones RTK consideradas y descritas en el apartado de metodología. Cada una de ellas se presenta con su desviación estándar asociada. También se muestran los valores de control de calidad (CQ) en 3D, 2D y 1D almacenados para cada solución de posición. Se presentan las coordenadas obtenidas en tres formatos: cartesianas (X,Y,Z) geodésicas (latitud, longitud y altitud elipsoidal) y considerando la proyección UTM (x,y) con altitud ortométrica (H) en el sistema de referencia ETRS89. El modelo de geoide considerado es el oficial (EGM08_RED NAP).

5.2.1. Fase 2A: Solución RTK con base única (Solución 1).

Las tablas incluyen las coordenadas obtenidas en modo RTK convencional con base única (Tabla 1. Coordenadas cartesianas, Tabla 2. Coordenadas geodésicas y Tabla 3. Coordenadas proyectadas). Cada tabla está compuesta

por el ID del punto, sus coordenadas, un código (número de posiciones para cada punto 1-10-20-50 posiciones), calidad por punto (3D-2D-1D) y sus desviaciones.

1. PATE: Cartesianas.

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Z (m)
PATE				BASE						
PC-1	4924632,4825	-40105,1357	4039688,5056	1	0,0175	0,0089	0,015	0,0056	0,007	0,0151
PC-1	4924632,4786	-40105,1352	4039688,5030	10	0,0138	0,0074	0,0116	0,0048	0,0056	0,0116
PC-1	4924632,4833	-40105,1368	4039688,5056	20	0,0108	0,0057	0,0092	0,0037	0,0043	0,0192
PC-1	4924632,4997	-40105,1354	4039688,5101	50	0,0129	0,007	0,0108	0,0016	0,0012	0,0108
PC-2	4924635,2655	-40109,2587	4039685,0977	1	0,0126	0,0062	0,011	0,0042	0,0046	0,0112
PC-2	4924635,2678	-40109,2586	4039685,1017	10	0,0112	0,0054	0,0098	0,0036	0,0042	0,0098
PC-2	4924635,2649	-40109,2600	4039685,1002	20	0,0099	0,0048	0,0087	0,0032	0,0035	0,0087
PC-2	4924635,2675	-40109,2591	4039685,1039	50	0,0093	0,0044	0,0082	0,0031	0,0032	0,0082
PC-3	4924636,3136	-40110,8134	4039683,8210	1	0,0182	0,0096	0,0154	0,0068	0,0069	0,0154
PC-3	4924636,3226	-40110,8144	4039683,8266	10	0,0147	0,0078	0,0125	0,0054	0,0056	0,0125
PC-3	4924636,3273	-40110,8143	4039683,8320	20	0,0127	0,0067	0,0108	0,0046	0,0048	0,0108
PC-3	4924636,3414	-40110,8117	4039683,8360	50	0,008	0,0041	0,0068	0,0027	0,003	0,0068
PC-4	4924639,9688	-40116,0923	4039679,4431	1	0,0136	0,007	0,0116	0,0044	0,0054	0,0116
PC-4	4924639,9723	-40116,0933	4039679,4475	10	0,0125	0,0064	0,0108	0,0043	0,0048	0,0108
PC-4	4924639,9781	-40116,0936	4039679,4519	20	0,0123	0,0064	0,0106	0,0042	0,0048	0,0106
PC-4	4924639,9750	-40116,0955	4039679,4475	50	0,0089	0,0045	0,0077	0,003	0,0034	0,0077
PC-5	4924641,7236	-40108,5123	4039677,3740	1	0,0134	0,0074	0,0111	0,0051	0,0053	0,0111
PC-5	4924641,7233	-40108,5114	4039677,3749	10	0,0115	0,0062	0,0097	0,0042	0,0045	0,0097
PC-5	4924641,7268	-40108,5111	4039677,3757	20	0,0088	0,0048	0,0074	0,0033	0,0035	0,0074
PC-5	4924641,7265	-40108,5104	4039677,3742	50	0,0077	0,0042	0,0065	0,0029	0,003	0,0065
PC-6	4924644,4995	-40101,9923	4039673,9036	1	0,0122	0,0067	0,0102	0,0047	0,0048	0,0102
PC-6	4924644,4989	-40101,9898	4039673,9063	10	0,0102	0,0057	0,0084	0,0039	0,0041	0,0084
PC-6	4924644,5001	-40101,9915	4039673,9048	20	0,009	0,005	0,0075	0,0035	0,0036	0,0075
PC-6	4924644,5031	-40101,9907	4039673,9087	50	0,008	0,0044	0,0067	0,003	0,0032	0,0067
PC-7	4924648,9021	-40094,7059	4039668,6408	1	0,0176	0,0111	0,0136	0,0078	0,0079	0,0136
PC-7	4924648,9134	-40094,7030	4039668,6501	10	0,0199	0,0122	0,0158	0,0085	0,0087	0,0158
PC-7	4924648,9177	-40094,7026	4039668,6495	20	0,0207	0,0126	0,0165	0,0087	0,009	0,0165
PC-7	4924648,9059	-40094,7072	4039668,6431	50	0,0206	0,0124	0,0164	0,0056	0,0049	0,0114

Tabla 3: Coordenadas cartesianas para los puntos de control desde PATE.

2. PATE: Geodésicas.

ID	LATITUD (° ´ ´´)	LONGITUD (° ´ ´´)	h (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est Lat (m)	D.Est Lon (m)	D.Est h (m)
PATE	39 33 00,325650 N	0 27 59,398770 O	160,5990	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	39 33 00,040350 N	0 27 59,738579 O	160,2932	1	0,0175	0,0089	0,015	0,0056	0,007	0,0151
PC-1	39 33 00,040365 N	0 27 59,738561 O	160,2886	10	0,0138	0,0074	0,0116	0,0048	0,0056	0,0116
PC-1	39 33 00,040334 N	0 27 59,738628 O	160,2938	20	0,0108	0,0057	0,0092	0,0037	0,0043	0,0192
PC-1	39 33 00,040107 N	0 27 59,738563 O	160,3092	50	0,0129	0,007	0,0108	0,0016	0,0012	0,0108
PC-2	39 32 59,896998 N	0 27 59,910310 O	160,2948	1	0,0126	0,0062	0,011	0,0042	0,0046	0,0112
PC-2	39 32 59,897052 N	0 27 59,910306 O	160,2992	10	0,0112	0,0054	0,0098	0,0036	0,0042	0,0098
PC-2	39 32 59,897072 N	0 27 59,910364 O	160,2960	20	0,0099	0,0048	0,0087	0,0032	0,0035	0,0087
PC-2	39 32 59,897111 N	0 27 59,910324 O	160,3003	50	0,0093	0,0044	0,0082	0,0031	0,0032	0,0082
PC-3	39 32 59,843180 N	0 27 59,975063 O	160,2998	1	0,0182	0,0096	0,0154	0,0068	0,0069	0,0154
PC-3	39 32 59,843135 N	0 27 59,975103 O	160,3104	10	0,0147	0,0078	0,0125	0,0054	0,0056	0,0125
PC-3	39 32 59,843173 N	0 27 59,975097 O	160,3174	20	0,0127	0,0067	0,0108	0,0046	0,0048	0,0108
PC-3	39 32 59,842982 N	0 27 59,974985 O	160,3308	50	0,008	0,0041	0,0068	0,0027	0,003	0,0068
PC-4	39 32 59,657378 N	0 28 00,194904 O	160,3637	1	0,0136	0,007	0,0116	0,0044	0,0054	0,0116
PC-4	39 32 59,657413 N	0 28 00,194946 O	160,3692	20	0,0125	0,0064	0,0108	0,0043	0,0048	0,0108
PC-4	39 32 59,657405 N	0 28 00,194959 O	160,3765	20	0,0123	0,0064	0,0106	0,0042	0,0048	0,0106
PC-4	39 32 59,657359 N	0 28 00,195037 O	160,3713	50	0,0089	0,0045	0,0077	0,003	0,0034	0,0077
PC-5	39 32 59,570694 N	0 27 59,876847 O	160,3516	1	0,0134	0,0074	0,0111	0,0051	0,0053	0,0111
PC-5	39 32 59,570723 N	0 27 59,876808 O	160,3520	10	0,0115	0,0062	0,0097	0,0042	0,0045	0,0097
PC-5	39 32 59,570668 N	0 27 59,876794 O	160,3551	20	0,0088	0,0048	0,0074	0,0033	0,0035	0,0074
PC-5	39 32 59,570639 N	0 27 59,876766 O	160,3540	50	0,0077	0,0042	0,0065	0,0029	0,003	0,0065
PC-6	39 32 59,427716 N	0 27 59,602833 O	160,2412	1	0,0122	0,0067	0,0102	0,0047	0,0048	0,0102
PC-6	39 32 59,427795 N	0 27 59,602727 O	160,2425	10	0,0102	0,0057	0,0084	0,0039	0,0041	0,0084
PC-6	39 32 59,427734 N	0 27 59,602799 O	160,2425	20	0,009	0,005	0,0075	0,0035	0,0036	0,0075
PC-6	39 32 59,427769 N	0 27 59,602762 O	160,2473	50	0,008	0,0044	0,0067	0,003	0,0032	0,0067
PC-7	39 32 59,206472 N	0 27 59,296166 O	160,2390	1	0,0176	0,0111	0,0136	0,0078	0,0079	0,0136
PC-7	39 32 59,206471 N	0 27 59,296041 O	160,2536	10	0,0199	0,0122	0,0158	0,0085	0,0087	0,0158
PC-7	39 32 59,206369 N	0 27 59,296024 O	160,2565	20	0,0207	0,0126	0,0165	0,0087	0,009	0,0165
PC-7	39 32 59,206451 N	0 27 59,296221 O	160,2434	50	0,0206	0,0124	0,0164	0,0056	0,0049	0,0114

Tabla 4: Coordenadas geodésicas para los puntos de control desde PATE.

3. PATE: Proyección UTM (x,y) con altitud ortométrica (H).

ID	X (m)	Y (m)	H (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est H (m)
PATE	717684,987	4380889,26	110,225	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	717677,124	4380880,23	109,923	1	0,0175	0,0089	0,015	0,0056	0,0070	0,0151
PC-1	717677,1240	4380880,24	109,915	10	0,0138	0,0074	0,0116	0,0048	0,0056	0,0116
PC-1	717677,123	4380880,23	109,923	20	0,0108	0,0057	0,0092	0,0037	0,0043	0,0192
PC-1	717677,124	4380880,23	109,922	50	0,0129	0,0017	0,0108	0,0016	0,0012	0,0108
PC-2	717673,149	4380875,7	109,9209	1	0,0126	0,0062	0,091	0,0042	0,0046	0,0112
PC-2	717673,149	4380875,7	109,9252	10	0,0112	0,0054	0,0098	0,0036	0,0042	0,0098
PC-2	717673,148	4380875,7	109,922	20	0,0099	0,0048	0,0087	0,0032	0,0035	0,0087
PC-2	717673,148	4380875,7	109,9264	50	0,0093	0,0044	0,0082	0,0031	0,0032	0,0082
PC-3	717671,65	4380874	109,9258	1	0,0182	0,0096	0,0154	0,0068	0,0069	0,0154
PC-3	717671,649	4380873,99	109,9364	10	0,0147	0,0078	0,0125	0,0054	0,0056	0,0125
PC-3	717671,649	4380874	109,9435	20	0,0127	0,0067	0,0108	0,0046	0,0048	0,0108
PC-3	717671,652	4380873,99	109,9568	50	0,008	0,0041	0,0068	0,0027	0,003	0,0068
PC-4	717666,564	4380868,12	109,9897	1	0,0136	0,007	0,0116	0,0044	0,0054	0,0116
PC-4	717666,563	4380868,12	109,9952	10	0,0125	0,0064	0,0108	0,0043	0,0048	0,0108
PC-4	717666,562	4380868,12	110,0026	20	0,0123	0,0064	0,0106	0,0042	0,0048	0,0106
PC-4	717666,561	4380868,12	109,9973	50	0,0089	0,0045	0,0077	0,003	0,0034	0,0077
PC-5	717674,231	4380865,66	109,9778	1	0,0134	0,0074	0,0111	0,0051	0,0053	0,0111
PC-5	717674,232	4380865,66	109,9782	10	0,0115	0,0062	0,0097	0,0042	0,0045	0,0097
PC-5	717674,232	4380865,66	109,9813	20	0,0088	0,0048	0,0074	0,0033	0,0035	0,0074
PC-5	717674,233	4380865,66	109,9802	50	0,0077	0,0042	0,0065	0,0029	0,003	0,0065
PC-6	717680,896	4380861,44	109,8676	1	0,0122	0,0067	0,0102	0,0047	0,0048	0,0102
PC-6	717680,899	4380861,44	109,8689	10	0,0102	0,0057	0,0084	0,0039	0,0041	0,0084
PC-6	717680,897	4380861,44	109,8689	20	0,009	0,005	0,0075	0,0035	0,0036	0,0075
PC-6	717680,898	4380861,44	109,8736	50	0,008	0,0044	0,0067	0,003	0,0032	0,0067
PC-7	717688,409	4380854,82	109,8655	1	0,0176	0,0111	0,0136	0,0078	0,0079	0,0136
PC-7	717688,412	4380854,82	109,8802	10	0,0199	0,0122	0,0158	0,0085	0,0087	0,0158
PC-7	717688,412	4380854,82	109,8831	20	0,0207	0,0126	0,0165	0,0087	0,0090	0,0165
PC-7	717688,407	4380854,82	109,871	50	0,0206	0,0124	0,0164	0,0056	0,0049	0,0114

Tabla 5: Coordenadas UTM y H para los puntos de control desde PATE.

Como las calidades son las mismas en las 3 tablas, centraré el análisis en los resultados de la Tabla 3 que corresponde a las coordenadas X e Y UTM y H.

La primera observación a tener en cuenta es que en todos los puntos de control los valores correspondientes a las calidades 3D son del mismo orden y muy parecidos entre sí, no excediendo de los 2cm, acordes con las precisiones esperables para este tipo de receptores GNSS, es decir, de carácter centimétrico.

Para las soluciones correspondientes a 1 posición, (COD: 1), cuyos valores no están promediados ya que solo se ha realizado una lectura y que sería el caso más desfavorable, para cada punto de control, se aprecia que las desviaciones estándar en X, Y, y H son del orden del 1.5 cm en el peor de los casos, valor esperado por la metodología utilizada y por las prestaciones del equipo.

Otro resultado para tener en cuenta es que ninguna de las desviaciones en ninguno de los 7 puntos observados, en sus diferentes posiciones 1-10-20-50 posiciones, excede los 2 cm.

Las coordenadas medias, por ejemplo, del primer punto de control, PC1, son $X=717677.124$ m, $Y=4380880,233$ m y $H=109,921$ m. Como se puede observar en la tabla anterior, el punto observado con más posiciones, 50 posiciones, es el valor más próximo a la media, tal y como era de esperar.

Estos comentarios vienen a corroborar que el posicionamiento GNSS en tiempo real, que es el método utilizado, permite lograr un posicionamiento a nivel de centímetro o inferior, especialmente al encontrarnos en una zona de actuación entre la base y el rover no superior a 1km, esto implica que las precisiones y la calidad 3D sea acorde a la esperada.

1. PAIP: Cartesianas.

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Z (m)
PAIP	4933614,1706	-34968,8841	4028686,0294	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	4933614,0328	-34972,9432	4028685,6419	1	0,0116	0,0082	0,0082	0,0073	0,0055	0,0071
PC-1	4933614,0415	-34972,9252	4028685,6201	20	0,0083	0,0045	0,0069	0,0056	0,0028	0,0054
PC-1	4933614,0414	-34972,9254	4028685,6196	50	0,0082	0,0044	0,0069	0,0055	0,0028	0,0054
PC-1	4933614,0391	-34972,9251	4028685,6165	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0046	0,0024	0,0046
PC-2	4933607,4099	-34971,9133	4028693,6929	1	0,0139	0,0092	0,0104	0,0089	0,0063	0,0089
PC-2	4933607,4038	-34971,9130	4028693,6877	10	0,0133	0,0089	0,0099	0,0085	0,0058	0,0084
PC-2	4933607,4054	-34971,9137	4028693,6903	20	0,0129	0,0088	0,0095	0,0083	0,0058	0,0087
PC-2	4933607,4074	-34971,9141	4028693,6905	50	0,0129	0,0087	0,0095	0,0082	0,0057	0,0081
PC-3	4933599,9842	-34955,1953	4028702,8920	1	0,0132	0,0089	0,0097	0,0082	0,0059	0,0084
PC-3	4933599,9876	-34955,1960	4028702,8952	10	0,0135	0,0089	0,0102	0,0085	0,0059	0,0087
PC-3	4933599,9908	-34955,1957	4028702,8969	20	0,0143	0,0094	0,0108	0,0094	0,0063	0,0092
PC-3	4933599,9902	-34955,1977	4028702,8949	50	0,0138	0,0091	0,0103	0,0075	0,0049	0,008
PC-4	4933612,6302	-34981,1724	4028687,2867	1	0,0132	0,0089	0,0097	0,0088	0,0059	0,0085
PC-4	4933612,6317	-34981,1730	4028687,2856	10	0,0139	0,0092	0,0104	0,0086	0,0061	0,009
PC-4	4933612,6337	-34981,1733	4028687,2877	20	0,0142	0,0095	0,0106	0,0088	0,0063	0,0092
PC-4	4933612,6336	-34981,1729	4028687,2891	50	0,0135	0,0091	0,01	0,0082	0,0052	0,008
PC-5	4933614,1000	-34989,7878	4028685,6942	1	0,016	0,01	0,0124	0,0109	0,0067	0,0095
PC-5	4933614,1010	-34989,7890	4028685,6930	10	0,0149	0,0096	0,0114	0,0101	0,0064	0,0089
PC-5	4933614,0956	-34989,7902	4028685,6943	20	0,0135	0,009	0,0101	0,0089	0,0065	0,0081
PC-5	4933614,0983	-34989,7896	4028685,6951	50	0,0135	0,009	0,0101	0,0079	0,0060	0,008
PC-6	4933604,7854	-35005,3901	4028696,8496	1	0,0138	0,009	0,0104	0,0095	0,0068	0,0077
PC-6	4933604,7832	-35005,3881	4028696,8499	10	0,0122	0,0083	0,0089	0,0083	0,0068	0,008
PC-6	4933604,7859	-35005,3865	4028696,8535	20	0,0132	0,0087	0,0099	0,0091	0,0066	0,0074
PC-6	4933604,7835	-35005,3900	4028696,8475	50	0,0154	0,0097	0,012	0,0081	0,0065	0,0072
PC-7	4933615,3242	-34999,3547	4028683,9920	1	0,0167	0,0104	0,013	0,0119	0,0072	0,0092
PC-7	4933615,3236	-34999,3562	4028683,9872	10	0,0134	0,009	0,0099	0,0113	0,0069	0,0073
PC-7	4933615,3269	-34999,3567	4028683,9928	20	0,0155	0,0097	0,012	0,0110	0,0069	0,0084
PC-7	4933615,3265	-34999,3582	4028683,9894	50	0,0147	0,0096	0,0111	0,0105	0,0059	0,0071

Tabla 6: Coordenadas cartesianas para los puntos de control desde PAIP.

2. PAIP: Geodésicas

ID	LATITUD (° ' ")	LONGITUD (° ' ")	ALT ORTO (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est Lat (m)	D.Est Lon (m)	D.Est H (m)
PAIP	39 25 20,329988 N	0 24 21,956502 O	15,3424	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	39 25 20,322525 N	0 24 22,126239 O	15,0120	1	0,0116	0,0082	0,0082	0,0073	0,0055	0,0071
PC-1	39 25 20,321803 N	0 24 22,125483 O	15,0048	20	0,0083	0,0045	0,0069	0,0056	0,0028	0,0054
PC-1	39 25 20,321793 N	0 24 22,125494 O	15,0044	50	0,0082	0,0044	0,0069	0,0055	0,0028	0,0054
PC-1	39 25 20,321763 N	0 24 22,125479 O	15,0008	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0046	0,0024	0,0046
PC-2	39 25 20,660707 N	0 24 22,085145 O	15,0030	1	0,0139	0,0092	0,0104	0,0089	0,0063	0,0089
PC-2	39 25 20,660701 N	0 24 22,085136 O	14,9950	10	0,0133	0,0089	0,0099	0,0085	0,0058	0,0084
PC-2	39 25 20,660733 N	0 24 22,085161 O	14,9979	20	0,0129	0,0088	0,0095	0,0083	0,0058	0,0087
PC-2	39 25 20,660698 N	0 24 22,085181 O	14,9996	50	0,0129	0,0087	0,0095	0,0082	0,0057	0,0081
PC-3	39 25 21,046464 N	0 24 21,388433 O	15,0174	1	0,0132	0,0089	0,0097	0,0082	0,0059	0,0084
PC-3	39 25 21,046476 N	0 24 21,388459 O	15,0220	10	0,0135	0,0089	0,0102	0,0085	0,0059	0,0087
PC-3	39 25 21,046451 N	0 24 21,388446 O	15,0256	20	0,0143	0,0094	0,0108	0,0094	0,0063	0,0092
PC-3	39 25 21,046414 N	0 24 21,388529 O	15,0238	50	0,0138	0,0091	0,0103	0,0075	0,0049	0,008
PC-4	39 25 20,391402 N	0 24 22,470682 O	15,0180	1	0,0132	0,0089	0,0097	0,0088	0,0059	0,0085
PC-4	39 25 20,391345 N	0 24 22,470706 O	15,0184	10	0,0139	0,0092	0,0104	0,0086	0,0061	0,009
PC-4	39 25 20,391356 N	0 24 22,470719 O	15,0213	20	0,0142	0,0095	0,0106	0,0088	0,0063	0,0092
PC-4	39 25 20,391393 N	0 24 22,470702 O	15,0221	50	0,0135	0,0091	0,01	0,0082	0,0052	0,008
PC-5	39 25 20,319995 N	0 24 22,830424 O	15,1891	1	0,016	0,01	0,0124	0,0109	0,0067	0,0095
PC-5	39 25 20,319942 N	0 24 22,830475 O	15,1891	10	0,0149	0,0096	0,0114	0,0101	0,0064	0,0089
PC-5	39 25 20,320084 N	0 24 22,830527 O	15,1858	20	0,0135	0,009	0,0101	0,0089	0,0065	0,0081
PC-5	39 25 20,320050 N	0 24 22,830500 O	15,1883	50	0,0135	0,009	0,0101	0,0079	0,0060	0,008
PC-6	39 25 20,788928 N	0 24 23,485457 O	15,1629	1	0,0138	0,009	0,0104	0,0095	0,0068	0,0077
PC-6	39 25 20,788981 N	0 24 23,485373 O	15,1615	10	0,0122	0,0083	0,0089	0,0083	0,0068	0,008
PC-6	39 25 20,789015 N	0 24 23,485306 O	15,1658	20	0,0132	0,0087	0,0099	0,0091	0,0066	0,0074
PC-6	39 25 20,788914 N	0 24 23,485451 O	15,1601	50	0,0154	0,0097	0,012	0,0081	0,0065	0,0072
PC-7	39 25 20,250752 N	0 24 23,230014 O	15,1060	1	0,0167	0,0104	0,013	0,0119	0,0072	0,0092
PC-7	39 25 20,250642 N	0 24 23,230077 O	15,1025	10	0,0134	0,009	0,0099	0,0113	0,0069	0,0073
PC-7	39 25 20,250716 N	0 24 23,230096 O	15,1087	20	0,0155	0,0097	0,012	0,0110	0,0069	0,0084
PC-7	39 25 20,250638 N	0 24 23,230158 O	15,1062	50	0,0147	0,0096	0,0111	0,0105	0,0059	0,0071

Tabla 7: Coordenadas geodésicas para los puntos de control desde PAIP.

3. PAIP: Proyección UTM (x,y) con altitud ortométrica (H).

ID	X (m)	Y (m)	H (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est H (m)
PAIP	723284,0350	4366853,7440	15,3424	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	723279,9826	4366853,3971	15,0120	1	0,0116	0,0082	0,0082	0,0073	0,0055	0,0071
PC-1	723280,0013	4366853,3754	15,0048	10	0,0083	0,0045	0,0069	0,0056	0,0028	0,0054
PC-1	723280,0011	4366853,3751	15,0044	20	0,0082	0,0044	0,0069	0,0055	0,0028	0,0054
PC-1	723280,0014	4366853,3741	15,0008	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0046	0,0024	0,0046
PC-2	723280,6653	4366863,8528	15,0030	1	0,0139	0,0092	0,0104	0,0089	0,0063	0,0089
PC-2	723280,6656	4366863,8526	14,9950	10	0,0133	0,0089	0,0099	0,0085	0,0058	0,0084
PC-2	723280,6649	4366863,8536	14,9979	20	0,0129	0,0088	0,0095	0,0083	0,0058	0,0087
PC-2	723280,6645	4366863,8525	14,9996	50	0,0129	0,0087	0,0095	0,0082	0,0057	0,0081
PC-3	723296,9846	4366876,2265	15,0174	1	0,0132	0,0089	0,0097	0,0082	0,0059	0,0084
PC-3	723296,9839	4366876,2268	15,0220	10	0,0135	0,0089	0,0102	0,0085	0,0059	0,0087
PC-3	723296,9843	4366876,2261	15,0256	20	0,0143	0,0094	0,0108	0,0094	0,0063	0,0092
PC-3	723296,9823	4366876,2249	15,0238	50	0,0138	0,0091	0,0103	0,0075	0,0049	0,008
PC-4	723271,6843	4366855,2839	15,0180	1	0,0132	0,0089	0,0097	0,0088	0,0059	0,0085
PC-4	723271,6838	4366855,2821	15,0184	10	0,0139	0,0092	0,0104	0,0086	0,0061	0,009
PC-4	723271,6835	4366855,2825	15,0213	20	0,0142	0,0095	0,0106	0,0088	0,0063	0,0092
PC-4	723271,6839	4366855,2836	15,0221	50	0,0135	0,0091	0,01	0,0082	0,0052	0,008
PC-5	723263,1447	4366852,8346	15,1891	1	0,016	0,01	0,0124	0,0109	0,0067	0,0095
PC-5	723263,1435	4366852,8330	15,1891	10	0,0149	0,0096	0,0114	0,0101	0,0064	0,0089
PC-5	723263,1421	4366852,8373	15,1858	20	0,0135	0,009	0,0101	0,0089	0,0065	0,0081
PC-5	723263,1428	4366852,8363	15,1883	50	0,0135	0,009	0,0101	0,0079	0,0060	0,008
PC-6	723247,0640	4366866,8430	15,1629	1	0,0138	0,009	0,0104	0,0095	0,0068	0,0077
PC-6	723247,0660	4366866,8447	15,1615	10	0,0122	0,0083	0,0089	0,0083	0,0068	0,008
PC-6	723247,0676	4366866,8458	15,1658	20	0,0132	0,0087	0,0099	0,0091	0,0066	0,0074
PC-6	723247,0642	4366866,8426	15,1601	50	0,0154	0,0097	0,012	0,0081	0,0065	0,0072
PC-7	723253,6501	4366850,4248	15,1060	1	0,0167	0,0104	0,013	0,0119	0,0072	0,0092
PC-7	723253,6487	4366850,4213	15,1025	10	0,0134	0,009	0,0099	0,0113	0,0069	0,0073
PC-7	723253,6482	4366850,4236	15,1087	20	0,0155	0,0097	0,012	0,0110	0,0069	0,0084
PC-7	723253,6468	4366850,4211	15,1062	50	0,0147	0,0096	0,0111	0,0105	0,0059	0,0071

Tabla 8: Coordenadas UTM y H para los puntos de control desde PAIP.

Para esta segunda solución, en la cual los datos se han tomado mediante el método RTK convencional por radio con base única **PAIP**, se han presentado 3 tablas. Cada tabla presenta los 7 puntos de control elegidos para cada ubicación en un formato de coordenadas diferentes. Las tablas están compuestas por el ID del punto, sus coordenadas, código (tiempo de lectura de cada punto 1-10-20-50 posiciones), calidad por punto en 3D-2D-1D, y sus desviaciones.

Para analizar los resultados se considerará la tabla 3 (coordenadas UTM y H). Viendo los resultados, en todos los puntos de control los valores a primera vista son coherentes con lo esperado, ya que los valores de la calidad 3D son del mismo orden y muy parecidos, no excediendo de los 1.5 cm.

También se puede observar que, eligiendo la opción de 1 posición, cuyos valores no están promediados y que sería el caso más desfavorable para cada punto, que las desviaciones estándar en XYH son del orden del 1 cm o inferior, a excepción de 3 valores en los que el mayor de ellos es de 1.3 cm. Los valores están en el orden de lo esperado o incluso mejor. Las desviaciones en ninguno de los 7 puntos observados en sus diferentes posiciones 1-10-20-50 posiciones excede los 2cm.

Considerando a modo de ejemplo el primer punto de control, PC1, con coordenadas medias $X=723279.996$ m, $Y=4366853.380$ m y $H: 15.005$ m, el punto observado con más posiciones (50), es el valor más próximo a la media tal y como era de esperar.

Remarcar que, al encontrarnos en una zona de actuación con una línea base de 1km o menos, esto implica que las precisiones y la calidad 3D sea muy próxima a la esperada.

5.2.2. Fase 2B: Solución NRTK (ERVA).

1. VCIA: Cartesianas.

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Z (m)
VCIA	728594,6570	4368496,3010	7,6280	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	4933614,0429	-34972,9451	4028685,6540	1	0,0104	0,0057	0,0086	0,0075	0,004	0,0059
PC-1	4933614,0336	-34972,9064	4028685,6395	10	0,0082	0,0045	0,0068	0,006	0,0031	0,0046
PC-1	4933614,0347	-34972,9058	4028685,6448	20	0,0084	0,0047	0,007	0,0062	0,0033	0,0047
PC-1	4933614,0313	-34972,9059	4028685,6437	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0054	0,0025	0,0036
PC-2	4933607,4308	-34971,9273	4028693,6827	1	0,0128	0,0071	0,0107	0,0099	0,0047	0,0066
PC-2	4933607,4208	-34971,9290	4028693,6959	10	0,0123	0,0068	0,0102	0,0095	0,0045	0,0064
PC-2	4933607,4233	-34971,9286	4028693,6938	20	0,0121	0,0067	0,01	0,0092	0,0045	0,0063
PC-2	4933607,4219	-34971,9222	4028693,6861	50	0,009	0,005	0,0074	0,0069	0,0033	0,0047
PC-3	4933599,9846	-34955,2197	4028702,9216	1	0,0179	0,0118	0,0135	0,0126	0,0082	0,0098
PC-3	4933599,9887	-34955,2195	4028702,9160	1	0,0183	0,012	0,0138	0,0129	0,0083	0,0100
PC-3	4933599,9928	-34955,2191	4028702,9063	20	0,0165	0,0111	0,0122	0,0108	0,0076	0,0099
PC-3	4933599,9932	-34955,2170	4028702,9118	50	0,0159	0,0106	0,0119	0,0107	0,0074	0,0093
PC-4	4933612,6158	-34981,1568	4028687,2431	1	0,018	0,012	0,0134	0,0120	0,0081	0,0107
PC-4	4933612,6237	-34981,1467	4028687,2311	10	0,0136	0,0099	0,0093	0,0116	0,0068	0,0111
PC-4	4933612,6187	-34981,1371	4028687,2520	20	0,0195	0,0127	0,0148	0,0131	0,0086	0,0116
PC-4	4933612,6257	-34981,1339	4028687,2476	50	0,0193	0,0127	0,0145	0,0101	0,0063	0,0108
PC-5	4933614,1048	-34989,7700	4028685,6879	1	0,0133	0,0096	0,0093	0,009	0,0067	0,0072
PC-5	4933614,1100	-34989,7699	4028685,6918	10	0,0138	0,0098	0,0097	0,0095	0,0067	0,0074
PC-5	4933614,1125	-34989,7773	4028685,7112	20	0,0136	0,0097	0,0096	0,0094	0,0067	0,0073
PC-5	4933614,1079	-34989,7720	4028685,6848	50	0,0138	0,0098	0,0097	0,0094	0,0061	0,0069
PC-6	4933604,7715	-35005,3814	4028696,8664	1	0,0182	0,0119	0,0138	0,0125	0,0081	0,0105
PC-6	4933604,7210	-35005,4168	4028696,8723	10	0,0172	0,0114	0,013	0,0117	0,0077	0,0100
PC-6	4933604,7246	-35005,4165	4028696,8725	20	0,0162	0,0109	0,012	0,0109	0,0074	0,0094
PC-6	4933604,7268	-35005,4194	4028696,8741	50	0,0174	0,0114	0,0131	0,0119	0,0071	0,0092
PC-7	4933615,3148	-34999,3539	4028683,9921	1	0,0176	0,0113	0,0135	0,0117	0,0077	0,0107
PC-7	4933615,3166	-34999,3543	4028683,9976	10	0,0158	0,0104	0,0119	0,0102	0,0071	0,0097
PC-7	4933615,3177	-34999,3573	4028683,9937	20	0,0149	0,01	0,011	0,0097	0,0069	0,009
PC-7	4933615,3209	-34999,3552	4028683,9974	50	0,0168	0,0108	0,0128	0,0113	0,0069	0,0089

Tabla 9: Coordenadas cartesianas para puntos de control desde VCIA.

2. VCIA: Geodésicas

ID	LATITUD (° ' ")	LONGITUD (° ' ")	ALT ORTO (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est Lat (m)	D.Est Lon (m)	D.Est H (m)
VCIA	39 26 08,545080 N	0 20 38,058091 O	7,6280	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	39 26 08,570633 N	0 20 38,115591 O	110,2890	1	0,0104	0,0057	0,0086	0,0075	0,004	0,0059
PC-1	39 26 08,570771 N	0 20 38,115641 O	110,2870	10	0,0082	0,0045	0,0068	0,006	0,0031	0,0046
PC-1	39 26 08,570655 N	0 20 38,115231 O	110,2985	20	0,0084	0,0047	0,007	0,0062	0,0033	0,0047
PC-1	39 26 08,571377 N	0 20 38,116667 O	110,2894	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0054	0,0025	0,0036
PC-2	39 26 08,425923 N	0 20 38,287812 O	110,3224	1	0,0128	0,0071	0,0107	0,0099	0,0047	0,0066
PC-2	39 26 08,425858 N	0 20 38,287886 O	110,3245	10	0,0123	0,0068	0,0102	0,0095	0,0045	0,0064
PC-2	39 26 08,425836 N	0 20 38,288008 O	110,3288	20	0,0121	0,0067	0,01	0,0092	0,0045	0,0063
PC-2	39 26 08,426145 N	0 20 38,288046 O	110,3307	50	0,009	0,005	0,0074	0,0069	0,0033	0,0047
PC-3	39 26 08,372740 N	0 20 38,352509 O	110,3826	1	0,0179	0,0118	0,0135	0,0126	0,0082	0,0098
PC-3	39 26 08,372745 N	0 20 38,352493 O	110,3812	10	0,0183	0,012	0,0138	0,0129	0,0083	0,0100
PC-3	39 26 08,372457 N	0 20 38,352639 O	110,3570	20	0,0165	0,0111	0,0122	0,0108	0,0076	0,0099
PC-3	39 26 08,372270 N	0 20 38,352861 O	110,3590	50	0,0159	0,0106	0,0119	0,0107	0,0074	0,0093
PC-4	39 26 08,186464 N	0 20 38,573617 O	110,3810	1	0,018	0,012	0,0134	0,0120	0,0081	0,0107
PC-4	39 26 08,186596 N	0 20 38,573414 O	110,3814	10	0,0136	0,0099	0,0093	0,0116	0,0068	0,0111
PC-4	39 26 08,186430 N	0 20 38,573367 O	110,3639	20	0,0195	0,0127	0,0148	0,0131	0,0086	0,0116
PC-4	39 26 08,186410 N	0 20 38,573424 O	110,3582	50	0,0193	0,0127	0,0145	0,0101	0,0063	0,0108
PC-5	39 26 08,100091 N	0 20 38,253963 O	110,3796	1	0,0133	0,0096	0,0093	0,009	0,0067	0,0072
PC-5	39 26 08,100125 N	0 20 38,253885 O	110,3752	10	0,0138	0,0098	0,0097	0,0095	0,0067	0,0074
PC-5	39 26 08,100156 N	0 20 38,253981 O	110,3685	20	0,0136	0,0097	0,0096	0,0094	0,0067	0,0073
PC-5	39 26 08,100105 N	0 20 38,254023 O	110,3728	50	0,0138	0,0098	0,0097	0,0094	0,0061	0,0069
PC-6	39 26 07,957068 N	0 20 37,982082 O	110,2981	1	0,0182	0,0119	0,0138	0,0125	0,0081	0,0105
PC-6	39 26 07,957153 N	0 20 37,982129 O	110,3049	10	0,0172	0,0114	0,013	0,0117	0,0077	0,0100
PC-6	39 26 07,957322 N	0 20 37,981989 O	110,3132	20	0,0162	0,0109	0,012	0,0109	0,0074	0,0094
PC-6	39 26 07,957386 N	0 20 37,981952 O	110,3159	50	0,0174	0,0114	0,0131	0,0119	0,0071	0,0092
PC-7	39 26 07,736636 N	0 20 37,674120 O	110,3012	1	0,0176	0,0113	0,0135	0,0117	0,0077	0,0107
PC-7	39 26 07,736710 N	0 20 37,674149 O	110,3014	10	0,0158	0,0104	0,0119	0,0102	0,0071	0,0097
PC-7	39 26 07,736721 N	0 20 37,674310 O	110,3069	20	0,0149	0,01	0,011	0,0097	0,0069	0,009
PC-7	39 26 07,736557 N	0 20 37,674230 O	110,3080	50	0,0168	0,0108	0,0128	0,0113	0,0069	0,0089

Tabla 10: Coordenadas geodésicas para puntos de control desde VCIA.

3. VCIA: UTM (x,y, huso) con altitud ortométrica (H)

ID	X (m)	Y (m)	H (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est H (m)
VCIA	728594,6570	4368496,3010	7,6280	BASE	0	0	0	0	0	0
PC-1	723279,9927	4366853,3952	15,0241	1	0,0099	0,0052	0,0085	0,0075	0,004	0,0059
PC-1	723279,9934	4366853,3942	15,0242	20	0,0095	0,005	0,0081	0,006	0,0031	0,0046
PC-1	723279,9944	4366853,3947	15,0296	50	0,0082	0,0043	0,0069	0,0062	0,0033	0,0047
PC-1	723279,9936	4366853,3933	15,0280	50	0,0069	0,0036	0,0059	0,0054	0,0025	0,0036
PC-2	723280,6862	4366863,8388	14,9928	1	0,0208	0,0114	0,0174	0,0099	0,0047	0,0066
PC-2	723280,6826	4366863,8366	15,0032	10	0,016	0,0087	0,0134	0,0095	0,0045	0,0064
PC-2	723280,6828	4366863,8387	15,0014	20	0,0133	0,0072	0,0111	0,0092	0,0045	0,0063
PC-2	723280,6790	4366863,8444	14,9952	50	0,0117	0,0064	0,0098	0,0069	0,0033	0,0047
PC-3	723296,9850	4366876,2021	15,0470	1	0,0185	0,0113	0,0147	0,0126	0,0082	0,0098
PC-3	723296,9850	4366876,2033	15,0428	10	0,0178	0,0108	0,0142	0,0129	0,0083	0,0100
PC-3	723296,9863	4366876,2027	15,0350	20	0,0154	0,0097	0,012	0,0108	0,0076	0,0099
PC-3	723296,9853	4366876,2056	15,0407	50	0,0163	0,0101	0,0128	0,0107	0,0074	0,0093
PC-4	723271,6699	4366855,2995	14,9744	1	0,0249	0,0144	0,0203	0,0120	0,0081	0,0107
PC-4	723271,6758	4366855,3084	14,9639	10	0,0245	0,0143	0,0199	0,0116	0,0068	0,0111
PC-4	723271,6685	4366855,3187	14,9856	20	0,0136	0,0076	0,0113	0,0131	0,0086	0,0116
PC-4	723271,6760	4366855,3226	14,9806	50	0,0088	0,0045	0,0075	0,0101	0,0063	0,0108
PC-5	723263,1495	4366852,8524	15,1828	1	0,0173	0,0094	0,0146	0,009	0,0067	0,0072
PC-5	723263,1525	4366852,8521	15,1879	10	0,0194	0,01	0,0166	0,0095	0,0067	0,0074
PC-5	723263,1590	4366852,8502	15,2027	20	0,0209	0,0105	0,0181	0,0094	0,0067	0,0073
PC-5	723263,1524	4366852,8539	15,1780	50	0,0187	0,0098	0,0159	0,0094	0,0061	0,0069
PC-6	723247,0501	4366866,8517	15,1797	1	0,0191	0,0114	0,0153	0,0125	0,0081	0,0105
PC-6	723247,0038	4366866,8160	15,1839	10	0,0124	0,0065	0,0105	0,0117	0,0077	0,0100
PC-6	723247,0063	4366866,8158	15,1848	20	0,0107	0,0056	0,0091	0,0109	0,0074	0,0094
PC-6	723247,0075	4366866,8132	15,1867	50	0,0085	0,0045	0,0072	0,0119	0,0071	0,0092
PC-7	723253,6407	4366850,4256	15,1061	1	0,0159	0,0099	0,0124	0,0117	0,0077	0,0107
PC-7	723253,6417	4366850,4232	15,1129	10	0,0157	0,0099	0,0122	0,0102	0,0071	0,0097
PC-7	723253,6390	4366850,4230	15,1096	20	0,017	0,0104	0,0134	0,0097	0,0069	0,009
PC-7	723253,6412	4366850,4241	15,1142	50	0,0172	0,0105	0,0136	0,0113	0,0069	0,0089

Tabla 11: Coordenadas UTM con H para puntos de control desde VCIA.

Para este tercer análisis, en el que los datos se han tomado mediante el método RTK con base fija de la red ERVA mediante conexión NTRIP, de nuevo se han presentado 3 tablas, en 3 formatos de coordenadas diferentes.

La primera observación a tener en cuenta es que, viendo los resultados de la tabla 11, en todos los puntos de control los valores a primera vista son buenos, aunque en este caso los valores de la calidad 3D son ligeramente superiores a los obtenidos en los 2 análisis anteriores. Trabajando desde la base **VCIA**, los valores obtenidos en las tablas son del mismo orden y muy parecidas, con valores que varían entre 1.5 y 2 cm. Con lo cual, se observa a simple vista que los errores están dentro del orden esperado, ya que en este caso disponemos de una línea base mayor que en los 2 casos anteriores que resolvía con las bases propias PATE y PAIP por ello estas diferencias en las calidades 3D.

También podemos observar, eligiendo la opción de 1 posición ya que sus valores no están promediados, que las desviaciones estándar son del orden del 1 cm en las desviaciones en X e Y o inferior en la mayoría de los casos, pero analizando la desviación para H está en torno 1.5 cm - 2 cm. Todo esto puede venir debido al tipo de solución con la antena de la red ERVA y depender de la distancia a la estación de referencia.

Otro dato para tener en cuenta es que ninguna de las desviaciones en ninguno de los 7 puntos observados en sus diferentes posiciones (1-10-20-50) excede los 2cm. Eligiendo 1 única posición, ya que tal y como comenté antes es el caso más desfavorable por no estar promediado, se puede observar que su calidad 3D para los 7 puntos de control es inferior a los 2cm.

También remarcaría que al encontrarnos en una zona de actuación entre la base y el rover superior a 5km, esto puede implicar que las precisiones y la calidad 3D sean más altas que en los casos anteriores por tener una línea de base mayor.

Para este último análisis, los datos corresponden a soluciones RTK de la red ERVA con modelo VRS (la línea base más cercana con VCIA está en torno a 20 km). Se presentan de nuevo 3 tablas, con los datos en formatos de coordenadas diferentes.

1. VRS: Cartesianas.

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	COD	CQ 3D(m)	CQ 2D(m)	CQ 1D(m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est Z (m)
RTCM-Ref 1917	717678,5038	4380879,5221	108,6560	BASE VRS	0	0	0	0	0	0
PC-1	4924632,5000	-40105,1520	4039688,5183	1	0,0104	0,0057	0,0086	0,0075	0,004	0,0059
PC-1	4924632,4958	-40105,1532	4039688,5203	10	0,0082	0,0045	0,0068	0,006	0,0031	0,0046
PC-1	4924632,5070	-40105,1434	4039688,5249	20	0,0084	0,0047	0,007	0,0062	0,0033	0,0047
PC-1	4924632,4856	-40105,1776	4039688,5362	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0054	0,0025	0,0036
PC-2	4924635,2860	-40109,2878	4039685,3426	1	0,0128	0,0071	0,0107	0,0099	0,0047	0,0066
PC-2	4924635,2889	-40109,2896	4039685,3424	10	0,0123	0,0068	0,0102	0,0095	0,0045	0,0064
PC-2	4924635,2927	-40109,2925	4039685,3446	20	0,0121	0,0068	0,01	0,0092	0,0045	0,0063
PC-2	4924635,2880	-40109,2934	4039685,3531	50	0,009	0,005	0,0074	0,0069	0,0033	0,0047
PC-3	4924636,3651	-40110,8415	4039684,1140	1	0,0179	0,0118	0,0135	0,0126	0,0082	0,0098
PC-3	4924636,3639	-40110,8412	4039684,1132	1	0,0183	0,012	0,0138	0,0129	0,0083	0,0100
PC-3	4924636,3509	-40110,8446	4039684,0911	20	0,0165	0,0111	0,0122	0,0108	0,0076	0,0099
PC-3	4924636,3560	-40110,8499	4039684,0879	50	0,0159	0,0106	0,0119	0,0107	0,0074	0,0093
PC-4	4924639,9812	-40116,1512	4039679,6760	1	0,018	0,012	0,0134	0,0120	0,0081	0,0107
PC-4	4924639,9790	-40116,1463	4039679,6794	10	0,0136	0,0099	0,0093	0,0086	0,0088	0,0118
PC-4	4924639,9688	-40116,1452	4039679,6644	20	0,0195	0,0127	0,0148	0,0131	0,0086	0,0116
PC-4	4924639,9648	-40116,1465	4039679,6603	50	0,0193	0,0127	0,0145	0,0081	0,0085	0,0112
PC-5	4924641,7180	-40108,5169	4039677,6177	1	0,0133	0,0096	0,0093	0,0090	0,0067	0,0072
PC-5	4924641,7139	-40108,5150	4039677,6157	10	0,0138	0,0098	0,0097	0,0095	0,0067	0,0074
PC-5	4924641,7081	-40108,5173	4039677,6122	20	0,0136	0,0097	0,0096	0,0094	0,0067	0,0073
PC-5	4924641,7124	-40108,5183	4039677,6137	50	0,0138	0,0098	0,0097	0,0089	0,0062	0,0070
PC-6	4924644,4958	-40102,0313	4039674,1591	1	0,0182	0,0119	0,0138	0,0125	0,0081	0,0105
PC-6	4924644,4993	-40102,0325	4039674,1654	10	0,0172	0,0114	0,013	0,0117	0,0077	0,0100
PC-6	4924644,5025	-40102,0292	4039674,1747	20	0,0162	0,0109	0,012	0,0109	0,0074	0,0094
PC-6	4924644,5033	-40102,0283	4039674,1779	50	0,0174	0,0114	0,0131	0,0106	0,0071	0,0091
PC-7	4924648,8604	-40094,6924	4039668,9103	1	0,0176	0,0113	0,0135	0,0117	0,0077	0,0107
PC-7	4924648,8591	-40094,6931	4039668,9122	10	0,0158	0,0104	0,0119	0,0102	0,0071	0,0097
PC-7	4924648,8631	-40094,6970	4039668,9159	20	0,0149	0,01	0,011	0,0097	0,0069	0,009
PC-7	4924648,8672	-40094,6951	4039668,9127	50	0,0168	0,0108	0,0128	0,0089	0,0064	0,0088

Tabla 12: Coordenadas Cartesianas para los puntos de control desde VRS.

3. VRS: Geodésicas.

ID	LATITUD (° ' ")	LONGITUD (° ' ")	ALT ORTO (m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est Lat (m)	D.Est Lon (m)	D.Est Al Orto (m)
RTCM-Ref 1917	39 33 00,016004 N	0 27 59,681645 O	108,6560	BASE VRS	0	0	0	0	0	0
PC-1	39 33 00,041390 N	0 27 59,739172 O	110,2928	1	0,0104	0,0057	0,0086	0,0075	0,004	0,0059
PC-1	39 33 00,041528 N	0 27 59,739222 O	110,2908	10	0,0082	0,0045	0,0068	0,006	0,0031	0,0046
PC-1	39 33 00,041412 N	0 27 59,738810 O	110,3024	20	0,0084	0,0047	0,007	0,0062	0,0033	0,0047
PC-1	39 33 00,042133 N	0 27 59,740250 O	110,2933	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0054	0,0025	0,0036
PC-2	39 32 59,896499 N	0 27 59,911418 O	110,3242	1	0,0128	0,0071	0,0107	0,0099	0,0047	0,0066
PC-2	39 32 59,896434 N	0 27 59,911492 O	110,3263	10	0,0123	0,0068	0,0102	0,0095	0,0045	0,0064
PC-2	39 32 59,896412 N	0 27 59,911614 O	110,3306	20	0,0121	0,0068	0,01	0,0092	0,0045	0,0063
PC-2	39 32 59,896720 N	0 27 59,911652 O	110,3324	50	0,009	0,005	0,0074	0,0069	0,0033	0,0047
PC-3	39 32 59,843245 N	0 27 59,976123 O	110,3836	1	0,0179	0,0118	0,0135	0,0126	0,0082	0,0098
PC-3	39 32 59,843250 N	0 27 59,976107 O	110,3822	1	0,0183	0,012	0,0138	0,0129	0,0083	0,0100
PC-3	39 32 59,842964 N	0 27 59,976255 O	110,3581	20	0,0165	0,0111	0,0122	0,0108	0,0076	0,0099
PC-3	39 32 59,842777 N	0 27 59,976477 O	110,3600	50	0,0159	0,0106	0,0119	0,0107	0,0074	0,0093
PC-4	39 32 59,656740 N	0 28 00,197266 O	110,3793	1	0,018	0,012	0,0134	0,0120	0,0081	0,0107
PC-4	39 32 59,656871 N	0 28 00,197063 O	110,3798	10	0,0136	0,0099	0,0093	0,0086	0,0088	0,0118
PC-4	39 32 59,656707 N	0 28 00,197017 O	110,3623	20	0,0195	0,0127	0,0148	0,0131	0,0086	0,0116
PC-4	39 32 59,656688 N	0 28 00,197075 O	110,3566	50	0,0193	0,0127	0,0145	0,0081	0,0085	0,0112
PC-5	39 32 59,570707 N	0 27 59,876937 O	110,3599	1	0,0133	0,0096	0,0093	0,0090	0,0067	0,0072
PC-5	39 32 59,570741 N	0 27 59,876859 O	110,3556	10	0,0138	0,0098	0,0097	0,0095	0,0067	0,0074
PC-5	39 32 59,570773 N	0 27 59,876956 O	110,3489	20	0,0136	0,0097	0,0096	0,0094	0,0067	0,0073
PC-5	39 32 59,570721 N	0 27 59,876997 O	110,3532	50	0,0138	0,0098	0,0097	0,0089	0,0062	0,0070
PC-6	39 32 59,427979 N	0 27 59,604366 O	110,2590	1	0,0182	0,0119	0,0138	0,0125	0,0081	0,0105
PC-6	39 32 59,428065 N	0 27 59,604412 O	110,2658	10	0,0172	0,0114	0,013	0,0117	0,0077	0,0100
PC-6	39 32 59,428233 N	0 27 59,604272 O	110,2741	20	0,0162	0,0109	0,012	0,0109	0,0074	0,0094
PC-6	39 32 59,428297 N	0 27 59,604234 O	110,2768	50	0,0174	0,0114	0,0131	0,0106	0,0071	0,0091
PC-7	39 32 59,207878 N	0 27 59,295512 O	110,2363	1	0,0176	0,0113	0,0135	0,0117	0,0077	0,0107
PC-7	39 32 59,207952 N	0 27 59,295542 O	110,2365	10	0,0158	0,0104	0,0119	0,0102	0,0071	0,0097
PC-7	39 32 59,207962 N	0 27 59,295702 O	110,2420	20	0,0149	0,01	0,011	0,0097	0,0069	0,009
PC-7	39 32 59,207798 N	0 27 59,295622 O	110,2431	50	0,0168	0,0108	0,0128	0,0089	0,0064	0,0088

Tabla 13: Coordenadas Geodésicas para los puntos de control desde VRS.

3. VRS: UTM (x,y) con altitud ortométrica (H).

ID	X (m)	Y(m)	H(m)	COD	CQ 3D (m)	CQ 2D (m)	CQ 1D (m)	D.Est X (m)	D.Est Y (m)	D.Est H (m)
RTCM-Ref 1917	717678,5038	4380879,5221	108,6560	BASE VRS	0	0	0	0	0	0
PC-1	717677,1085	4380880,2662	110,2928	1	0,0104	0,0057	0,0086	0,004	0,0041	0,0086
PC-1	717677,1072	4380880,2704	110,2908	10	0,0082	0,0045	0,0068	0,0031	0,0033	0,0068
PC-1	717677,1172	4380880,2671	110,3024	20	0,0084	0,0047	0,007	0,0033	0,0034	0,007
PC-1	717677,0821	4380880,2884	110,2933	50	0,0069	0,0038	0,0058	0,0025	0,0029	0,0058
PC-2	717673,1228	4380875,6828	110,3242	1	0,0128	0,0071	0,0107	0,0047	0,0053	0,0107
PC-2	717673,1211	4380875,6808	110,3263	10	0,0123	0,0068	0,0102	0,0045	0,0051	0,0102
PC-2	717673,1182	4380875,6800	110,3306	20	0,0121	0,0068	0,01	0,0045	0,005	0,01
PC-2	717673,1170	4380875,6895	110,3324	50	0,009	0,005	0,0074	0,0033	0,0038	0,0074
PC-3	717671,6245	4380873,9973	110,3836	1	0,0179	0,0118	0,0135	0,0082	0,0085	0,0135
PC-3	717671,6249	4380873,9974	110,3822	1	0,0183	0,012	0,0138	0,0083	0,0087	0,0138
PC-3	717671,6216	4380873,9885	110,3581	20	0,0165	0,0111	0,0122	0,0076	0,0081	0,0122
PC-3	717671,6165	4380873,9826	110,3600	50	0,0159	0,0106	0,0119	0,0074	0,0076	0,0119
PC-4	717666,5078	4380868,0979	110,3793	1	0,018	0,012	0,0134	0,0081	0,0088	0,0134
PC-4	717666,5125	4380868,1020	110,3798	10	0,0136	0,0099	0,0093	0,0068	0,0072	0,0093
PC-4	717666,5138	4380868,0970	110,3623	20	0,0195	0,0127	0,0148	0,0086	0,0093	0,0148
PC-4	717666,5124	4380868,0964	110,3566	50	0,0193	0,0127	0,0145	0,0085	0,0093	0,0145
PC-5	717674,2289	4380865,6605	110,3599	1	0,0133	0,0096	0,0093	0,0066	0,0069	0,0093
PC-5	717674,2307	4380865,6616	110,3556	10	0,0138	0,0098	0,0097	0,0067	0,0071	0,0097
PC-5	717674,2284	4380865,6626	110,3489	20	0,0136	0,0097	0,0096	0,0067	0,007	0,0096
PC-5	717674,2274	4380865,6609	110,3532	50	0,0138	0,0098	0,0097	0,0068	0,0071	0,0097
PC-6	717680,8593	4380861,4430	110,2590	1	0,0182	0,0119	0,0138	0,0081	0,0087	0,0138
PC-6	717680,8581	4380861,4456	110,2658	10	0,0172	0,0114	0,013	0,0077	0,0083	0,013
PC-6	717680,8613	4380861,4509	110,2741	20	0,0162	0,0109	0,012	0,0074	0,0081	0,012
PC-6	717680,8621	4380861,4529	110,2768	50	0,0174	0,0114	0,0131	0,0078	0,0084	0,0131
PC-7	717688,4230	4380854,8641	110,2363	1	0,0176	0,0113	0,0135	0,0077	0,0083	0,0135
PC-7	717688,4222	4380854,8663	110,2365	10	0,0158	0,0104	0,0119	0,0071	0,0076	0,0119
PC-7	717688,4184	4380854,8666	110,2420	20	0,0149	0,01	0,011	0,0069	0,0073	0,011
PC-7	717688,4204	4380854,8616	110,2431	50	0,0168	0,0108	0,0128	0,0074	0,0078	0,0128

Tabla 14: Coordenadas UTM con H para los puntos de control desde VRS.

Cada tabla presenta los 7 puntos de control elegidos para cada ubicación en un formato de coordenadas diferentes: cartesianas, geodésicas y proyectadas. Voy a elegir para analizar los resultados la tabla 3 que corresponde a las coordenadas UTM y H.

La primera observación para tener en cuenta es que, en todos los puntos de control, los valores a primera vista son buenos, aunque en este caso los valores de la calidad 3D son ligeramente superiores a los obtenidos en los 2 análisis anteriores.

En general trabajando desde la base virtual resuelta por el punto de montaje **VRS3M** los valores obtenidos en las tablas son del mismo orden y muy parecidas, con valores que varían entre 1.5 cm y 2 cm.

Eligiendo el resultado para una única posición, las desviaciones estándar son del orden del 1 cm en las desviaciones en X e Y en la mayoría de los casos. Analizando la desviación para H, está en torno 1 cm – 1.3 cm. Otro dato para tener en cuenta es que ninguna de las desviaciones en ninguno de los 7 puntos observados en sus diferentes posiciones 1-10-20-50 posiciones excede los 2cm. De igual manera, en los 7 puntos de control y eligiendo 1 única posición, se puede observar que su calidad 3D es inferior a los 2cm.

5.3. Comparativa de soluciones RTK – NRTK en puntos de control.

Considerando las combinaciones posibles entre las soluciones anteriores para la obtención de las coordenadas de los puntos de control, se presenta una comparativa (1-2, 1-3) obteniendo las diferencias entre las coordenadas de estos puntos. Se presentan únicamente las diferencias para el formato cartesiano y para las coordenadas proyectadas.

1- Solución 1-2.
- CARTESIANAS

ID	PATE			VRS			Diferencias RTK Radio (PATE) - VRS		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
PC-1	4924632,483	-40105,136	4039688,506	4924632,500	-40105,15	4039688,518	-0,0175	0,0163	-0,0127
PC-1	4924632,479	-40105,135	4039688,503	4924632,496	-40105,15	4039688,520	-0,0172	0,018	-0,0173
PC-1	4924632,483	-40105,137	4039688,506	4924632,507	-40105,14	4039688,525	-0,0237	0,0066	-0,0193
PC-1	4924632,500	-40105,135	4039688,510	4924632,486	-40105,18	4039688,536	0,0141	0,0422	-0,0261
PC-2	4924635,266	-40109,259	4039685,098	4924635,286	-40109,29	4039685,343	-0,0205	0,0291	-0,2449
PC-2	4924635,268	-40109,259	4039685,102	4924635,289	-40109,29	4039685,342	-0,0211	0,0310	-0,2407
PC-2	4924635,265	-40109,260	4039685,100	4924635,293	-40109,29	4039685,345	-0,0278	0,0325	-0,2444
PC-2	4924635,268	-40109,259	4039685,104	4924635,288	-40109,29	4039685,353	-0,0205	0,0343	-0,2492
PC-3	4924636,314	-40110,813	4039683,821	4924636,365	-40110,84	4039684,114	-0,0515	0,0281	-0,293
PC-3	4924636,323	-40110,814	4039683,827	4924636,364	-40110,84	4039684,113	-0,0413	0,0268	-0,2866
PC-3	4924636,327	-40110,814	4039683,832	4924636,351	-40110,84	4039684,091	-0,0236	0,0303	-0,2591
PC-3	4924636,341	-40110,812	4039683,836	4924636,356	-40110,85	4039684,088	-0,0146	0,0382	-0,2519
PC-4	4924639,969	-40116,092	4039679,443	4924639,981	-40116,15	4039679,676	-0,0124	0,0589	-0,2329
PC-4	4924639,972	-40116,093	4039679,448	4924639,979	-40116,15	4039679,679	-0,0067	0,053	-0,2319
PC-4	4924639,978	-40116,094	4039679,452	4924639,969	-40116,15	4039679,664	0,0093	0,0516	-0,2125
PC-4	4924639,975	-40116,096	4039679,448	4924639,965	-40116,15	4039679,660	0,0102	0,051	-0,2128
PC-5	4924641,724	-40108,512	4039677,374	4924641,718	-40108,52	4039677,618	0,0056	0,0046	-0,2437
PC-5	4924641,723	-40108,511	4039677,375	4924641,714	-40108,52	4039677,616	0,0094	0,0036	-0,2408
PC-5	4924641,727	-40108,511	4039677,376	4924641,708	-40108,52	4039677,612	0,0187	0,0062	-0,2365
PC-5	4924641,727	-40108,510	4039677,374	4924641,712	-40108,52	4039677,614	0,0141	0,0079	-0,2395
PC-6	4924644,500	-40101,992	4039673,904	4924644,496	-40102,03	4039674,159	0,0037	0,0390	-0,2555
PC-6	4924644,499	-40101,990	4039673,906	4924644,499	-40102,03	4039674,165	-0,0004	0,0427	-0,2591
PC-6	4924644,500	-40101,992	4039673,905	4924644,503	-40102,03	4039674,175	-0,0024	0,0377	-0,2699
PC-6	4924644,503	-40101,991	4039673,909	4924644,503	-40102,03	4039674,178	-0,0002	0,0376	-0,2692
PC-7	4924648,902	-40094,706	4039668,641	4924648,86	-40094,69	4039668,910	0,0417	-0,0135	-0,2695
PC-7	4924648,913	-40094,703	4039668,650	4924648,859	-40094,69	4039668,912	0,0543	-0,0099	-0,2621
PC-7	4924648,918	-40094,703	4039668,650	4924648,863	-40094,70	4039668,916	0,0546	-0,0056	-0,2664
PC-7	4924648,906	-40094,707	4039668,643	4924648,867	-40094,70	4039668,913	0,0387	-0,0121	-0,2696

Tabla 15. Comparativa y diferencia de coordenadas Cartesianas entre la solución 1-2.

- **PROYECTADAS**

ID	PATE			VRS			Diferencias RTK Radio (PATE) - VRS		
	X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔH (m)
PC-1	717677,124	4380880,235	109,919	717677,1411	4380880,218	109,932	-0,0175	0,0163	-0,0127
PC-1	717677,124	4380880,235	109,915	717677,1412	4380880,217	109,932	-0,0172	0,0180	-0,0173
PC-1	717677,122	4380880,234	109,920	717677,1461	4380880,227	109,939	-0,0237	0,0066	-0,0193
PC-1	717677,124	4380880,227	109,935	717677,1101	4380880,185	109,961	0,0141	0,0422	-0,0261
PC-2	717673,149	4380875,699	109,921	717673,1693	4380875,670	110,166	-0,0205	0,0291	-0,2449
PC-2	717673,149	4380875,701	109,925	717673,1700	4380875,670	110,166	-0,0211	0,0310	-0,2407
PC-2	717673,148	4380875,701	109,922	717673,1753	4380875,669	110,166	-0,0278	0,0325	-0,2444
PC-2	717673,148	4380875,702	109,926	717673,1689	4380875,668	110,176	-0,0205	0,0343	-0,2492
PC-3	717671,650	4380873,996	109,926	717671,7014	4380873,968	110,219	-0,0515	0,0281	-0,293
PC-3	717671,649	4380873,995	109,936	717671,6903	4380873,968	110,223	-0,0413	0,0268	-0,2866
PC-3	717671,649	4380873,996	109,944	717671,6727	4380873,965	110,203	-0,0236	0,0303	-0,2591
PC-3	717671,652	4380873,99	109,957	717671,6665	4380873,952	110,209	-0,0146	0,0382	-0,2519
PC-4	717666,564	4380868,119	109,990	717666,5760	4380868,060	110,223	-0,0124	0,0589	-0,2329
PC-4	717666,563	4380868,120	109,995	717666,5693	4380868,067	110,227	-0,0067	0,0530	-0,2319
PC-4	717666,562	4380868,120	110,003	717666,5530	4380868,068	110,215	0,0093	0,0516	-0,2125
PC-4	717666,561	4380868,118	109,997	717666,5503	4380868,067	110,210	0,0102	0,0510	-0,2128
PC-5	717674,231	4380865,660	109,978	717674,2255	4380865,656	110,221	0,0056	0,0046	-0,2437
PC-5	717674,232	4380865,661	109,978	717674,2226	4380865,658	110,219	0,0094	0,0036	-0,2408
PC-5	717674,232	4380865,659	109,981	717674,2137	4380865,653	110,218	0,0187	0,0062	-0,2365
PC-5	717674,233	4380865,659	109,980	717674,2189	4380865,651	110,220	0,0141	0,0079	-0,2395
PC-6	717680,896	4380861,436	109,868	717680,8924	4380861,397	110,123	0,0037	0,0390	-0,2555
PC-6	717680,899	4380861,438	109,869	717680,8990	4380861,396	110,128	-0,0004	0,0427	-0,2591
PC-6	717680,897	4380861,437	109,869	717680,8993	4380861,399	110,139	-0,0024	0,0377	-0,2699
PC-6	717680,898	4380861,438	109,874	717680,8979	4380861,400	110,143	-0,0002	0,0376	-0,2692
PC-7	717688,409	4380854,82	109,866	717688,3669	4380854,834	110,135	0,0417	-0,0135	-0,2695
PC-7	717688,412	4380854,82	109,880	717688,3573	4380854,830	110,142	0,0543	-0,0099	-0,2621
PC-7	717688,412	4380854,817	109,883	717688,3575	4380854,823	110,150	0,0546	-0,0056	-0,2664
PC-7	717688,407	4380854,820	109,871	717688,3686	4380854,832	110,141	0,0387	-0,0121	-0,2696

Tabla 16. Comparativa y diferencia de coordenadas Proyectadas entre la solución 1-2.

2- Solución 1-3.

- CARTESIANAS

	PAIP			VCIA			Diferencias RTK Radio (PATE) - VRS		
ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
PC-1	4933614,033	-34972,943	4028685,642	4933614,043	-34972,945	4028685,654	-0,0101	0,0019	-0,0121
PC-1	4933614,042	-34972,925	4028685,620	4933614,034	-34972,906	4028685,640	0,0079	-0,0188	-0,0194
PC-1	4933614,041	-34972,925	4028685,620	4933614,035	-34972,906	4028685,645	0,0067	-0,0196	-0,0252
PC-1	4933614,039	-34972,925	4028685,617	4933614,031	-34972,906	4028685,644	0,0078	-0,0192	-0,0272
PC-2	4933607,41	-34971,913	4028693,693	4933607,431	-34971,927	4028693,683	-0,0209	0,0140	0,0102
PC-2	4933607,404	-34971,913	4028693,688	4933607,421	-34971,929	4028693,696	-0,0170	0,0160	-0,0082
PC-2	4933607,405	-34971,914	4028693,69	4933607,423	-34971,929	4028693,694	-0,0179	0,0149	-0,0035
PC-2	4933607,407	-34971,914	4028693,691	4933607,422	-34971,922	4028693,686	-0,0145	0,0081	0,0044
PC-3	4933599,984	-34955,195	4028702,892	4933599,985	-34955,220	4028702,922	-0,0004	0,0244	-0,0296
PC-3	4933599,988	-34955,196	4028702,895	4933599,989	-34955,220	4028702,916	-0,0011	0,0235	-0,0208
PC-3	4933599,991	-34955,196	4028702,897	4933599,993	-34955,219	4028702,906	-0,0020	0,0234	-0,0094
PC-3	4933599,99	-34955,198	4028702,895	4933599,993	-34955,217	4028702,912	-0,0030	0,0193	-0,0169
PC-4	4933612,63	-34981,172	4028687,287	4933612,616	-34981,157	4028687,243	0,0144	-0,0156	0,0436
PC-4	4933612,632	-34981,173	4028687,286	4933612,624	-34981,147	4028687,231	0,0080	-0,0263	0,0545
PC-4	4933612,634	-34981,173	4028687,288	4933612,619	-34981,137	4028687,252	0,0150	-0,0362	0,0357
PC-4	4933612,634	-34981,173	4028687,289	4933612,626	-34981,134	4028687,248	0,0079	-0,0390	0,0415
PC-5	4933614,1	-34989,788	4028685,694	4933614,105	-34989,770	4028685,688	-0,0048	-0,0178	0,0063
PC-5	4933614,101	-34989,789	4028685,693	4933614,110	-34989,770	4028685,692	-0,0090	-0,0191	0,0012
PC-5	4933614,096	-34989,79	4028685,694	4933614,113	-34989,777	4028685,711	-0,0169	-0,0129	-0,0169
PC-5	4933614,098	-34989,79	4028685,695	4933614,108	-34989,772	4028685,685	-0,0096	-0,0176	0,0103
PC-6	4933604,785	-35005,39	4028696,850	4933604,772	-35005,381	4028696,866	0,0139	-0,0087	-0,0168
PC-6	4933604,783	-35005,388	4028696,850	4933604,721	-35005,417	4028696,872	0,0622	0,0287	-0,0224
PC-6	4933604,786	-35005,387	4028696,854	4933604,725	-35005,417	4028696,873	0,0613	0,0300	-0,0190
PC-6	4933604,784	-35005,3900	4028696,848	4933604,727	-35005,419	4028696,874	0,0567	0,0294	-0,0266
PC-7	4933615,324	-34999,355	4028683,992	4933615,315	-34999,354	4028683,992	0,0094	-0,0008	-0,0001
PC-7	4933615,324	-34999,356	4028683,987	4933615,317	-34999,354	4028683,998	0,0070	-0,0019	-0,0104
PC-7	4933615,327	-34999,357	4028683,993	4933615,318	-34999,357	4028683,994	0,0092	0,0006	-0,0009
PC-7	4933615,327	-34999,358	4028683,989	4933615,321	-34999,355	4028683,997	0,0056	-0,0030	-0,0080

Tabla 17. Comparativa y diferencia de coordenadas Cartesianas entre la solución 1-3.

- **PROYECTADAS.**

	PAIP			VCIA			Diferencias RTK Radio PAIP-VCIA		
ID	X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H(m)	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔH (m)
PC-1	723279,983	4366853,397	15,012	723279,9927	4366853,395	15,024	-0,0101	0,0019	-0,0121
PC-1	723280,001	4366853,375	15,005	723279,9934	4366853,394	15,024	0,0079	-0,0188	-0,0194
PC-1	723280,001	4366853,375	15,004	723279,9944	4366853,395	15,030	0,0067	-0,0196	-0,0252
PC-1	723280,001	4366853,374	15,001	723279,9936	4366853,393	15,028	0,0078	-0,0192	-0,0272
PC-2	723280,665	4366863,853	15,003	723280,6862	4366863,839	14,993	-0,0209	0,0140	0,0102
PC-2	723280,666	4366863,853	14,995	723280,6826	4366863,837	15,003	-0,0170	0,0160	-0,0082
PC-2	723280,665	4366863,854	14,998	723280,6828	4366863,839	15,001	-0,0179	0,0149	-0,0035
PC-2	723280,665	4366863,853	15,000	723280,6790	4366863,844	14,995	-0,0145	0,0081	0,0044
PC-3	723296,985	4366876,227	15,017	723296,9850	4366876,202	15,047	-0,0004	0,0244	-0,0296
PC-3	723296,984	4366876,227	15,022	723296,9850	4366876,203	15,043	-0,0011	0,0235	-0,0208
PC-3	723296,984	4366876,226	15,026	723296,9863	4366876,203	15,035	-0,0020	0,0234	-0,0094
PC-3	723296,982	4366876,225	15,024	723296,9853	4366876,206	15,041	-0,0030	0,0193	-0,0169
PC-4	723271,684	4366855,284	15,018	723271,6699	4366855,300	14,974	0,0144	-0,0156	0,0436
PC-4	723271,684	4366855,282	15,018	723271,6758	4366855,308	14,964	0,0080	-0,0263	0,0545
PC-4	723271,684	4366855,283	15,021	723271,6685	4366855,319	14,986	0,0150	-0,0362	0,0357
PC-4	723271,684	4366855,284	15,022	723271,676	4366855,323	14,981	0,0079	-0,0390	0,0415
PC-5	723263,145	4366852,835	15,189	723263,1495	4366852,852	15,183	-0,0048	-0,0178	0,0063
PC-5	723263,144	4366852,833	15,189	723263,1525	4366852,852	15,188	-0,0090	-0,0191	0,0012
PC-5	723263,142	4366852,837	15,186	723263,1590	4366852,850	15,203	-0,0169	-0,0129	-0,0169
PC-5	723263,143	4366852,836	15,188	723263,1524	4366852,854	15,178	-0,0096	-0,0176	0,0103
PC-6	723247,064	4366866,843	15,163	723247,0501	4366866,852	15,180	0,0139	-0,0087	-0,0168
PC-6	723247,066	4366866,845	15,162	723247,0038	4366866,816	15,184	0,0622	0,0287	-0,0224
PC-6	723247,068	4366866,846	15,166	723247,0063	4366866,816	15,185	0,0613	0,0300	-0,019
PC-6	723247,064	4366866,843	15,160	723247,0075	4366866,813	15,187	0,0567	0,0294	-0,0266
PC-7	723253,650	4366850,425	15,106	723253,6407	4366850,426	15,106	0,0094	-0,0008	-0,0001
PC-7	723253,649	4366850,421	15,103	723253,6417	4366850,423	15,113	0,0070	-0,0019	-0,0104
PC-7	723253,648	4366850,424	15,109	723253,6390	4366850,423	15,110	0,0092	0,0006	-0,0009
PC-7	723253,647	4366850,421	15,106	723253,6412	4366850,424	15,114	0,0056	-0,0030	-0,0080

Tabla 18. Comparativa y diferencia de coordenadas proyectadas entre la solución 1-3.

	Diferencias PATE-VRS			Diferencias PAIP-VCIA		
ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
PC-1	-0,0175	0,0163	-0,0127	-0,0101	0,0019	-0,0121
PC-1	-0,0172	0,0180	-0,0173	0,0079	-0,0188	-0,0194
PC-1	-0,0237	0,0066	-0,0193	0,0067	-0,0196	-0,0252
PC-1	0,0141	0,0422	-0,0261	0,0078	-0,0192	-0,0272
PC-2	-0,0205	0,0291	-0,2449	-0,0209	0,0140	0,0102
PC-2	-0,0211	0,0310	-0,2407	-0,0170	0,0160	-0,0082
PC-2	-0,0278	0,0325	-0,2444	-0,0179	0,0149	-0,0035
PC-2	-0,0205	0,0343	-0,2492	-0,0145	0,0081	0,0044
PC-3	-0,0515	0,0281	-0,293	-0,0004	0,0244	-0,0296
PC-3	-0,0413	0,0268	-0,2866	-0,0011	0,0235	-0,0208
PC-3	-0,0236	0,0303	-0,2591	-0,0020	0,0234	-0,0094
PC-3	-0,0146	0,0382	-0,2519	-0,0030	0,0193	-0,0169
PC-4	-0,0124	0,0589	-0,2329	0,0144	-0,0156	0,0436
PC-4	-0,0067	0,0530	-0,2319	0,0080	-0,0263	0,0545
PC-4	0,0093	0,0516	-0,2125	0,0150	-0,0362	0,0357
PC-4	0,0102	0,0510	-0,2128	0,0079	-0,0390	0,0415
PC-5	0,0056	0,0046	-0,2437	-0,0048	-0,0178	0,0063
PC-5	0,0094	0,0036	-0,2408	-0,0090	-0,0191	0,0012
PC-5	0,0187	0,0062	-0,2365	-0,0169	-0,0129	-0,0169
PC-5	0,0141	0,0079	-0,2395	-0,0096	-0,0176	0,0103
PC-6	0,0037	0,0390	-0,2555	0,0139	-0,0087	-0,0168
PC-6	-0,0004	0,0427	-0,2591	0,0622	0,0287	-0,0224
PC-6	-0,0024	0,0377	-0,2699	0,0613	0,0300	-0,019
PC-6	-0,0002	0,0376	-0,2692	0,0567	0,0294	-0,0266
PC-7	0,0417	-0,0135	-0,2695	0,0094	-0,0008	-0,0001
PC-7	0,0543	-0,0099	-0,2621	0,0070	-0,0019	-0,0104
PC-7	0,0546	-0,0056	-0,2664	0,0092	0,0006	-0,0009
PC-7	0,0387	-0,0121	-0,2696	0,0056	-0,0030	-0,008

Tabla 19. Diferencias de coordenadas comparando ambos métodos 1-2 y 1-3.

6. CONCLUSIONES

En este proyecto se ha hecho uso de diversas técnicas de posicionamiento GNSS, desde las más clásicas, mediante el método estático-relativo con postproceso hasta la más empleada actualmente, como es la metodología RTK aplicando soluciones de red generadas por una red de estaciones GNSS permanentes de carácter activo. La combinación de todas estas técnicas de posicionamiento ha permitido determinar con precisión las coordenadas, tanto de las bases calculadas, como de los puntos de control.

Al realizar una comparativa entre la solución RTK convencional, con conexión por radio a la base de referencia y la solución de red RTK ofrecida por una red GNSS de carácter local o regional, se ha podido comprobar que cada solución tiene sus propias ventajas y también sus limitaciones. La primera de las soluciones puede tener variaciones de precisión debido a factores como la distancia, que puede afectar a las conexiones por radio. La solución de red RTK permite alcanzar precisiones homogéneas en áreas específicas y a mayores distancias, aunque también depende de la conexión, en este a Internet. Esta última solución es especialmente útil en “zonas de sombra” para el alcance de la radio, permitiendo obtener soluciones en tiempo real con precisiones centimétricas. Por tanto, en la mayoría de los proyectos en los que se hace uso de receptores GNSS para la determinación de coordenadas en tiempo real, puede ser recomendable combinar ambas técnicas de posicionamiento diferencial.

En resumen, este trabajo ha puesto de manifiesto el potencial de esta metodología para determinar con precisión las coordenadas de los puntos de interés con precisión centimétrica e incluso, mejor. Todas ellas obtenidas en el sistema y marco de referencia de la red GNSS activa en la que se apoya (ETRS89).

A nivel personal, este trabajo me ha permitido profundizar en el conocimiento de los distintos modelos de corrección diferencial en tiempo real (VRS, MAX, IMAX...) y testear distintas soluciones RTK, tanto con conexión vía radio como con conexión por Internet mediante NTRIP.

7. BIBLIOGRAFÍA / WEBGRAFÍA

Alonso Fernández-Coppel, I. Localizaciones Geográficas. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM.

Anquela Julián, A. B. y Garrigues Talens, P. Apuntes de la asignatura de Métodos Topográficos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y topográfica.

Berné, J. L.; Garrido, N.; Capilla, R. GNSS Geodesia Espacial y Geomática. Ed. UPV.

Martín Asín, F. Geodesia y Cartografía aplicada. 3a Edición. Editorial.

Priego De Los Santos, E. y Femenia Ribera, C. Apuntes de la asignatura de Cartografía Matemática de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y topográfica.

Red Geodésica Nacional de Estaciones de Referencia GNSS (ERGNSS):
<https://www.ign.es/web/gds-gnss-estaciones-permanentes>

Red Geodésica de Estaciones de Referencia de la Comunitat Valenciana (ERVA): <https://icv.gva.es/es/web/icv-erva>

ANEXO A LA MEMORIA:

• RESEÑAS

Las coordenadas tanto para PATE como para PAIP han sido obtenidas mediante post proceso, tal y como se describió en el apartado de metodología.

Las coordenadas de los 14 puntos de control, 7 en la ubicación de Paterna y 7 en la ubicación de Paiporta, han sido obtenidos mediante la metodología de posicionamiento RTK descrita también en la metodología.

Se ha decidido que las coordenadas de los puntos de control que aparecen en las reseñas son aquellas para las que su desviación estándar es menor y que corresponde a la media de 50 posiciones.

BASE: PATE.

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATE		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PATE	COORDENADAS: X = 717684,987 m Y = 4380889,260 m Z = 110,225 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:	Base Fija 0,0002 m Mayo 2024	
IMAGEN: 		
FOTO:		

PUNTOS DE CONTROL DE PATERNA

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC-1		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-1	COORDENADAS: X = 717677,124 m Y = 4380880,230 m Z = 109,935 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,021 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC-2		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-2	COORDENADAS: X = 717673,148 m Y = 4380875,710 m Z = 109,958 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:		Clavo de acero 0,018 m Mayo 2024
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC-3		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-3	COORDENADAS: X = 717671,652 m Y = 4380873,990 m Z = 109,997 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:	Clavo de acero 0,013 m Mayo 2024	
IMAGEN: 		
FOTO:		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC - 4		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-4	COORDENADAS: X = 717666,561 m Y = 4380868,120 m Z = 109,997 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,013 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC - 5		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-5	COORDENADAS: X = 717674,233 m Y = 4380865,660 m Z = 109,980 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:		Clavo de acero 0,018 m Mayo 2024
IMAGEN: 		
FOTO:		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC - 6		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-6	COORDENADAS: X = 717680,898 m Y = 4380861,440 m Z = 109,874 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:		Clavo de acero 0,017 m Mayo 2024
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PATERNA PC - 7		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-7	COORDENADAS: X = 717688,407 m Y = 4380854,820 m Z = 109,871 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:		Clavo de acero 0,012 m Mayo 2024
IMAGEN: 		
FOTO: 		

BASE: PAIP.

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIP		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PAIP	COORDENADAS: X = 723284,035 m Y = 4366853,744 m Z = 15,390 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:		Base Fija 0,0001 m Mayo 2024
IMAGEN: 		
FOTO: 		

PUNTOS DE CONTROL DE PAIPORTA

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIPORTA PC-1		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-1	COORDENADAS: X = 723280,001 m Y = 4366853,373 m Z = 15,000 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:		Clavo de acero 0,013 m Mayo 2024
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIORTA PC-2		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-2	COORDENADAS: X = 723280,664 m Y = 4366863,852 m Z = 14,999 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,011 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIORTA PC-3		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-3	COORDENADAS: X = 723296,982 m Y = 4366876,225 m Z = 15,022 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,014 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIORTA PC-4		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-4	COORDENADAS: X = 723271,684 m Y = 4366855,283 m Z = 15,188 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,010 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIPORTA PC-5		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-5	COORDENADAS: X = 723263,143 m Y = 4366852,836 m Z = 15,160 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,014 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIPORTA PC-6		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-6	COORDENADAS: X = 723247,064 m Y = 4366866,842 m Z = 15,160 m	
TIPO DE SEÑAL: PRECISIÓN: FECHA:	Clavo de acero 0,011 m Mayo 2024	
IMAGEN: 		
FOTO: 		

	TFG TONI AGUSTIN BOU	
	BASES TOPOGRAFICAS Y PUNTOS DE CONTROL	
RESEÑA BASE DE TOPOGRAFÍA PAIPORTA PC-7		
SISTEMA DE REFERENCIA: Coordenadas UTM ETRS89 Huso 30 Altitud referida al nivel medio del mar en Alicante		
NOMBRE: PC-7	COORDENADAS: X = 723253,646 m Y = 4366850,421 m Z = 15,106 m	
TIPO DE SEÑAL: Clavo de acero PRECISIÓN: 0,014 m FECHA: Mayo 2024		
IMAGEN: 		
FOTO: 		