



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (UPV)

GRADO EN INGENIERÍA EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

TRABAJO FIN DE GRADO

ÁREA: TECNOLOGÍA GNSS

**GNSS en dispositivos móviles. Captura y análisis
de datos brutos. Aplicaciones en posicionamiento
estático y navegación PPK**

Autor: Néstor Iglesias Freire

Tutor: José Luis Berné Valero

Valencia, julio de 2021



**ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

FICHA INFORMATIVA

Título del trabajo:	GNSS en dispositivos móviles. Captura y análisis de datos brutos. Aplicaciones en posicionamiento estático y navegación PPK
Nombre del autor:	Néstor Iglesias Freire
Nombre del tutor docente:	José Luis Berné Valero
Fecha de entrega (mm/aaaa):	07/2021
Área del trabajo:	Tecnología GNSS
Titulación:	Grado en Ingeniería Geomática y Topografía
Universidad:	Universidad Politécnica de Valencia

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

1. Compromiso

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"




Néstor Iglesias Freire

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

2. Abstract

The access and use of the Global Navigation Satellite System (GNSS) on mobile devices such as Smartphones with Android operating system has transformed the concept of precise positioning.

This Final Degree Project analyses the possibilities of working GNSS observables on mobile devices with Android operating system. The performance of the Smartphone has been compared with a geodetic receiver in order to determine the position using both raw data and GNSS observables in RINEX format, multiple constellation, dual-frequency pseudorange and carrier phase data collected from the Smartphone.

To this end, two types of work commonly used in geomatics will be carried out: static positioning and kinematic positioning in post-processing.

Keywords: GNSS, raw measurements, geopositioning



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

3. Resumen

El acceso y el uso del sistema global de navegación por satélite (GNSS) en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes ha transformado el concepto de posicionamiento preciso.

Este Trabajo Final de Grado analiza las posibilidades de trabajar observables GNSS en dispositivos móviles con sistema operativo Android. El rendimiento del Smartphone se ha comparado con un receptor geodésico con el fin de establecer la posición mediante el uso de datos, tanto con datos brutos *raw*, como con observables GNSS en formato Rinex, de múltiples constelaciones, pseudorange de doble frecuencia y fase portadora recopilados del teléfono inteligente.

Para ello, se realizarán dos tipos de trabajos habituales en geomática: posicionamiento estático y cinemático en postproceso.

Palabras clave: GNSS, datos en bruto, geoposicionamiento



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

4. Índice de figuras

Ilustración 1. Tipos de bandas en GNSS	11
Ilustración 2.(SPP). Visibilidad de satélites	15
Ilustración 3. Esquema de datos GNSS nivel III.....	16
Ilustración 4. Flujo de trabajo.....	17
Ilustración 5. Xiaomi Mi 8 Pro.....	17
Ilustración 6. Receptor Trimble R10.....	18
Ilustración 7. Fuentes de errores GNSS de medición de la pseudodistancia.....	19
Ilustración 8. Trimble R10 en el pilar de observación	20
Ilustración 9. (SPP) Discrepancia de pseudorangos en función del tiempo	22
Ilustración 10. Ruido de amplitud inestabilidad en frecuencia Ruido de fase	23
Ilustración 11. Señal de un oscilador de cuarzo	24
Ilustración 12. Efecto Multipath.....	25
Ilustración 13. Señal recibida por una antena.....	25
Ilustración 14. Efecto Multipath II.....	25
Ilustración 15. (SPP) Error Multipath Trimble R10 GLONASS	27
Ilustración 16. (SPP) Error Multipath Trimble R10 GPS.....	27
Ilustración 17. (SPP) Error Multipath Xiaomi Mi 8 Pro GALILEO.....	27
Ilustración 18. (SPP) Valor señal/ruido Xiaomi Mi 8 Pro L1/L5 (S1C/S5Q) GPS.....	30
Ilustración 19. (SPP) Valor señal/ruido Xiaomi Mi 8 Pro L1/L5 (S1C/S5Q) GLONASS ...	30
Ilustración 20. (SPP) Valor señal/ruido entre Receptor Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro en L1 GPS	31
Ilustración 21. (SPP) Valor señal/ruido entre Receptor Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro en L1 GLONASS	31
Ilustración 22. Proceso de trilateración	32
Ilustración 23. (SPP) Algoritmo WLS vs Kalman Filter con y sin correcciones ionosféricas y troposféricas	34
Ilustración 24. (SPP) Clock bias o deriva del reloj	35
Ilustración 25. (SPP) Frequency drift o variación de frecuencia	35
Ilustración 26. (SPP) Raw pr errors o errores brutos.....	36
Ilustración 27. Esquema de trabajo de posicionamiento GNSS	37
Ilustración 28. (SPP) Error de posición 95% y error máximo horizontal y vertical.....	38
Ilustración 29 (SPP) Error de posicionamiento horizontal atendiendo a modelos ionosféricos.	39
Ilustración 30. (SPP) Número de satélites utilizados en solución PVT.....	39
Ilustración 31. Error de posicionamiento XYZ	40
Ilustración 32. (SPP) Dilución de precisión GDOP, HDOP, VDOP, TDOP	42
Ilustración 33. (SPP) Número de satélites vs HDOP vs VDOP	43
Ilustración 34. (SPP) GDOP vs PDOP vs TDOP	44
Ilustración 35. (PPK) Itinerario recorrido durante la observación	46
Ilustración 36. (PPK) Número de satélites registrados durante la medición	47
Ilustración 37. Itinerario en planta de Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro respectivamente ...	47
Ilustración 39. (PPK) Comparativa desviación típica σ entre receptor y Smartphone	48
Ilustración 40. Mapa situación vértices de calibración	49
Ilustración 41. Red estática. Informe de procesamiento GNSS	50
Ilustración 42. Red estática. Fijación de coordenadas de las estaciones de la red ERVA ...	52

5. Índice de tablas

Tabla 1. Comparativa de satélites coincidentes.....	21
Tabla 2. Interpolación pseudodistancia de banda C1C.....	21
Tabla 3. Diferencia de pseudorangos	22
Tabla 4. Coordenadas fijas del vértice 1 de la base de calibración UPV	24
Tabla 5. Coordenadas aproximadas XYZ del fichero de observación Rinex.....	24
Tabla 6. Variación de distancia en valor absoluto de coordenadas fijas y aproximadas	24
Tabla 7. Intensidad de señal C/N0.....	29
Tabla 8. Archivos Cinemático	45
Tabla 9. Estadísticas Cinemático.....	48
Tabla 10. Red estática. Red libre. Resumen del ajuste.....	51
Tabla 11. Red estática. Red libre. Resultados del ajuste	51
Tabla 12. Red estática. Red ligada. Resumen del primer ajuste.....	52
Tabla 13. Red estática. Red ligada. Resultados del primer ajuste.....	53
Tabla 14. Red estática. Red ligada. Pruebas de observaciones del primer ajuste	53
Tabla 15. Red estática. Red ligada. Resumen del segundo ajuste y ajuste final	54
Tabla 16. Red estática. Red ligada. Coordenadas ajustadas y su precisión.....	54
Tabla 17. Coordenadas fijas	55
Tabla 18. Coordenadas ajustadas	55
Tabla 19. Variación de coordenadas entre fijas y ajustadas en valor absoluto	55
Tabla 20. Tabla salarial año 2020.....	56
Tabla 21. Presupuesto recursos humanos	57
Tabla 22. Presupuesto recursos materiales	58

6. Índice general

1. Compromiso	4
2. Abstract	5
3. Resumen	6
4. Índice de figuras	7
5. Índice de tablas	8
6. Índice general	9
7. Introducción	10
8. Objetivos	12
9. Datos	13
10. Metodología	14
10.1. Preliminares	14
10.2. Hardware y Software empleados	16
10.2.1. Captura de datos	16
10.2.2. Procesado de datos	18
11. Resultados	19
11.1. Estudio y análisis de observables	19
11.1.1. Estudio y comparación de pseudodistancias	19
11.1.2. Estudio en términos de efecto multipath	25
11.1.3. Estudio en términos del valor señal/ruido	29
11.1.4. Cálculo de la posición atendiendo a diferentes algoritmos	32
11.1.5. Errores de posicionamiento	35
11.2. Estudio de un posicionamiento estándar (SPP)	37
11.3. Estudio de un levantamiento cinemático postproceso	45
11.4. Estudio de proyecto de red estática con dispositivos móviles	49
12. Presupuesto	56
13. Conclusiones	59
14. Bibliografía	60
15. Cartografía	61
16. Anexos	64

7. Introducción

Cada vez es más difícil ignorar la importancia del uso de los teléfonos inteligentes. La mejora continua de estos dispositivos hace posible el desarrollo inmediato de la tecnología de posicionamiento por señal al poseer un chip receptor GNSS que capta los sistemas de posicionamiento globales actuales (GPS, GALILEO, GLONASS, BeiDou).

Desde que Google en 2016 anunció la disponibilidad de medidas en crudo de las señales GNSS se han visto avances cada vez más rápidos en este campo con aplicación a dispositivos móviles. De hecho, según algunos datos del informe del mercado GNSS se produjo un crecimiento del 6.4% anual entre 2015 y 2020. El informe GNSS 2017 de la ESA proporciona un análisis exhaustivo de las tendencias mundiales y los últimos desarrollos en términos de aplicaciones GNSS en segmentos clave, tanto en el mercado masivo como en el profesional. Además, con la llegada del 5G, se generará una rápida proliferación y diversificación de servicios de valor agregado.

Este mercado en auge se centra, entre otros, en soluciones para el mercado masivo, ofreciendo receptores de gran volumen para dispositivos de consumo: los drones, los teléfonos inteligentes... En la actualidad, se desarrolla un creciente interés por esta tecnología y por sus inmediatas aplicaciones.

La introducción de una nueva generación de chips para el mercado basada en mediciones de frecuencia dual multiconstelación GNSS, integrados en teléfonos inteligentes está contribuyendo a un nuevo nivel de precisión de posicionamiento en los servicios basados en la ubicación del mercado masivo.

La constelación múltiple es ahora estándar para conjuntos de chips de gran volumen. En la gama alta y mercado de chipset de teléfonos inteligentes de gama media, la frecuencia dual se está convirtiendo en la norma. Todos los grandes productores han lanzado conjuntos de chips de doble frecuencia y servicios basados en la ubicación del mercado masivo.

De momento es muy difícil garantizar las precisiones de los móviles debido al Hardware utilizado, por falta de información y garantía de los fabricantes por el tipo de chip GNSS instalado, en este trabajo se estudiará las precisiones y posibilidades de trabajar con Smartphone o teléfonos inteligentes.

Los teléfonos duales (doble frecuencia) trabajan con las siguientes señales y constelaciones:

GPS L1 + L5
GALILEO E1 + E5a
GLONASS L1
BeiDou B1

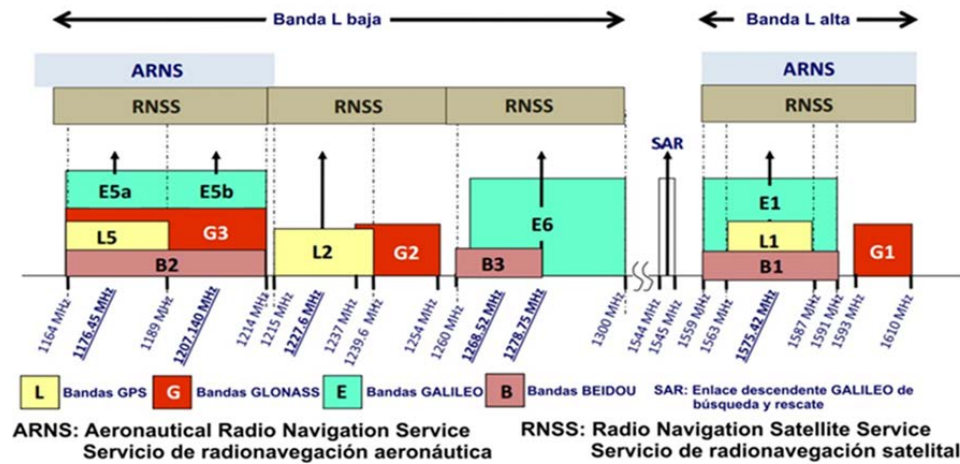


Ilustración 1. Tipos de bandas en GNSS

Todos los satélites emiten una señal llamada L1, que incluye información sobre la ubicación de este, la hora, etc. El problema de esta señal es que rebota en los edificios de las ciudades, por lo que no es del todo precisa. Los satélites más modernos emiten, además, una señal llamada L5. Esta señal es mucho más potente y no se distorsiona en exceso ante la presencia de obstáculos, por lo que la trayectoria que sigue desde el satélite hasta el receptor (el móvil) es la más corta y, por tanto, la más precisa.

Las señales L1 y L5 de GPS están situadas en la banda ARNS de la banda L (reservada exclusivamente a los servicios de seguridad aeronáutica por ello es más segura).

La banda L5 se centra 400MHz por debajo de L1 en el corazón de la banda de servicios de radio de navegación aeronáutica, que está protegida en todo el mundo para fines de navegación. No hay bandas de comunicación que causen interferencia ni se pueden agregar.

Además, la banda L1 tiene una interferencia armónica significativa de ciertas bandas celulares. La banda L5 tiene mucha menos interferencia de RF y muchos menos problemas de interferencia.

La señal L5 está constituida por dos componentes, L5I y L5Q. L5Q no tiene datos (también se denomina un canal piloto). L5I está modulada por un mensaje de datos que proporciona información sobre temporización, navegación y posicionamiento. Estos dos componentes L5 funcionan en cuadratura de fase, utilizan diferentes códigos PRN y se transmiten con igual potencia.

8. Objetivos

Los objetivos principales de esta investigación se centran en:

- Analizar y comparar los resultados del rendimiento de la precisión en los dispositivos móviles
- Desarrollar el procedimiento de la información extraída de varios software
- Interpretar algunos de los observables extraídos del archivo Rinex del dispositivo móvil y receptor



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

9. Datos

El procedimiento de la toma de datos se realizó por medio de dos técnicas diferentes. Por un lado, se ejecutó un posicionamiento estándar y una red estática en donde se situaban los dispositivos hasta que finalice la observación. Por otro lado, en un levantamiento cinemático los dispositivos están en continuo movimiento durante la captura de datos.

1. La primera toma de datos se refiere al posicionamiento estándar. En esta sección se han recogido datos en dos días distintos:

- Uno se corresponde al día 10/03/2021, con una duración de observación de dos horas. Sin embargo, los resultados que se mostrarán en la primera parte del posicionamiento estándar se corresponden con un análisis de media hora, entre las 12:15:00 y las 12:45:00.

Se recogieron los datos en un dispositivo móvil *Xiaomi Mi 8 Pro* capaz de registrar tanto código como fase. Se utilizó la App Geo++ RINEX Logger y se situó el dispositivo móvil en el pilar número uno de la base de calibración de la UPV. Esta aplicación permite registrar los observables en archivo Rinex en la que se generan dos archivos para la misma observación. Para el primer archivo, solo se consideran las mediciones marcadas con la mejor combinación de bits de estado de medición posible, mientras que para el otro se incluyen las mediciones que se pueden utilizar independientemente de los bits de estado de medición. En términos generales, se obtiene un archivo Rinex con menos (pero mejores) observaciones y uno con más. Para esta práctica se ha elegido el archivo que contiene las mejores observaciones para que el estudio fuese el mejor posible. Al mismo tiempo, un receptor geodésico *Trimble R10* se situó en el mismo pilar con el fin de comparar los pseudorangos entre uno y otro. Ambos registraron datos cada segundo.

- Otro se corresponde con el día 16/03/2021 en el que se situaron tres móviles en los pilares 1, 3 y 7, y un receptor *Trimble R10* en el pilar número 1. Los móviles fueron el *Xiaomi Mi 8 Pro* que se situaron en los pilares 1 y 7 y un *Xiaomi Mi 10 Lite 5G*. Para hacer la red estática se utilizaron estos tres móviles y además el receptor se utilizó para analizar observables. El *Trimble R10* se configuró para registrar datos cada cinco segundos mientras que el dispositivo móvil registra datos cada segundo con la aplicación Geo++ RINEX Logger. Esta toma de datos se utiliza para comparar y analizar las observaciones del receptor GNSS y el dispositivo móvil en términos de Posicionamiento estándar (SPP) con código.

2. Para los datos del levantamiento cinemático, se registró también con un *Xiaomi Mi 8 Pro* y un receptor *Trimble R10*. La toma se realizó en la pista de atletismo de la UPV con motivo de comparar el itinerario físico marcado por las líneas propias de las calles de la pista con la ruta obtenida por el software. Se utilizó la misma aplicación antes mencionada.

10. Metodología

10.1. Preliminares

Todos los teléfonos inteligentes cuentan con una configuración predeterminada en cuanto al consumo de batería se refiere. Uno de los principales problemas a resolver para obtener un buen rendimiento del receptor GNSS del dispositivo es el consumo de batería. Las casas comerciales trabajan bajo una estrategia común en la que implementan varias técnicas para mantener un bajo consumo de energía. La estrategia común más utilizada es el llamado *duty cycle*: el receptor rastrea los datos GNSS durante 200 ms antes de apagarse durante 800 ms. Sin un continuo seguimiento, ocurren varios *cycle slips* o saltos de ciclo entre dos mediciones consecutivas, limitando estrictamente el uso de técnica de fase avanzada como la cinemática en tiempo real (RTK) o el posicionamiento de punto preciso (PPP). La configuración correspondiente para este proyecto ha sido la de activar las opciones de desarrollador en los ajustes de Android, activando la casilla “Forzar mediciones GNSS completas”, en las que se registran todas las frecuencias y constelaciones de GNSS sin el ciclo de servicio.

Para la correcta evaluación del rendimiento del teléfono inteligente, se ha utilizado como comparativa el receptor geodésico *Trimble R10*, este cuenta con una antena de triple constelación geodésica (L1/L2/L5) de cuatro constelaciones (GPS/GALILEO/GLONASS/BeiDou).

La mayor diferencia entre el teléfono inteligente y el receptor geodésico es la calidad de antena. La antena GNSS del dispositivo móvil utiliza una polarización lineal que es vulnerable a múltiples efectos de las señales GNSS reflejadas por las superficies próximas a la antena, es decir, susceptible al efecto multipath. En consecuencia, la antena del teléfono inteligente es altamente sensible a la captura de señal GNSS con baja calidad en comparación con el receptor geodésico diseñado expresamente para minimizar el efecto multipath. Este es uno de los principales inconvenientes que hay que superar para conseguir una precisión de posicionamiento de los Smartphones GNSS comparable con la del receptor geodésico.

El sistema Android cuenta con una serie de aplicaciones que permiten el acceso a mediciones GNSS sin procesar, esto hace posible el uso de pseudorangos y observables de la fase portadora que da acceso a la solución PVT y a las mediciones sin procesar en las que se pueden calcular los observables GNSS. Desde la actualización de la API de Android, se han desarrollado varias aplicaciones capaces de monitorear mediciones GNSS sin procesar.

Como se citó anteriormente, el efecto multipath es uno de los principales errores que ensucian las medidas de código recogidas por el Smartphone. Como resultado, ha sido interesante evaluar un análisis pormenorizado del citado efecto.

Además, es importante establecer una fecha y hora adecuadas durante la observación se con el fin obtener óptimos resultados.

En todas las observaciones se utilizó *Trimble Planning*, un software planificación de misiones GNSS proporcionado por la empresa *Trimble*. Esta utilidad permite analizar la cobertura de satélites para un día concreto, ayudando a determinar la visibilidad de los satélites GPS, GLONASS, IGSO y geostacionarios para así saber qué horas del día tienen la mejor cobertura.

Por ejemplo, para el día 16/03/2021:

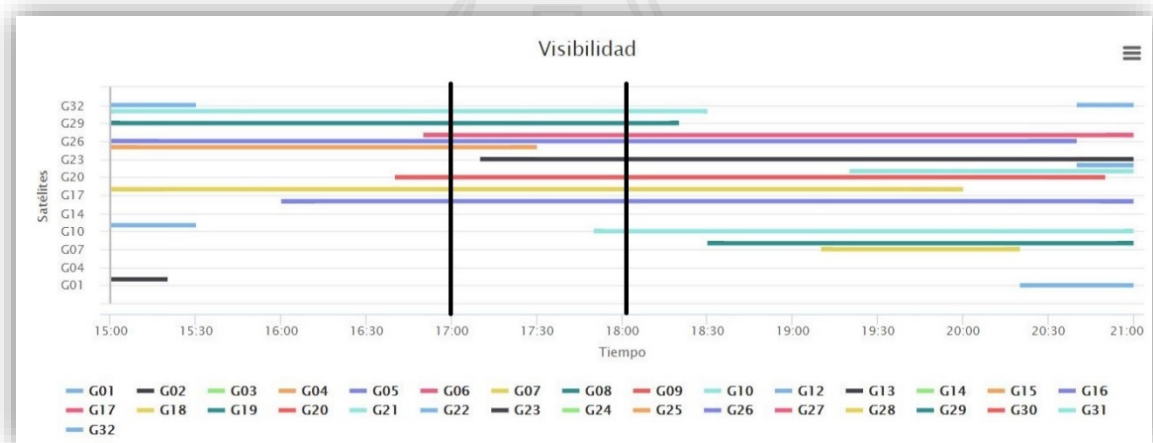


Ilustración 2.(SPP). Visibilidad de satélites

Entre otras funcionalidades, este programa incluye un gráfico dinámico de estado de cielo que permite ver la duración y recorrido de cada satélite en la posición seleccionada. Esto ha sido de utilidad para detectar los saltos de ciclo en las observaciones.

10.2. Hardware y Software empleados

10.2.1. Captura de datos

10.2.1.1. Software

Durante años, los observables de pseudorange, doppler y fase portadora no eran accesibles a los desarrolladores, ya que estos datos estaban protegidos por los fabricantes de chips. Desde que Google anunció que las mediciones sin procesar de GNSS estaban disponibles para las aplicaciones en el sistema operativo Android se desarrollaron múltiples apps atendiendo a distintos niveles de trabajo.

En el siguiente esquema se presentan los sistemas de trabajo:

- Dato procesado: datos procesados de observable dando solución PVT (Posición, Velocidad, Tiempo) por el dispositivo.
- Dato bruto o dato sin procesar: datos que se pueden analizar la calidad de los observables y trabajar con ellos en formato Rinex.
 - o Nivel II, se reciben datos en formato NMEA y trabajar con ellos
 - o Nivel III, se reciben datos brutos en formato *Raw* y RINEX y trabajar como un receptor topográfico a distintos niveles (estático) y otro nivel IV y V)
 - o Nivel IV Tratamiento cinemático RTK
 - o Nivel V Tratamiento PPP y PPP-RTK

Durante el desarrollo de esta práctica se utilizaron unas apps que pertenecen al nivel III. Gracias al formato que generan pueden desarrollar un rendimiento GNSS mayor y mejorar las precisiones al trabajar con un software de cálculo específico. Recientemente se han desarrollado y se están desarrollando diversas APIs cuyo objetivo es convertir las medidas de Android en formatos estandarizados para su uso eventual (RTCM, RINEX...) o permitir al usuario calcular la posición de mayor precisión mediante la recepción y el uso de datos de aumento. Algunas de estas aplicaciones son Geo++Rinex, PPP Wizlite, RTCM Converter, Android GNSS Logger, G-RitZ Logger, GNSS Data Recorder o Rinex ON

Concretamente, *Geo++ RINEX Logger* y *GNSS/IMU Logger* fueron las utilizadas para la captura de datos. El esquema de uso de los distintos tipos de software dependiendo del análisis GNSS y tipo de dato es el siguiente:

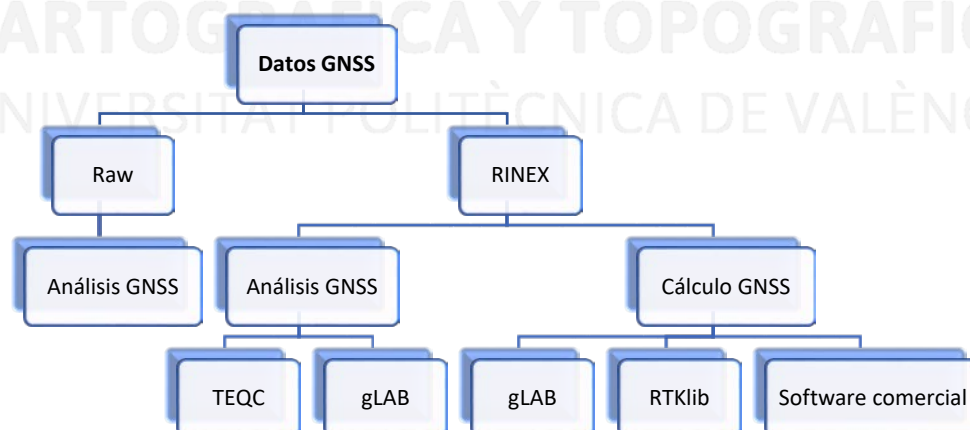


Ilustración 3. Esquema de datos GNSS nivel III

Un esquema del flujo de trabajo sería el mostrado:

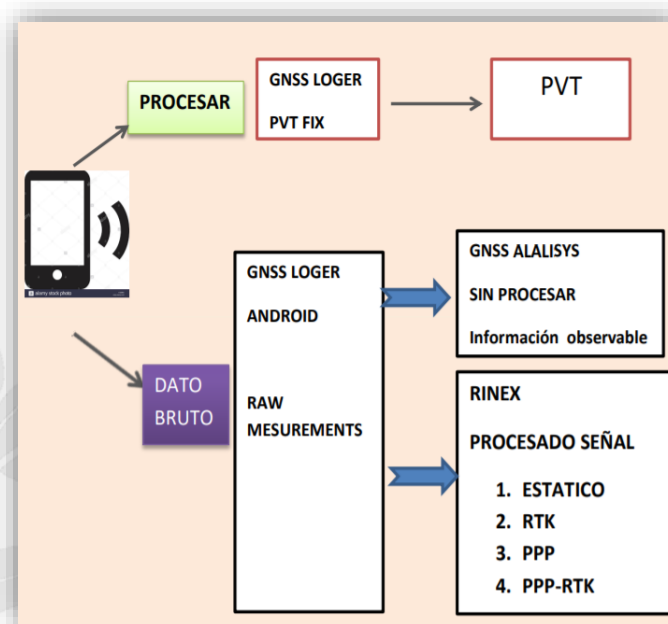


Ilustración 4. Flujo de trabajo

10.2.1.2. Hardware

La elección del modelo de móvil *Xiaomi Mi 8 Pro* para el proyecto no es casual.



Ilustración 5. *Xiaomi Mi 8 Pro*

Este es un teléfono dual, es decir, es un móvil que cuenta con un receptor GNSS de doble frecuencia. Determina la ubicación aproximada con la ayuda de tres o más satélites que emiten L1 en un margen de error de metros, como cualquier sistema de navegación de los Smartphones. Una vez calculada la ubicación aproximada, se refina la posición con la ayuda de satélites que emiten la banda L5. Debido a su distinta frecuencia, la señal es mucho menos propensa a distorsionarse debido a reflexiones o rebotes en otras superficies. Esto es lo que ayuda al chip a obtener una medida más precisa de la ubicación, sobre todo en lugares densos como zonas urbanas, donde generalmente abunda este error.

A diferencia de la banda L1, el método de señal utilizado en L5 emplea unidades de señal que son hasta diez veces más estrechas para medir el rango entre el satélite GNSS y el receptor. Esto mejora sustancialmente la precisión de posicionamiento y amplifica la potencia de transmisión del satélite dando lugar a una posición de alta precisión y sensibilidad.

En definitiva, el uso de la doble frecuencia mejora el posicionamiento y navegación en entornos urbanos gracias a la frecuencia E5/L5 que distingue más fácilmente señales reales que las reflejadas, reduciendo el efecto multipath y contribuyendo a la mejora de la precisión.

De forma complementaria, se utilizó un receptor geodésico profesional.



Ilustración 6. Receptor Trimble R10

Concretamente el *Trimble R10*. Sin entrar en detalles técnicos como canales o tipo de señales, pero sí entrando en rendimiento de posicionamiento se tiene que:

Medición estática GNSS

Estática de alta precisión

- Horizontal 3mm + 0.1ppm RMS
- Vertical 3.5mm + 0.4 ppm RMS

10.2.2. Procesado de datos

A partir de los datos recopilados en las aplicaciones se utilizaron los siguientes programas:

- *GnssAnalysisApp* fue utilizada para obtener gráficas referentes a la calidad de la señal GNSS, como radiofrecuencias, relojes y medidas de error. Lee las mediciones sin procesar GPS / GNSS recopilados por el GNSS Logger, y los utiliza para analizar el comportamiento del receptor GNSS.
- *gLab* permitió procesar los observables de pseudorange y fase. Se obtuvieron varias gráficas del posicionamiento estándar ya que tiene múltiples modos para obtener cualquier tipo de gráfica.
- *RTKLib* fue empleado para el cálculo del levantamiento cinemático en postproceso.
- *Leica Infinity* se aplicó para hacer el ajuste de red estática. Al ser un software profesional es capaz de administrar, analizar y verificar la calidad de todos los datos de medición, como estaciones totales, datos GNSS, ...
- *TEQC* se usó para caracterizar el efecto multipath

11. Resultados

11.1. Estudio y análisis de observables

11.1.1. Estudio y comparación de pseudodistancias

Preliminares

La pseudodistancia es la medida de la distancia entre el satélite y el receptor entre la época de transmisión de señal desde el satélite y la recepción de la señal en el receptor. Se pretende comparar la diferencia de pseudoranges entre ambos terminales.

Muchos son los errores asociados al GNSS. Se pueden diferenciar tres grupos atendiendo a los errores asociados al satélite, a los errores asociados al medio de propagación y a los errores relacionados con el receptor.

Se pueden dividir en dos grupos atendiendo al tipo de error de procedencia. Por un lado, los errores sistemáticos y los errores accidentales.

El primer grupo corresponde a los errores en el reloj de satélite, a los errores orbitales, a los errores en los relojes de los receptores y a los errores atmosféricos. Por otro lado, en el segundo grupo se encuentran las pérdidas de ciclo, el efecto multipath, la variación o el offset del centro de fase de antena y los errores de observación.

Los errores sistemáticos pueden ser modelados y eliminados mediante algunos métodos gracias a la combinación de observables a partir de dos frecuencias, como la combinación libre ionosfera.

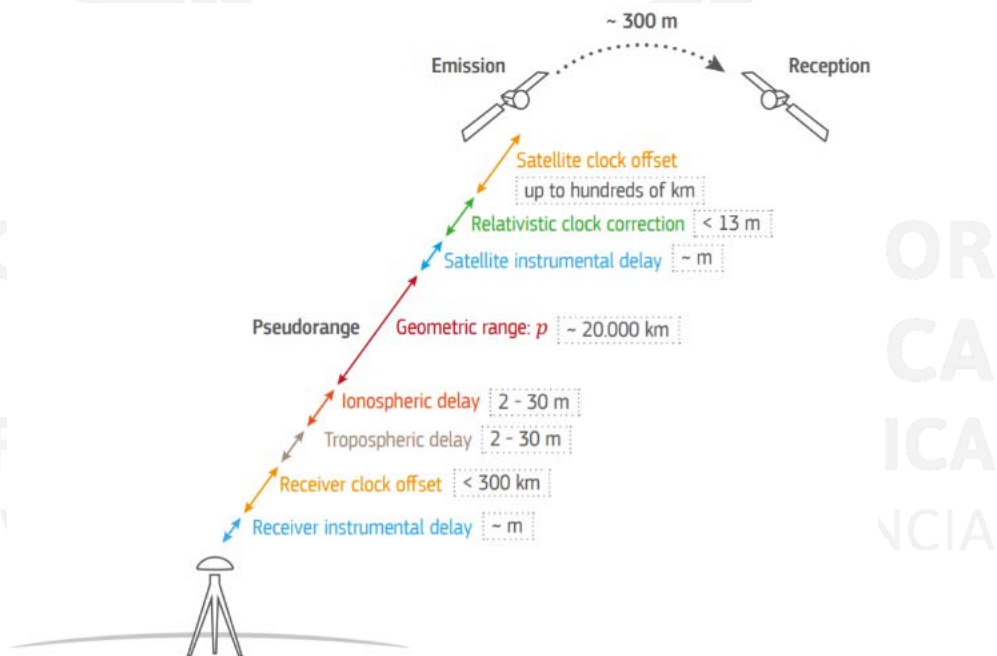


Ilustración 7. Fuentes de errores GNSS de medición de la pseudodistancia

Desarrollo práctico

A continuación, se explica el proceso de cálculo para la obtención de los resultados de la pseudodistancia entre el receptor y el dispositivo móvil durante la observación.

(10/03/2021 12:15:00 – 12:45:00).



Ilustración 8. Trimble R10 en el pilar de observación

El desarrollo para calcular las diferencias de pseudodistancias entre receptor y móvil fue laborioso. El receptor realiza una captura de datos cada segundo, esto supone un empleo excesivo de datos para poder elaborar una hoja de cálculo Excel que resulte manejable. Se optó por registrar los datos obtenidos cada 30 s descartando las restantes tomas de datos.

El reloj del Smartphone no está sincronizado con el reloj del satélite, no recoge datos cada segundo exacto, no se puede comparar la toma de datos del receptor y el móvil en el mismo instante.

Para poder comparar las distancias entre el receptor y el móvil fue necesario seleccionar el valor anterior y posterior del instante de tiempo asociado cada treinta segundos.

Por ejemplo, en la primera columna de la próxima tabla, se muestra los satélites registrados y coincidentes entre los tiempos 12:14:9998516 y 12:15:9998518. El objetivo es obtener la pseudodistancia correspondiente a la hora 12:15:00.

Tabla 1. Comparativa de satélites coincidentes

PRN Satellite	Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength	Pseudo Range2	Carrier Phase2	Doppler2	Signal Strength2	Valores coincidentes
>	2021.000	3	10	12	14	59.9998516	0	24	
C08	40977153.107	213378825.2	1413.951	28.413					40977153.107
C13	40485902.393	210820745	1989.74	26.194					40485902.393
C21	25077110.578	13058133.9	-669.711	27.072					25077110.578
C27	25429073.219	132415674.8	-1988.677	33.517					25429073.219
C29	23713195.496	123480834.8	3248.925	31.374					23713195.496
C30	22712639.367	558.331	16.763						NO COINCIDEN
C36	22274517.872	115989282	-392.759	32.307					22274517.872
E15	25853507.389	2165.224	34.18						25853507.389
E19	25084206.965	131818417.8	678.666	30.433	25084205.17	98435818.44	506.873	29.225	25084206.965
E27	23687487.993	124478572.9	-366.494	34.749	23687489.79	92954800.24	-273.699	38.326	23687487.993
E30	26050621.530	136896938	-1777.863	35.186	26050629.62	102228261.2	-1327.704	27.358	26050621.530
G02	24149415.408	126906047.1	1801.341	32.521					24149415.408
G06	24480142.250	128644005	794.175	34.898					24480142.250
G12	20419475.591	107305041.4	-862.258	37.246					20419475.591
G19	24539830.929	128957744.2	-3102.542	36.375					24539830.929
G24	21628513.092	113658619.9	-1946.32	29.62	21628512.49	84874924.59	-1453.394	39.837	21628513.092
G25	20692969.056	108742348.1	1637.477	36.188	20692960.96	81203601.19	1222.752	37.129	20692969.056
G32	22032191.731	115779909.3	1867.994	31.725	22032185.74	86459026.5	1394.837	36.742	22032191.731
R07	21211157.621	113545034.5	-1937.191	29.692					21211157.621
R08	22100471.262	1572.59	24.715						22100471.262
R09	19977939.161	936.04	23.728						19977939.161
R10	22449716.285	119753602.1	2855.166	33.103					22449716.285
R16	21184338.488	113162927.9	-1644.82	30.457					21184338.488
R18	21341266.649	113921050.5	-856.108	34.121					21341266.649
>	2021.000	3	10	12	15	0.9998518	0	23	
C08	40977153.107	213377728.8	1413.953	28.798					40977153.107
C13	40485584.613	210819067.8	1989.519	26.301					40485584.613
C21	25077301.845	130584115.4	-670.275	26.845					25077301.845
C27	25429513.014	132417976.3	-1989.297	34.239					25429513.014
C29	23712628.289	123477898.4	3248.577	31.11					23712628.289
C36	22274659.074	115989987.3	-393.078	32.757					22274659.074
E15	2585357.531	2164.569	34.225						2585357.531
E19	25084138.312	131818054.7	678.127	30.58	25084135.61	98435547.38	506.348	29.183	25084138.312
E27	2368716.504	124479254.8	-366.821	35.658	23687619.9	92955309.41	-273.888	38.442	2368716.504
E30	26051024.451	136899031	-1777.97	35.613	26051031.35	102229824.2	-1327.731	27.082	26051024.451
G02	24149139.599	126904561.3	1800.814	33.785					24149139.599
G06	24480048.415	12864326.5	793.518	35.102					24480048.415
G12	20419715.725	107306319.2	-862.718	37.383					20419715.725
G19	24540485.375	128961162.2	-3102.909	36.899					24540485.375
G24	21628941.495	113660881.6	-1946.673	29.173	21628942.99	84876613.63	-1453.75	39.487	21628941.495
G25	20692716.331	108741026.2	1636.991	37.1	20692709.44	81202614.03	1222.457	37.533	20692716.331
G32	22031899.433	115778357.2	1867.201	34.125	22031890.74	86457867.43	1394.358	36.08	22031899.433
R07	21211569.236	113547293.4	-1937.933	29.453					21211569.236
R08	22100249.416	118345827	1572.35	25.51					22100249.416
R09	19977851.022	936.902	23.661						19977851.022
R10	22449225.525	119751066.9	2855.031	33.955					22449225.525
R16	21184716.226	113164893.4	-1645.218	30.697					21184716.226
R18	21341501.086	113922227.7	-857.158	34.869					21341501.086

Para ello, se hizo una interpolación lineal entre ambos tiempos para deducir la distancia en el tiempo 12:15:00. Es importante tener en cuenta el sesgo que se puede producir con este cálculo matemático, ya que esta interpolación no sería la más adecuada, en su caso, habría que observar el comportamiento satelital de las trayectorias de cada satélite. De todos modos, se realizó de esta manera ya que, a pesar de que hubiera cierta diferencia, esta sería escasa.

Tabla 2. Interpolación pseudodistancia de banda C1C

HORA	C1C	C1C2	INTERPOLACIÓN C1C
12:15:00	59.9998516	60.9998518	60
C08	40977153.107	40976943.852	40977153.076
C13	40485902.393	40485584.613	40485902.346
C21	25077110.578	25077301.845	25077110.606
C27	25429073.219	25429513.014	25429073.284
C29	23713195.496	23712628.289	23713195.412
C30	22712639.367	NO COINCIDEN	#i DIV/0!
C36	22274517.872	22274659.074	22274517.893
E15	25853507.389	25853157.531	25853507.337
E19	25084206.965	25084138.312	25084206.955
E27	23687487.993	23687617.504	23687488.012
E30	26050621.530	26051024.451	26050621.590
G02	24149415.408	24149139.599	24149415.367
G06	24480142.250	24480048.415	24480142.236
G12	20419475.591	20419715.725	20419475.627
G19	24539830.929	24540485.375	24539831.026
G24	21628513.092	21628941.495	21628513.156
G25	20692969.056	20692716.331	20692969.018
G32	22032191.731	22031899.433	22032191.688
R07	21211157.621	21211569.236	21211157.682
R08	22100471.262	22100249.416	22100471.229
R09	19977939.161	19977851.022	19977939.148
R10	22449716.285	22449225.525	22449716.212
R16	21184338.488	21184716.226	21184338.544
R18	21341266.649	21341501.086	21341266.684

Tabla 3. Diferencia de pseudorangos

PRN Satélite	TRIMBLE R10						XIAOMI MI 8 PRO		C1C	Δ PseudoRango (m) C1C
	Columna1 > 2021.000	Columna3 10.000	Columna4 12	Columna5 15	Columna6 0	HORA 12:15:00	INTERPOLACIÓN 60			
E15	25809331.914	25809332.961	7	135628920.8	6	C08	40977153.076	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
E19	25040032.477	25040031.176	7	131586255	7	C13	40485902.346	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
E21	24945411.414	24945412.883	8	131089025.5	8	C21	25077110.606	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
E27	23643315.016	23643317.438	8	124246461.2	8	C27	25429073.284	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
E30	26006450.422	26006452.898	7	136664801.4	6	C29	23713195.412	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
G02	24105246.883	126674102.372	4			C30	#DIV/0!	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
G12	20375299.609	20375300.172	7	20375300.73	6	C36	22274517.893	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
G24	21584341.164	21584345.863	6	21584345.93	6	E15	25853507.337	25809331.914	44175.423	
G25	20648786.320	20648791.910	6	20648791.32	8	E19	25084206.955	25040032.477	44174.478	
G29	23420985.711	23420984.691	5	23420985.52	5	E27	23687488.012	23643315.016	44172.996	
G32	21988014.250	21988019.176	5	21988019.53	7	E30	26050621.590	26006450.422	44171.168	
R06	23273215.164	124190387.040	5			G02	24149415.367	24105246.883	44168.484	
R07	21166976.078	21166978.816	6	21166977.4	6	G06	24480142.236	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
R08	22056350.359	22056348.938	5	22056344.29	5	G12	20419475.627	20375299.609	44176.018	
R09	19933838.320	19933837.012	7	19933837.02	7	G19	24539831.026	NO COINCIDEN	NO HAY VALORES	
R10	22405534.609	119434115.717	7			G24	21628513.126	21584341.164	44171.992	
R16	21140154.906	21140155.414	6	21140155.07	5	G25	20692969.018	20648786.320	44182.698	
R18	21297081.156	21297082.074	6	21297085.4	6	G32	22032191.888	21988014.250	44177.438	
R19	20893437.398	20893437.680	6	20893437.07	6	R07	21211157.682	21166976.078	44181.604	
						R08	22100471.229	22056350.359	44120.870	
						R09	19977939.148	19933838.320	44100.828	
						R10	22449716.212	22405534.609	44181.603	
						R16	21184338.544	21140154.906	44183.638	
						R18	21341266.684	21297081.156	44185.528	

Por último, se compararon los pseudorangos de solamente los satélites coincidentes entre el receptor y el móvil en el mismo instante de tiempo.

El resultado es un conjunto de gráficas que se corresponden con la discrepancia de pseudodistancias en función del tiempo de cada uno de los satélites coincidentes. Se muestran solamente cuatro de ellas:

G32 es uno de los satélites correspondientes a GPS, E27 y E30 a GALILEO y R09 a GLONASS.



Ilustración 9. (SPP) Discrepancia de pseudorangos en función del tiempo

Todas las gráficas muestran un comportamiento lineal descendente, que comprende un rango entre 50000 m y -150000 m para la medida de pseudodistancia en 30 min de observación. Estos resultados pueden explicarse por el hecho de que existe un error o deriva en el estado de los relojes.

También se tuvieron en cuenta los errores asociados a los satélites y órbitas, concretamente al error en los relojes.

Este error es debido a la falta de sincronización respecto al que marca el tiempo atómico. Este análisis presenta el modelo de pseudodistancia de código en la que la distancia se calcula a través del producto de tiempo de transmisión de la señal y la velocidad de la luz, un mínimo error en el tiempo producirá un error grande en la distancia. El oscilador del reloj del satélite es estable con una precisión de 10^{-13} , 10^{-12} , pero con el tiempo puede producir errores de milímetros en la distancia. Por esta causa, este error debe de ser modelado ya que aparentemente no provoca un error apreciable, pero resultan irregularidades en el estado de marcha. Un error de distancia de 300 km resulta un error de 1ms.

De acuerdo a lo anterior, el error total del reloj es dividido en dos términos, un factor de sincronización y otro relativista.

$$\delta t_s = dt + \delta t_r$$

El reloj tiene una cierta estabilidad de frecuencia, sin embargo, padece algunas derivas que se ven afectadas a la pseudodistancia.

El primer error se produce por un error de sincronización del tiempo con el patrón de tiempo GPS, llamado *offset* del reloj. El segundo error es se llama efecto relativista de funcionamiento del reloj, que provoca que el reloj del satélite y receptor no tenga la misma oscilación, pero ambos son corregibles o modelables.

En un dispositivo móvil hay dos términos llamados *bias*. Uno es *full bias*, relacionado a poner el tiempo del teléfono móvil a tiempo cero para luego hacer comparaciones. Pero hay otro pequeño error que tiene el reloj interno del dispositivo que son las *bias* del reloj, es decir, el sesgo del reloj. Uno es el sesgo de larga duración en la que tiene una deriva de envejecimiento del reloj por la razón fundamental de que los relojes de piezoeléctrico o de cuarzo que se caracterizan por ser muy sensibles a varios condicionantes. El cambio de temperatura, la vibración o el apagado y encendido del dispositivo hacen que estos relojes tengan una variación instantánea.

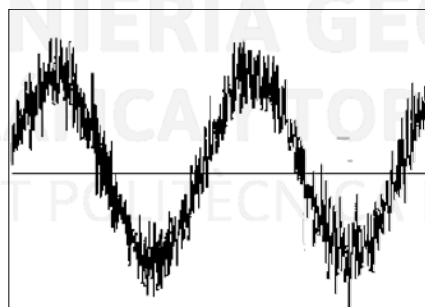


Ilustración 10. Ruido de amplitud inestabilidad en frecuencia Ruido de fase

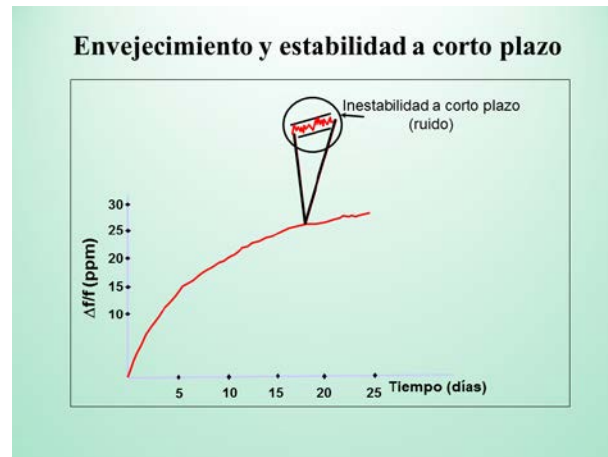


Ilustración 11. Señal de un oscilador de cuarzo

Por otro lado, existe el sesgo de corta duración. La variación de un instante concreto o la vibración que tiene la frecuencia de un oscilador de cuarzo. La oscilación instantánea produce errores en la medición del reloj.

Por tanto, en la gráfica de la discrepancia de pseudorange tiene relación con la deriva del reloj. Teóricamente se estabiliza con el tiempo, pero sale un comportamiento lineal debido al estado del reloj interno del dispositivo móvil.

Atendiendo al posicionamiento estático en esta observación:

Tabla 4. Coordenadas fijas del vértice 1 de la base de calibración UPV

CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS			ETRS89 UTM 30		
X	Y	Z	X	Y	h elipsoidal
4929628.857	-29042.288	4033562.536	728999.070	4373346.727	57.020

Tabla 5. Coordenadas aproximadas XYZ del fichero de observación Rinex

	X	Y	Z
Xiaomi Mi 8 Pro	4929623.580	-29040.493	4033563.908
Trimble R10	4929629.649	-29041.8411	4033564.191

Tabla 6. Variación de distancia en valor absoluto de coordenadas fijas y aproximadas

	ΔX	ΔY	ΔZ
Xiaomi Mi 8 Pro	5.277	1.795	1.372
Trimble R10	0.792	0.447	1.655

11.1.2. Estudio en términos de efecto multipath

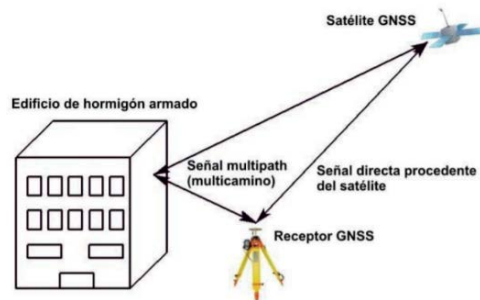


Ilustración 12. Efecto Multipath

Son muchas las fuentes de error que existen para la medición de una pseudodistancia en GNSS. En este apartado, se comenta el efecto multipath, un error que está asociado al receptor. Es causado por las múltiples reflexiones de la señal emitida por el satélite que llega al receptor.

Dos señales son recibidas, la señal directa, y la señal reflejada que recorre una mayor distancia. El efecto multipath depende de la frecuencia de la señal, y, por tanto, el error será distinto para bandas diferentes. La imagen a continuación muestra la señal que recibe una antena.

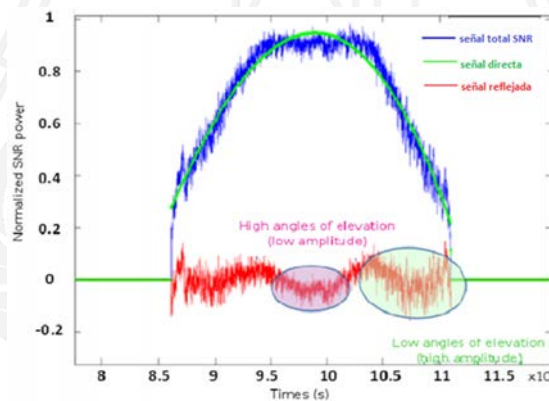


Ilustración 13. Señal recibida por una antena

Ya sea geodésica o de cualquier tipo, la señal recibida se corresponde con la que está trazada en color azul. Si se elimina la señal ruido se corresponde con el gráfico de color rojo, que es la señal reflejada o efecto multipath. El comportamiento de esta figura está en función de la elevación de los satélites, en su fase de ascenso o descenso, y, en consecuencia, la intensidad de la señal se modifica. Es por este motivo por el cual en las próximas gráficas se muestra un comportamiento oscilante.

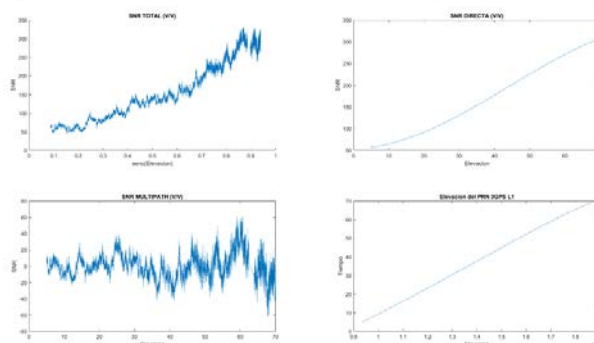


Ilustración 14. Efecto Multipath II

La imagen superior izquierda representa la señal total en la fase de ascenso y a su derecha la señal directa. La imagen inferior izquierda se muestra la señal reflejada o efecto multipath y en la última se muestra la elevación de satélite.

Caracterización del Efecto Multipath en la práctica:

Para caracterizar el efecto multipath (mp) se utilizó el software TEQC que permite comprobar la calidad de los archivos de observación Rinex.

Previamente se ha citado que este efecto depende de la frecuencia. En observaciones de código suele ser de dos órdenes de magnitud más grande que en observaciones de fase. El programa hace una combinación lineal de dobles frecuencias y mediciones de fase. Esto se utiliza para determinar la magnitud del pseudorange del efecto multipath y del ruido para cualquier sistema GNSS.

Este impacto en la medición puede obtenerse mediante las ecuaciones:

$$mp_1 = P_1 - \left(1 + \frac{2}{\alpha - 1}\right) \lambda_1 \phi_1 + \left(\frac{2}{\alpha - 1}\right) \lambda_5 \phi_5 = MP_1 + \varepsilon_{P_1} + K + Id$$

$$mp_5 = P_5 - \left(\frac{2\alpha}{\alpha - 1}\right) \lambda_1 \phi_1 + \left(\frac{2\alpha}{\alpha - 1}\right) \lambda_5 \phi_5 = MP_5 + \varepsilon_{P_5} + K + Id$$

Los subíndices 1 y 5 se corresponden con las bandas L₁ y L₅, mp₁ y mp₅ son las estimaciones de código del error multipath, λ_1 y λ_5 son las longitudes de onda, ϕ_1 y ϕ_5 son los observables de la fase portadora en unidades de ciclos, ε_{P_1} y ε_{P_5} son el error de ruido del receptor de las mediciones de código, K es una constante relacionada con las ambigüedades de fase, Id es un término asociado a los retrasos instrumentales y $\alpha = \frac{f_1}{f_5}$ con f₁ la frecuencia asociada a la banda L₁ y f₅ a la frecuencia asociada a la banda L₅.

Si se observa la ecuación, el observable multipath solo pueden formarse si los observables de código y de fase están disponibles en dos frecuencias diferentes. Este estudio analiza el error de pseudodistancia del código del Smartphone.

Las siguientes gráficas representan la combinación de bandas L₁-L₂ y L₁-L₅ de los archivos *08620690.m1GEOP069M.m15* que generó el programa correspondiente para receptor y móvil respectivamente. Para el caso del receptor, se ha creado una gráfica para cada constelación (GLONASS y GPS) mientras que para el Smartphone se muestra la constelación europea (GALILEO). El análisis comprende una duración de quince minutos.

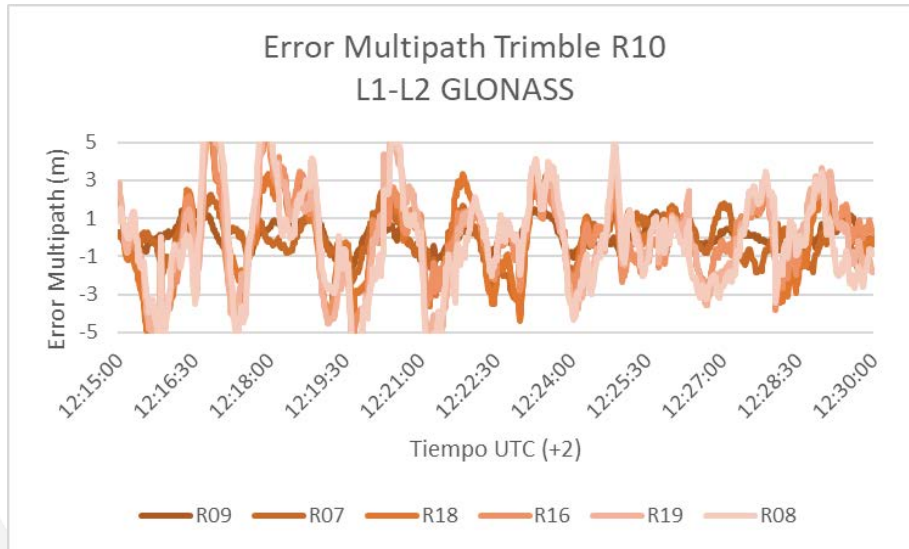


Ilustración 15. (SPP) Error Multipath Trimble R10 GLONASS

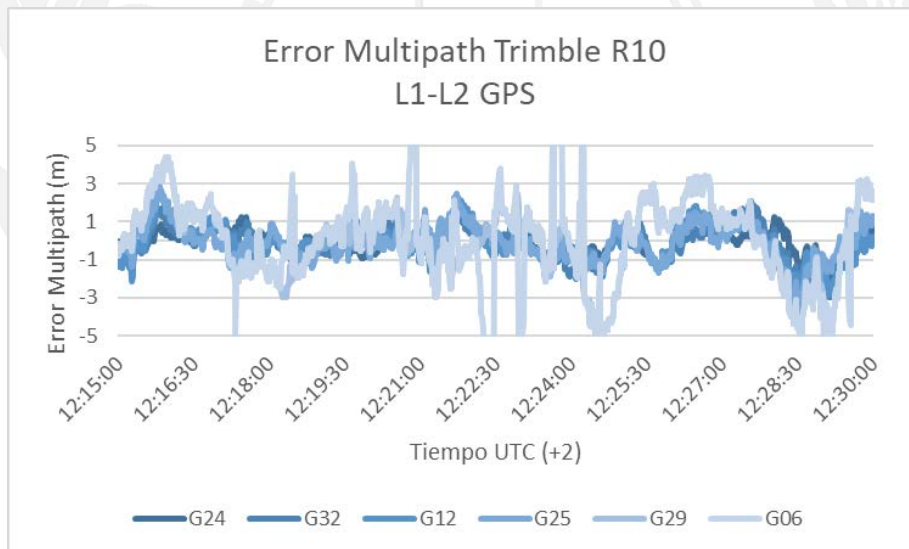


Ilustración 16. (SPP) Error Multipath Trimble R10 GPS

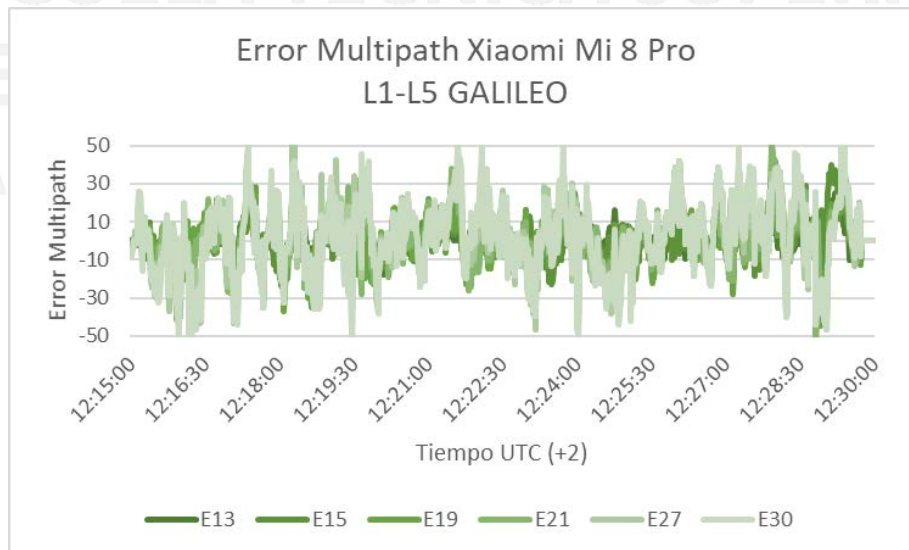


Ilustración 17. (SPP) Error Multipath Xiaomi Mi 8 Pro GALILEO

En el sentido descrito anteriormente, los observables multipath sólo pueden ser formados si los observables de código y fase están disponibles en dos frecuencias distintas. Las dos primeras gráficas muestran el error multipath L1 para las mediciones GPS y GLONASS adquiridas por el receptor geodésico. En la última figura, el resultado mostrado es el error multipath de L1 y L5 para el Smartphone en la constelación GALILEO.

El resultado más llamativo que emerge de los datos es que, mientras el receptor oscila entre ± 5 metros de error, el móvil alcanza picos de hasta cincuenta metros de error. La causa primaria de este efecto es la calidad de la antena. Los receptores geodésicos cuentan con modelos de antenas que eliminan o mitigan este efecto mientras que el chip del receptor móvil no cuenta con ello. Podemos concluir, a partir de los datos, que la calidad de la antena juega un papel fundamental en este tipo de error.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

11.1.3. Estudio en términos del valor señal/ruido

Esta terminación hace referencia a la medida de cuánto afecta el ruido de la señal y se define como el cociente entre potencia de señal y potencia de ruido. Si el cociente es mayor, la información será más pura, por el contrario, si la relación decrece, la señal perderá ruido y la medida será inexacta.

Un móvil con receptor GNSS procesa señales y proporciona al usuario una solución estimada de posición, velocidad y tiempo (PVT) en función de las mediciones GNSS sin procesar. Este PVT se basa en los pseudorangos medidos, la información entregada a través del mensaje de navegación y el aumento opcionales proporcionados por terceros.

La calidad de estas señales en la telefonía están condicionadas fundamentalmente por tres factores.

- La ubicación de la antena es fundamental, si se encuentra en un lugar a mucha distancia y su orientación es la contraria, es probable que el dispositivo presente problemas para captar la señal. Además, el mantenimiento y la saturación de la antena son puntos clave en la calidad de la cobertura de la telefonía.
- La situación meteorológica es un factor externo que puede producir efectos negativos sobre la cobertura. La señal puede ser menor a la que se obtiene normalmente en la zona si existen lluvias o tormentas. Las zonas de tránsito y se sombra también producen una disminución brusca de la intensidad de la señal. Pueden ser causadas por la orografía del propio terreno o de un sitio que se localice en medio de un valle.
- Los obstáculos naturales o de construcción son también condicionantes para la robustez de la señal. Los elementos naturales tipo árboles se consideran un obstáculo en la emisión de la cobertura móvil. Los elementos constructivos tipo ladrillo juegan un papel negativo en la emisión de la señal móvil, especialmente si estos están recubiertos de aluminio como también las ventanas con doble acristalamiento. En general, parece que hay algunas pruebas que indican que dichos tipos de paredes dificultan la recepción de la señal móvil en interiores de forma desmesurada.

El umbral de intensidad de señal para un buen seguimiento se muestra en la siguiente imagen:

Tabla 7. Intensidad de señal C/No

C/No Carrier to Noise ratio(RINEX)	
	nivel
< 12	1 (intensidad de señal mínima)
12-17	2
18-23	3
24-29	4
30-35	(umbral para un buen seguimiento) 5
36-41	6
42-47	7
48-53	8
≥ 54	(intensidad de señal máxima posible) 9

A continuación, se muestra el resultado obtenido en la práctica. Las gráficas representan el valor señal/ruido de las bandas L1 y L5 para las constelaciones GPS y GLONASS. Además, se comparó la banda L1 entre el receptor y el móvil tanto en GPS como en GLONASS.

Diferencia de valor señal/ruido en Xiaomi Mi 8 Pro en L1/L5

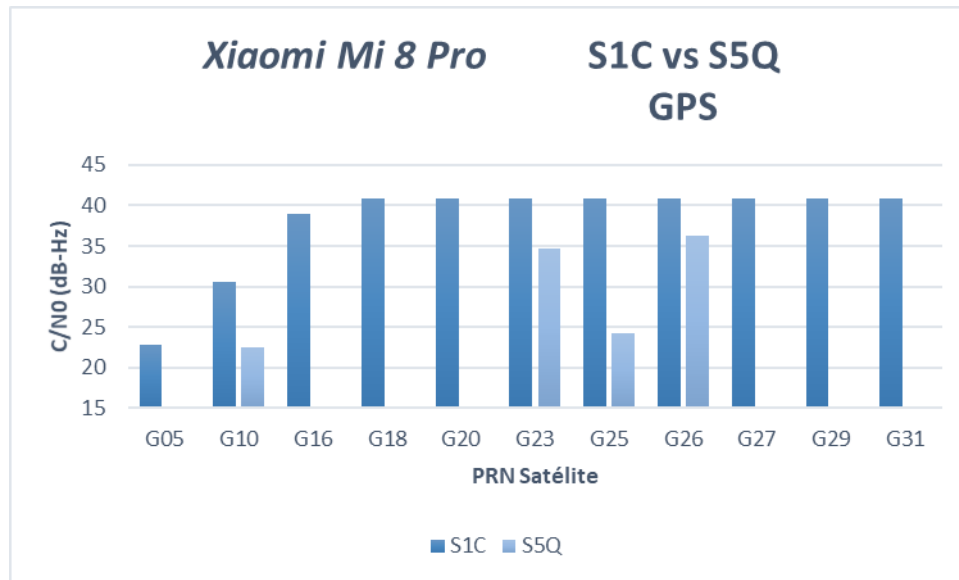


Ilustración 18. (SPP) Valor señal/ruido Xiaomi Mi 8 Pro L1/L5 (S1C/S5Q) GPS

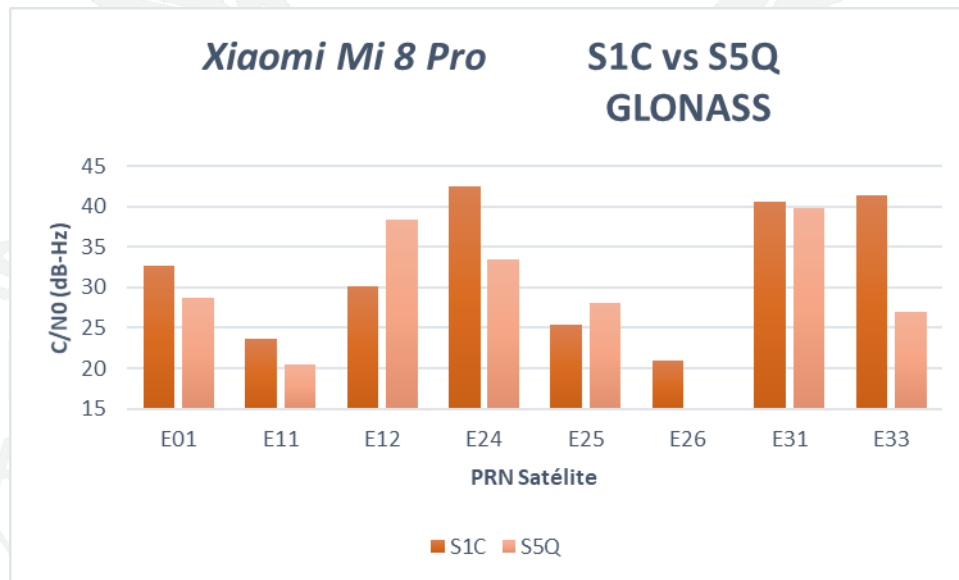


Ilustración 19. (SPP) Valor señal/ruido Xiaomi Mi 8 Pro L1/L5 (S1C/S5Q) GLONASS

Diferencia de valor señal/ruido en L1 entre Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro

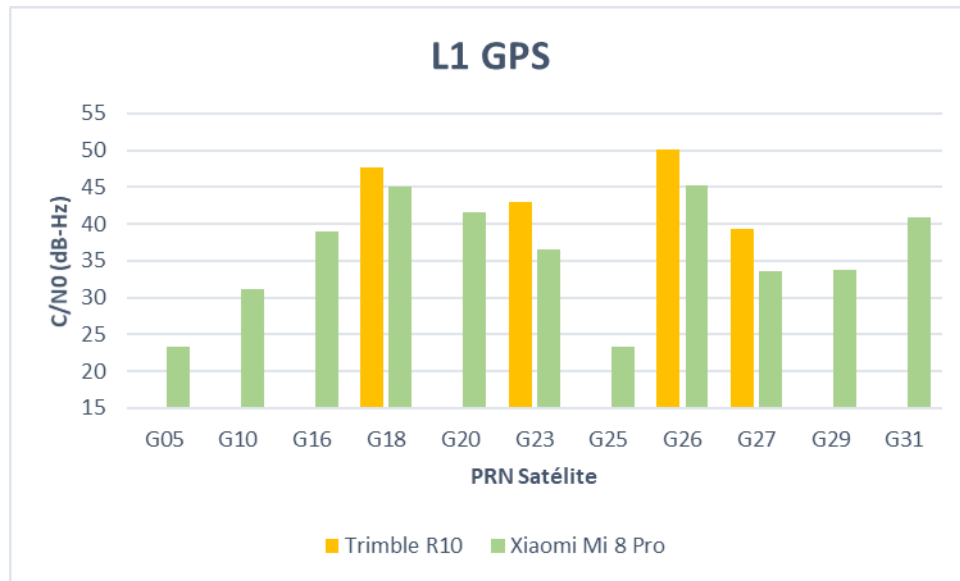


Ilustración 20. (SPP) Valor señal/ruido entre Receptor Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro en L1 GPS

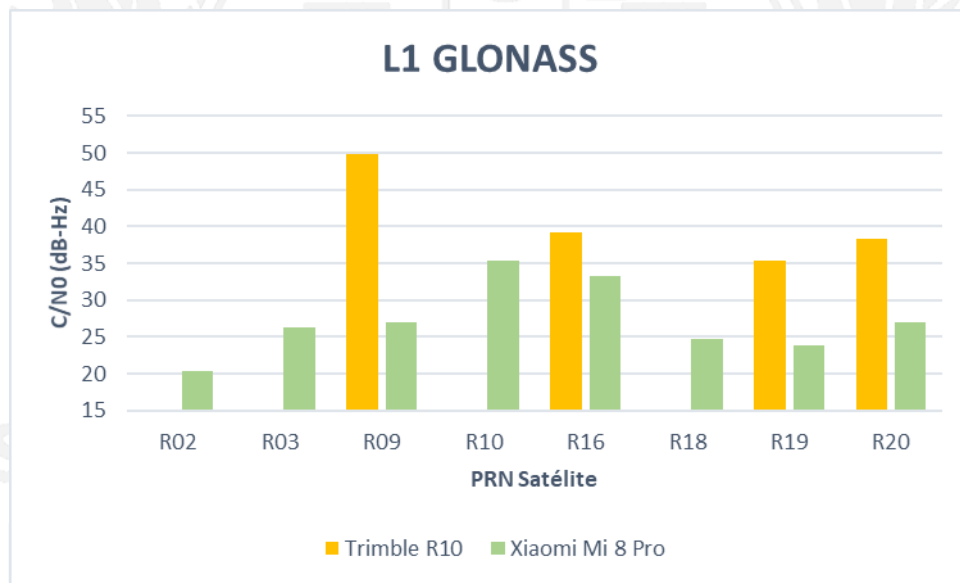


Ilustración 21. (SPP) Valor señal/ruido entre Receptor Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro en L1 GLONASS

11.1.4. Cálculo de la posición atendiendo a diferentes algoritmos

Fundamento teórico

La solución PVT (posición, velocidad, tiempo) es el proceso de cálculo de la posición y de cambio de tiempo del receptor GNSS a partir de los observables de estas señales. Para obtener esta solución es necesario un mínimo de cuatro satélites.

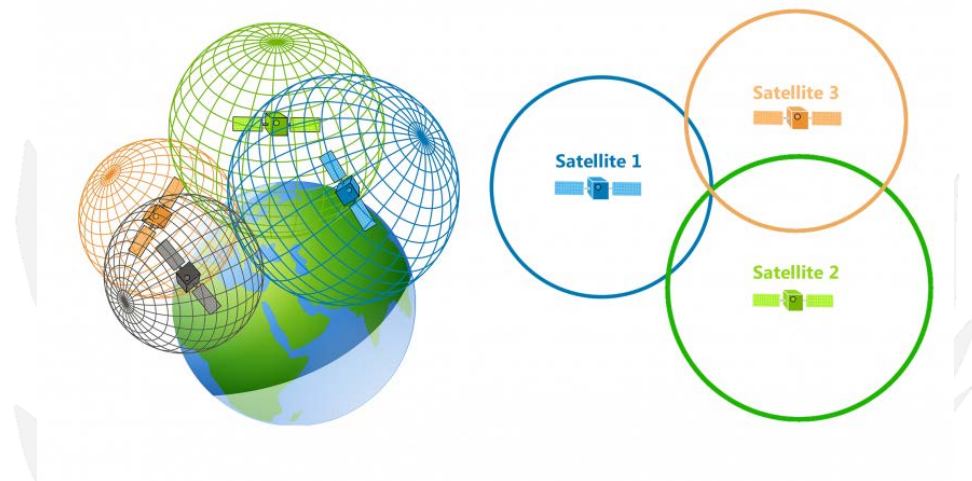


Ilustración 22. Proceso de trilateración

Tres satélites serían suficientes para determinar la posición de un usuario sobre la esfera en donde los centros son los satélites y los radios la distancia satélite-receptor. Sin embargo, la sincronización entre el reloj del receptor y la del satélite no es la misma ya que el receptor contiene un reloj menos preciso. Debido a esto, las distancias medidas son pseudodistancias ρ que están relacionadas con las distancias reales a través de la deriva del reloj del receptor.

$$\rho = c \cdot (t_{RX} + \delta t - t_{TX}) = c \cdot (t_{RX} - t_{TX}) + c \cdot \delta t = d + c \cdot \delta t$$

Se necesita la participación de otro satélite para resolver el sistema de ecuaciones con cuatro incógnitas que se plantea: las coordenadas (x, y, z) del receptor y la deriva del reloj δ . Además de estas cuatro incógnitas, existen otros errores en la medida de pseudorangs que están afectados por fenómenos como el retardo de propagación de la señal debido a la Ionosfera, Troposfera y otros errores adicionales como el error ruido. La ecuación para el posicionamiento con pseudorangs:

$$\rho = d + c \cdot \delta t + I_{\rho} + T_{\rho} + \epsilon_{\rho}$$

A pesar de que sería interesante examinar con más detalle el contenido matemático de los algoritmos de posicionamiento, se excluirá en el apartado y se explicará de forma escueta su funcionamiento.

En el cálculo de la posición, se utilizan las medidas de dispersión de las pseudodistancias de forma que se pondere cada una de las medidas con su calidad mediante el valor inverso de la dispersión de la pseudodistancia asociado a cada satélite. Esto es, resolviendo las ecuaciones de navegación mediante la técnica de mínimos cuadrados ponderados o *weighted least squares* (WLS). Al no requerir conocimientos sobre la dinámica, los mínimos cuadrados ponderados (WLS) pueden utilizarse para estimar la posición utilizando únicamente las mediciones de pseudodistancia. Sin embargo, hay algunos inconvenientes como la calidad de las estimaciones que depende totalmente de la calidad de las mediciones y también de que el algoritmo WLS requiere un número mínimo de mediciones.

Hay otro llamado algoritmo o proceso matemático iterativo que utiliza un conjunto de ecuaciones y entradas de datos consecutivas para estimar rápidamente el valor real, la posición, la velocidad, ...etc. del objeto que se mide, cuando los valores medidos contienen un error, una incertidumbre o una variación no previstos o aleatorios. Esto es el llamado filtro de Kalman. En esta práctica se efectuaron ambos algoritmos además de aplicar correcciones ionosféricas y troposféricas.

Del mismo modo se ha propuesto excluir la explicación de los modelos de corrección ionosféricos y troposféricos.

Los receptores de una sola frecuencia necesitan aplicar un modelo para disminuir la refracción ionosférica. Sin embargo, el receptor de doble frecuencia que tiene el móvil puede eliminar este efecto aplicando la combinación libre ionosfera. Gracias a que el error ionosférico depende de la frecuencia es posible aplicar lo citado anteriormente.

Configuración de procesado:

- Modelo ionosférico: Klobuchar (GPS broadcast)
- Modelo troposférico: Hopfield (20°C, 1016hPa, 23hPa)
- Máscara de elevación: 5°

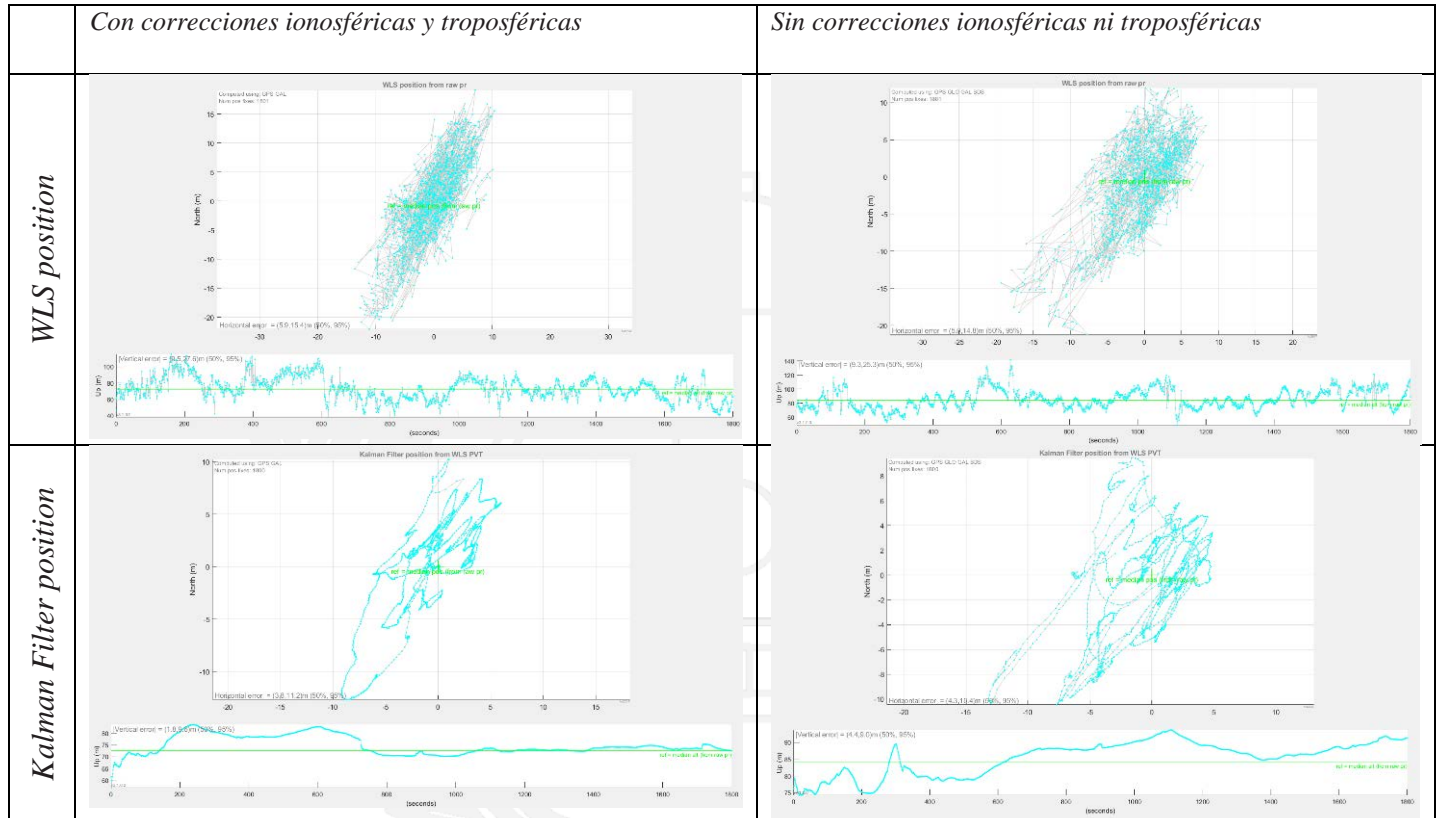


Ilustración 23. (SPP) Algoritmo WLS vs Kalman Filter con y sin correcciones ionosféricas y troposféricas

Se puede ver que el algoritmo Kalman rebaja el rango de estimación oscilando entre ± 10 metros. Es evidente que aplicando estas correcciones se obtienen mejores resultados en cuanto a la dispersión de los datos.

11.1.5. Errores de posicionamiento

Al final del anterior apartado [11.1.1](#), se recoge la explicación de la siguiente gráfica.

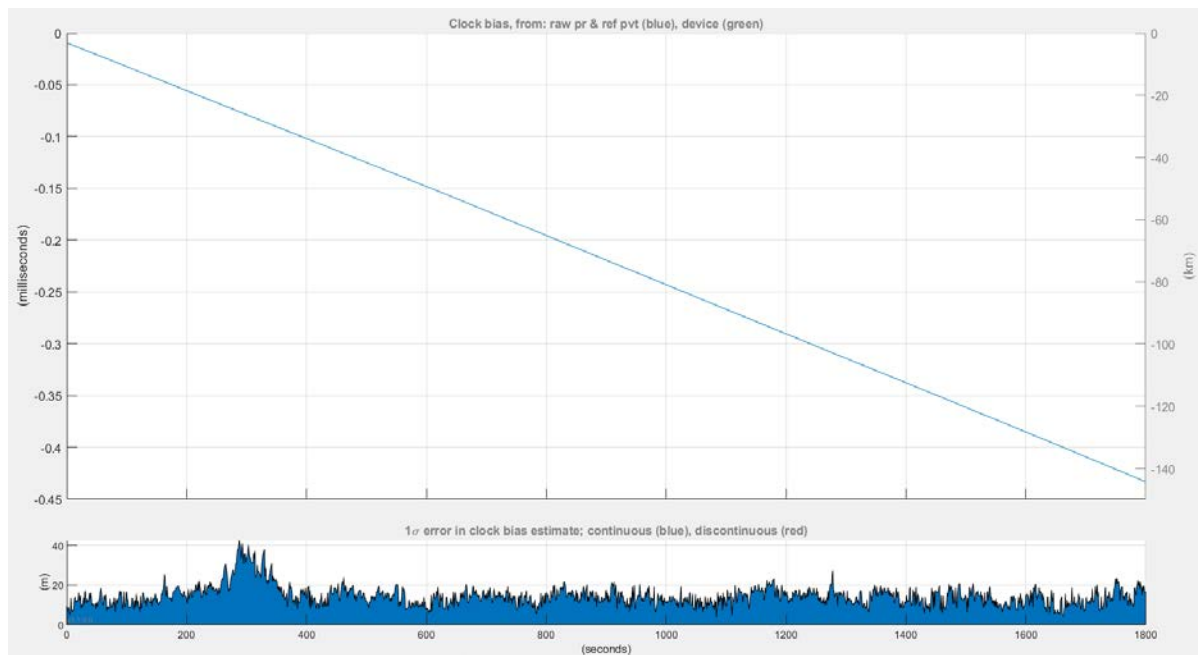


Ilustración 24. (SPP) Clock bias o deriva del reloj

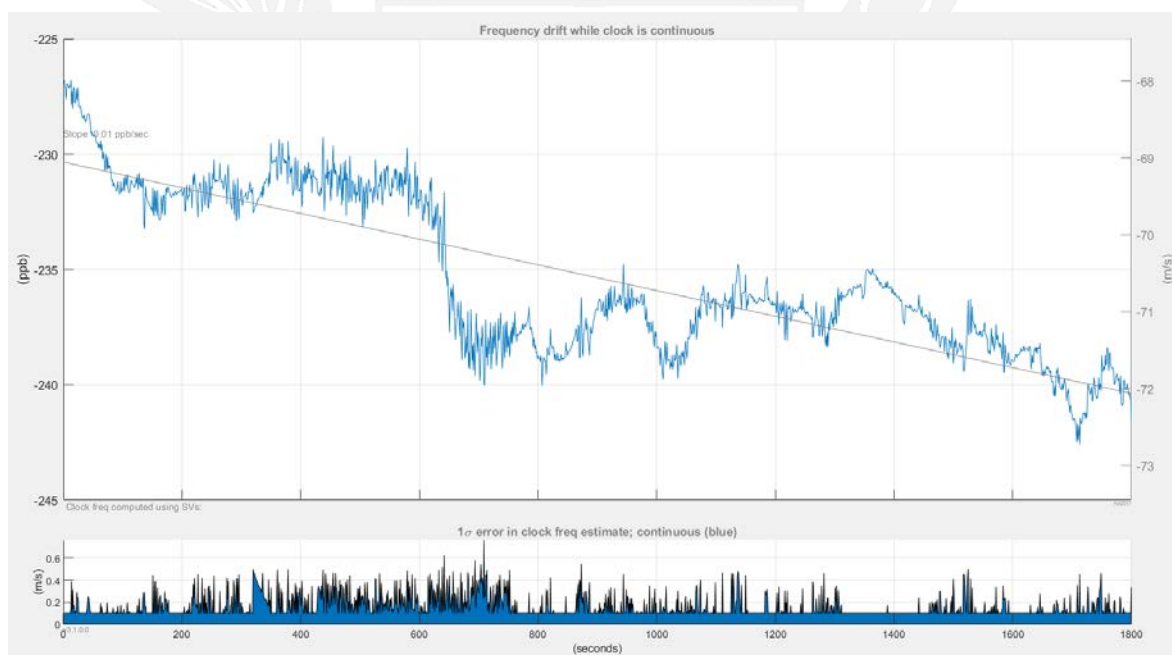


Ilustración 25. (SPP) Frecuency drift o variación de frecuencia

Análogamente a la gráfica anterior, la vibración produce también una variación de la frecuencia. El comportamiento de la frecuencia es el mostrado en la gráfica azul y la recta negra corresponde a la variación de larga duración. Si varía la frecuencia, varía la desviación del tiempo, y, por tanto, varía la determinación de pseudodistancias.

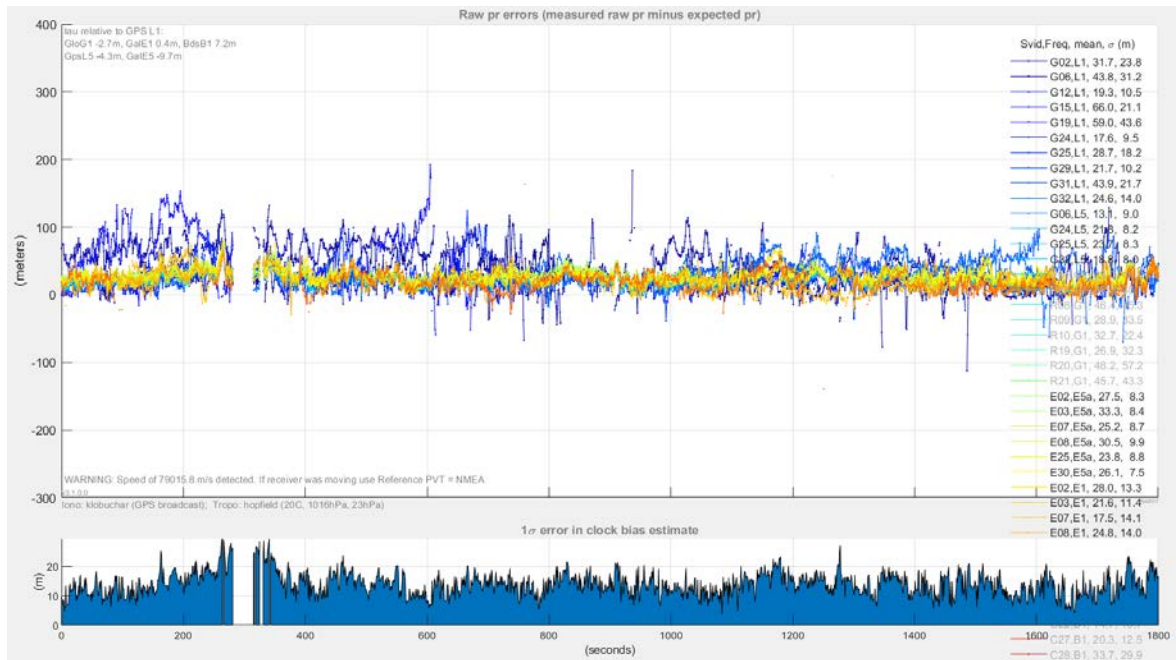


Ilustración 26. (SPP) Raw pr errors o errores brutos

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

11.2. Estudio de un posicionamiento estándar (SPP)

El objetivo de este apartado es la de comparar y analizar las observaciones del receptor GNSS y el dispositivo móvil en términos de Posicionamiento estándar (SPP) con código.

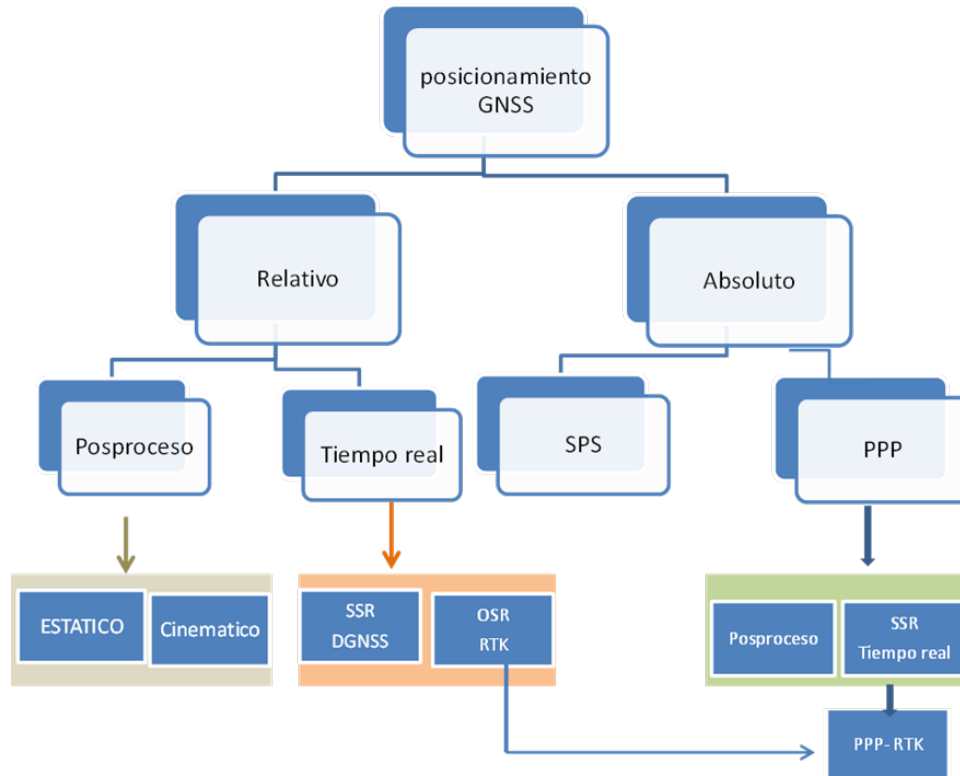


Ilustración 27. Esquema de trabajo de posicionamiento GNSS

Mediante el software gLAB se han generado algunos gráficos correspondientes a la posición y precisión de ambos dispositivos, además de hacer un análisis de algunos indicadores de precisión:

La tabla siguiente muestra el error de posición al 95% de confianza y un error máximo tanto vertical como horizontal. Además, se muestra una comparación entre el modelo ionosférico Klobuchar y NeQuick.

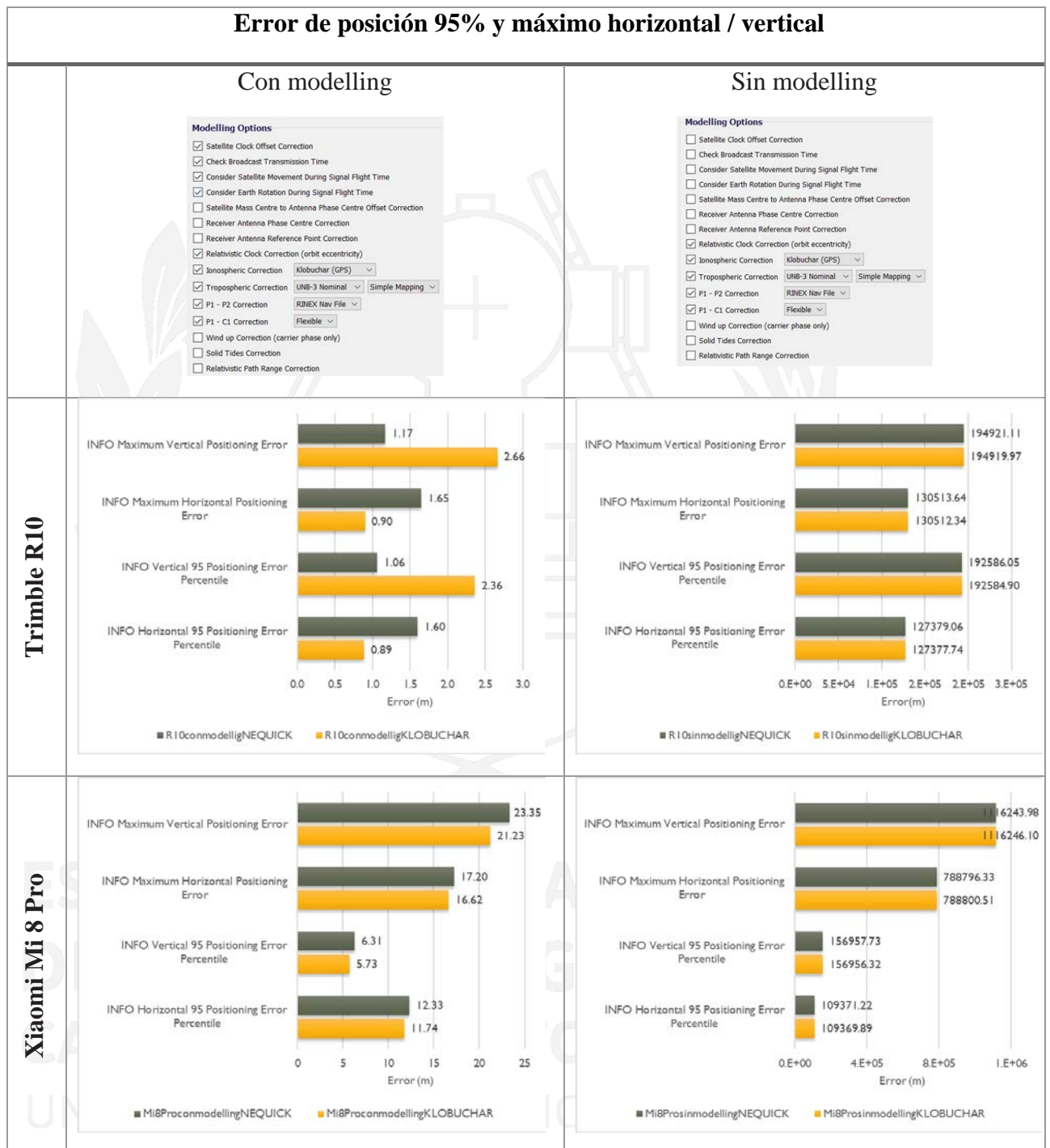


Ilustración 28. (SPP) Error de posición 95% y error máximo horizontal y vertical

El hecho de activar o desactivar la casilla la corrección del desfase del reloj del satélite incide enormemente en los resultados, entre 100 y 200 km de variación de distancia.

El error de posicionamiento horizontal se muestra a continuación, ilustrando una comparativa entre ambos dispositivos con un modelo ionosférico diferente.

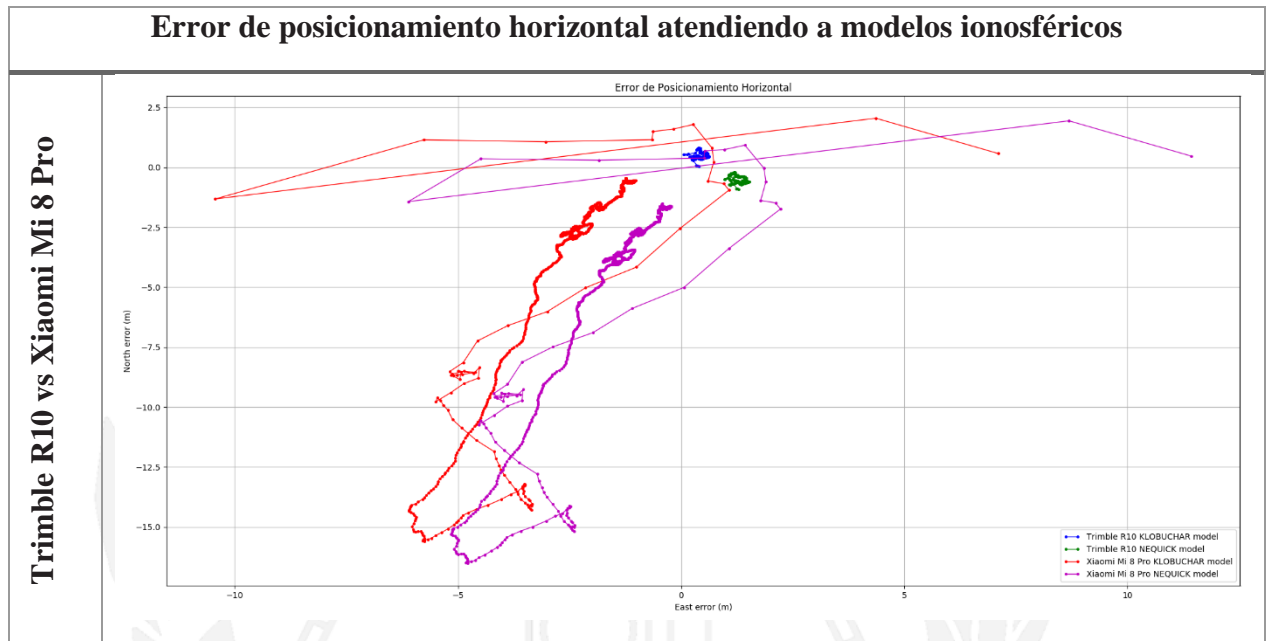


Ilustración 29 (SPP) Error de posicionamiento horizontal atendiendo a modelos ionosféricos.

Mientras que el receptor consigue fijar la solución en torno a un valor próximo, el Smartphone presenta una dispersión mayor variando la solución a lo largo de la observación. Atendiendo a los modelos ionosféricos, los resultados arrojan un comportamiento casi idéntico en cuanto al posicionamiento.

La siguiente tabla ilustra el número de satélites que registraron durante la observación. El *Trimble R10* presenta un comportamiento más homogéneo durante el registro de señal y no varía, mientras que el móvil capta y registra los satélites cada segundo.

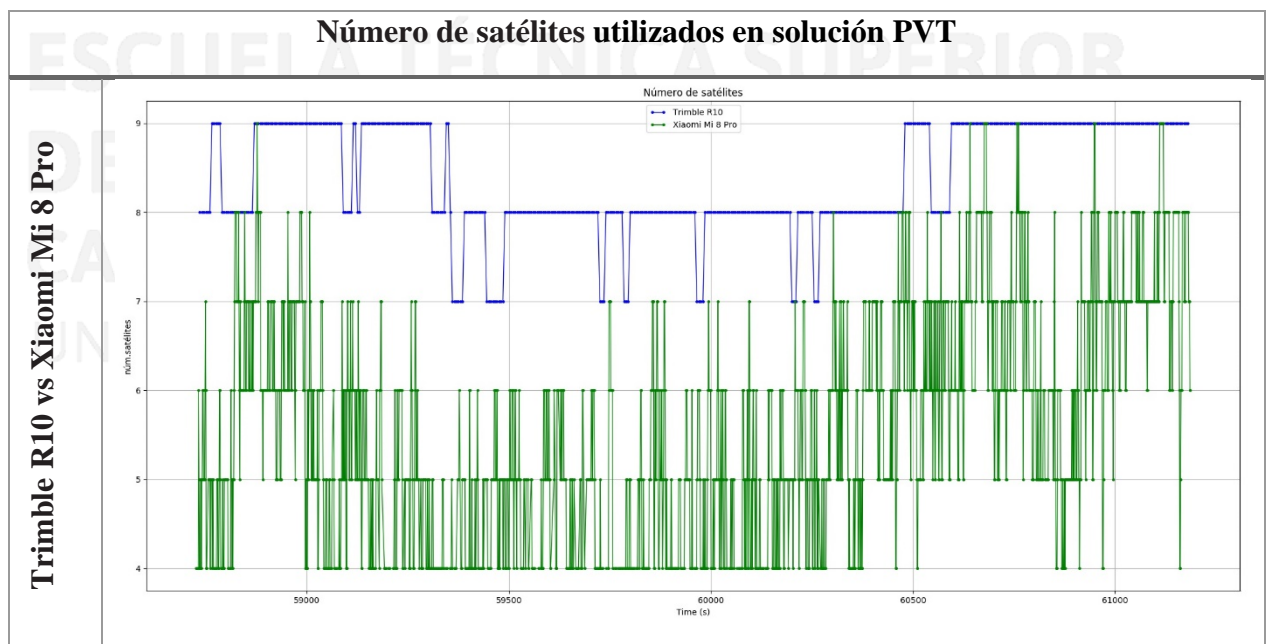


Ilustración 30. (SPP) Número de satélites utilizados en solución PVT

El tipo de antena que tienen ambos dispositivos condicionan el registro de señal por cada instante de tiempo. La antena de un teléfono móvil es una antena que se encuentra dentro de un circuito electrónico. Cuentan con dos problemas, la vibración del oscilador de cuarzo y la debilidad de la antena. Esta antena es de mucha peor calidad y más inestable en recepción de señal. La cantidad de satélites que se monitorizan en cada segundo depende de cada instante ya que puede estar perturbado incluso por la propia señal de telefonía móvil.

El error de posicionamiento del móvil en el primer instante que comienza la medición supone un error de unos catorce metros mientras que el receptor logra un error diez veces menor, a pesar de esto, el móvil consigue estabilizar el error con el tiempo.

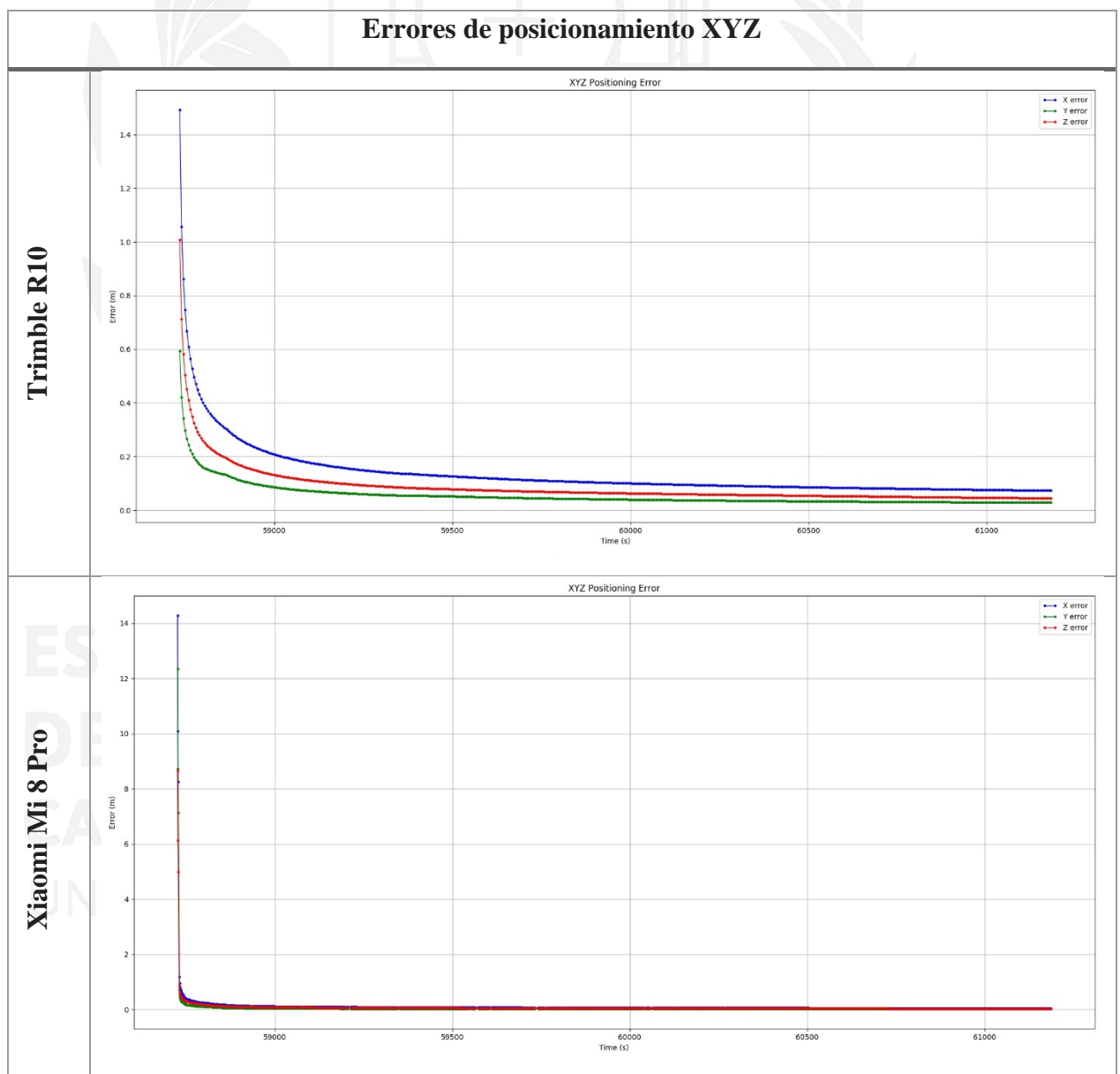


Ilustración 31. Error de posicionamiento XYZ

Fundamento teórico: DOP. Contribución de la geometría de los satélites a la incertidumbre de un posicionamiento

La disposición de los satélites es una parte fundamental en la precisión de la posición mediante técnica GNSS.

La dilución de precisión (DOP) es un factor que incrementa a la incertidumbre que se asocia a los Errores de Rango Equivalente de Usuario. Un DOP que cuenta con una disposición ideal de constelación de satélites es cercano a la unidad, por tanto, no aumenta UERE. Para indicar el estadístico elemental se utiliza el error medio cuadrático para el posicionamiento en dos dimensiones tanto en horizontal como en vertical.

El DOP depende de la geometría satelital que es registrada por el receptor debido a que es una intersección inversa en el espacio, por este motivo, la geometría tiene un notable valor en la calidad de los observables. Es una contribución geométrica a la incertidumbre la posición, y ya que resulta de una intersección, no es un único punto, sino que acoge un cierto volumen de incertidumbre.

El DOP es un indicador adimensional de este volumen. Se dice que hay buena configuración cuando este valor es menor a seis. Este término es un factor de amplificación que multiplica a UERE. Es inversamente proporcional al volumen de la figura generada entre el satélite y receptor. Cuantos más satélites visibles, mejor DOP habrá, por su contra, un DOP elevado implica un menor número de satélites.

$$\sigma = DOP \cdot UERE$$

El valor del DOP es el factor que se multiplica por el error alcanzado en las pseudodistancias para obtener el error de posicionamiento. Si la distancia entre dos satélites es suficientemente grande, puede formarse una zona de incertidumbre menor que si no es así. A partir del DOP, se crean varias diferenciaciones:

- GDOP (Geométric Dilution of Precision): Medida de incertidumbre en la posición debida a la geometría de los satélites y a la precisión del tiempo de medida.
- PDOP (Position Dilution of Precision): Medida de incertidumbre de la posición debida únicamente a la geometría de los satélites. Los valores superiores a 7 se consideran malos, cuanto más bajo sea este valor mejor configuración geométrica
- HDOP (Horizontal Dilution of Precision): Medida de incertidumbre en la posición horizontal.
- VDOP (Vertical Dilution of Precision): Medida de incertidumbre en la posición vertical.
- TDOP (Time Dilution of Precision): Medida de incertidumbre en el estado del reloj

Dilución de precisión GDOP, HDOP, VDOP, TDOP

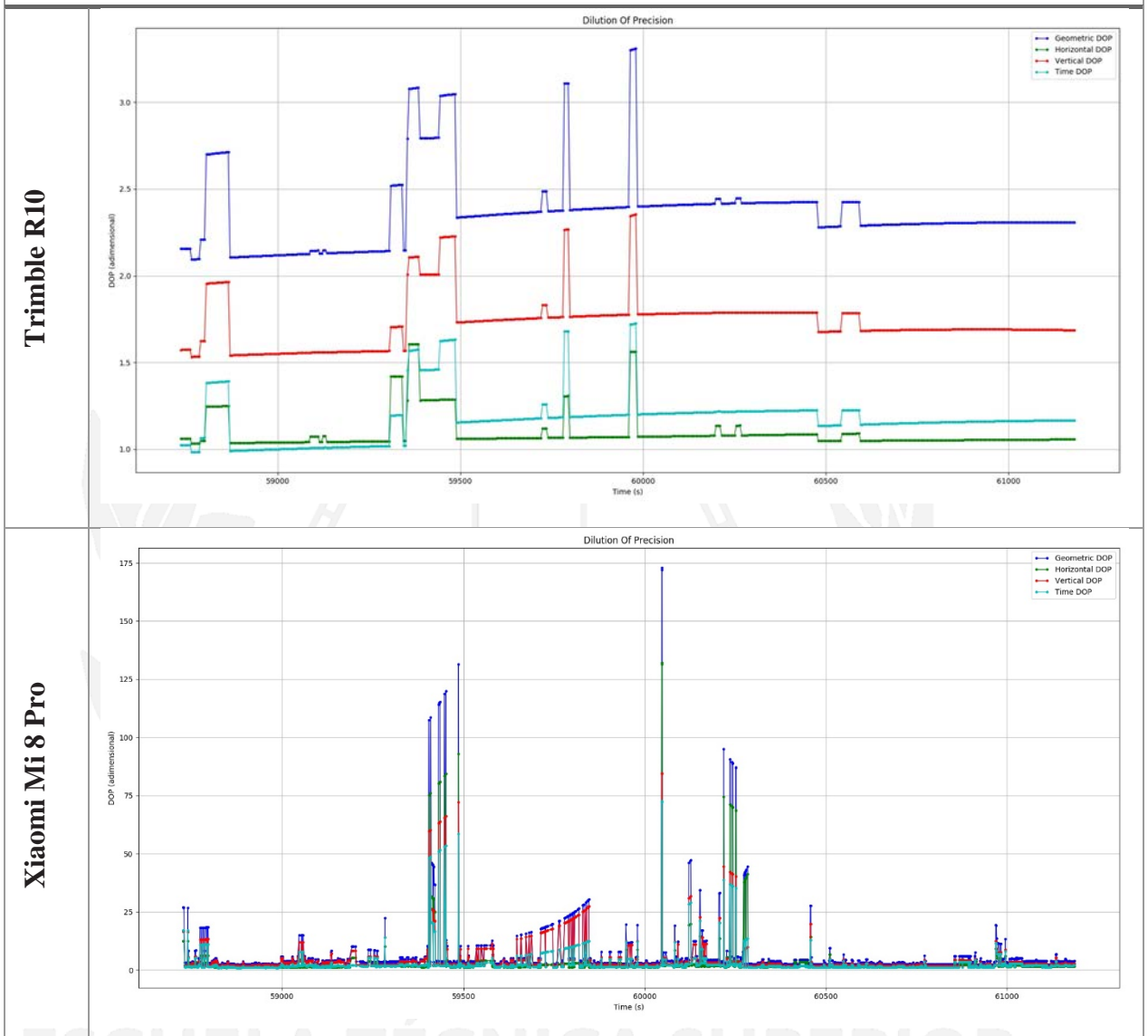


Ilustración 32. (SPP) Dilución de precisión GDOP, HDOP, VDOP, TDOP

En este gráfico se muestra la dilución de la precisión. NUM SAT se refiere al número de satélites representado en color azul. El color verde se refiere al HDOP y el VDOP al color rojo. Hay que tener en cuenta que el VDOP es siempre mayor que el HDOP debido a la geometría de los satélites. La componente horizontal es más precisa cuanto mejor es la geometría y cuantos más satélites haya. Sin embargo, para obtener una precisión como la horizontal, habría que observar y capturar la información de los satélites del otro lado de la Tierra, y esto no es posible. Es una cuestión de visibilidad y geometría.

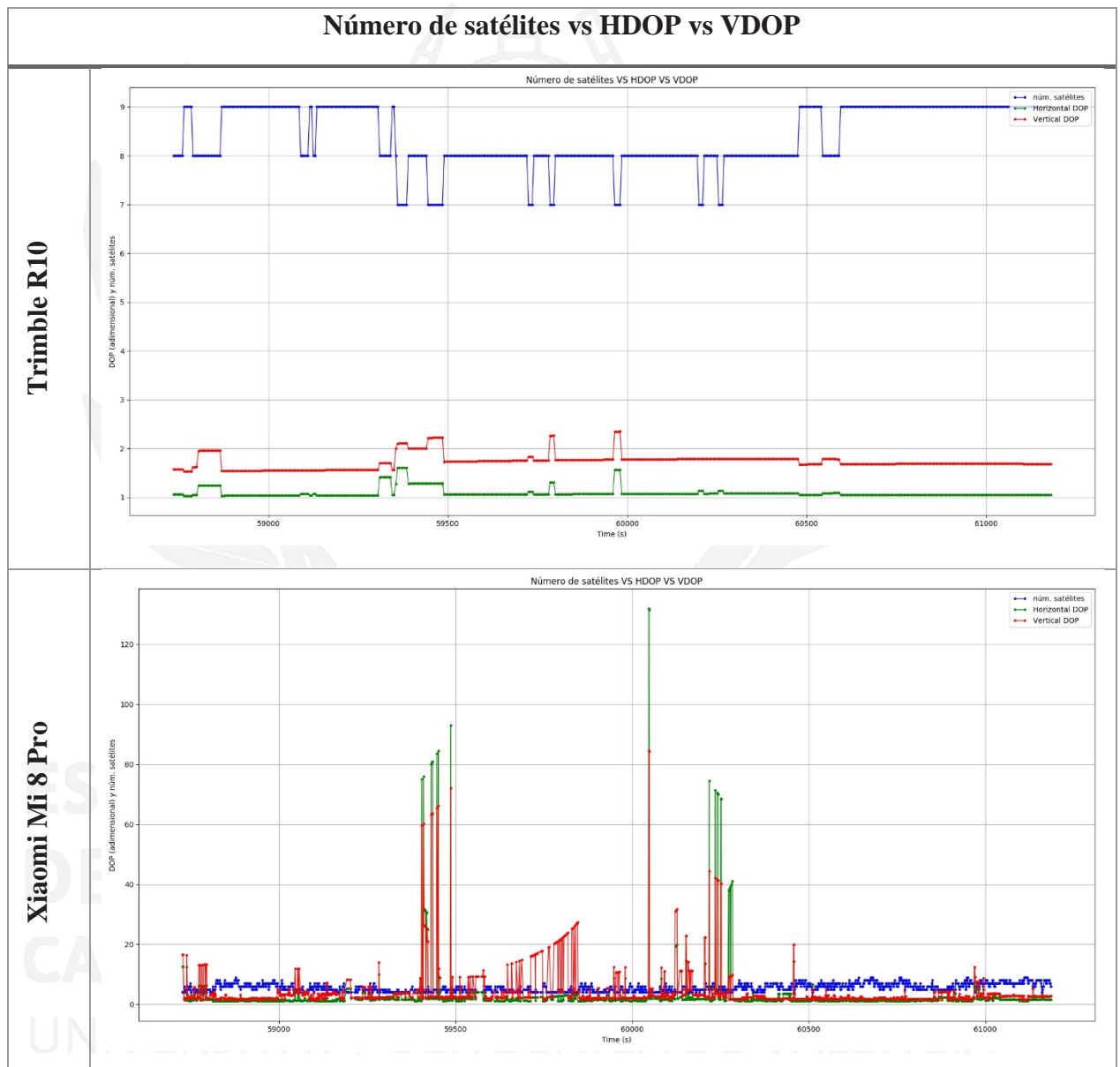


Ilustración 33. (SPP) Número de satélites vs HDOP vs VDOP

GDOP vs PDOP vs TDOP

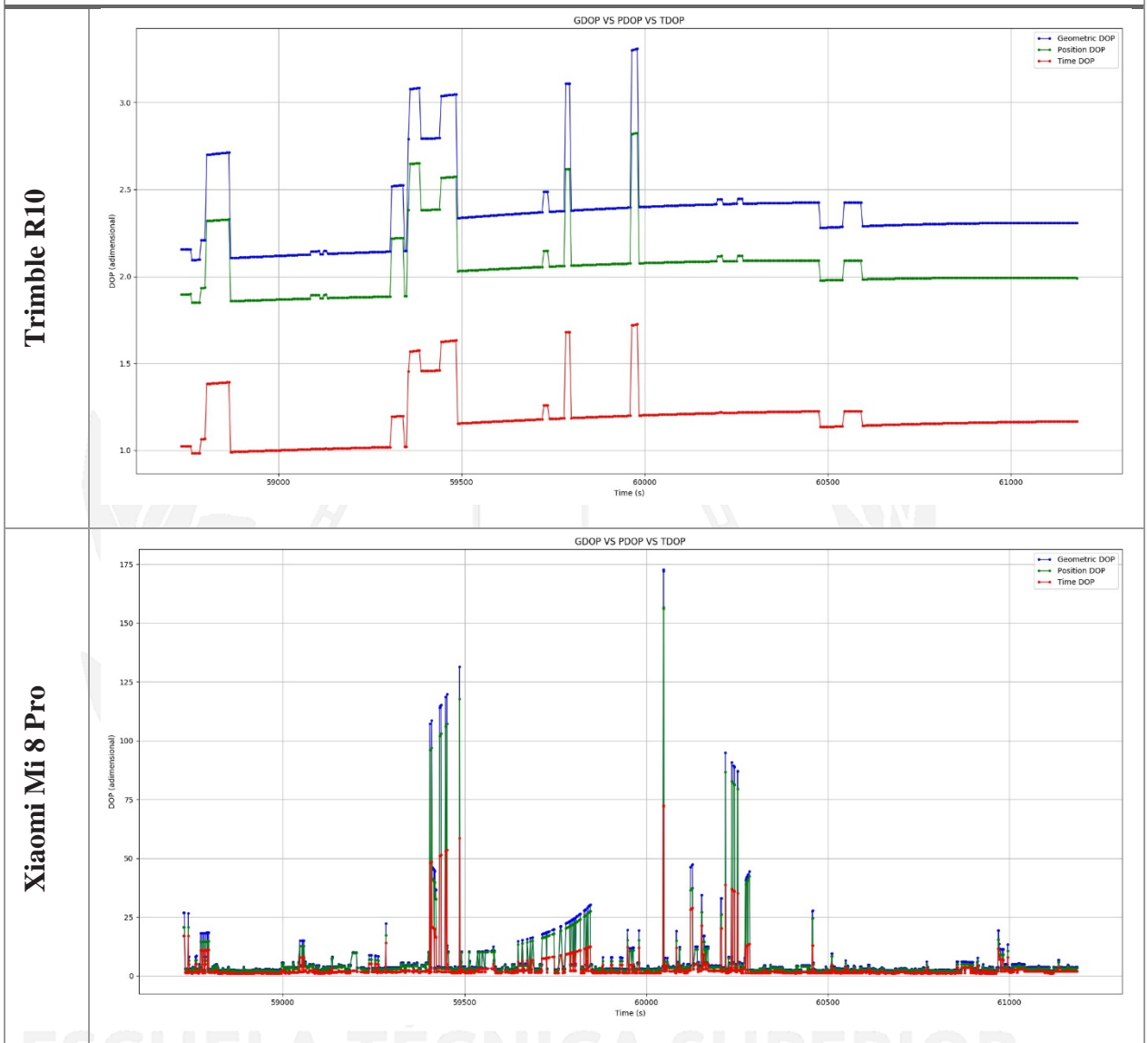
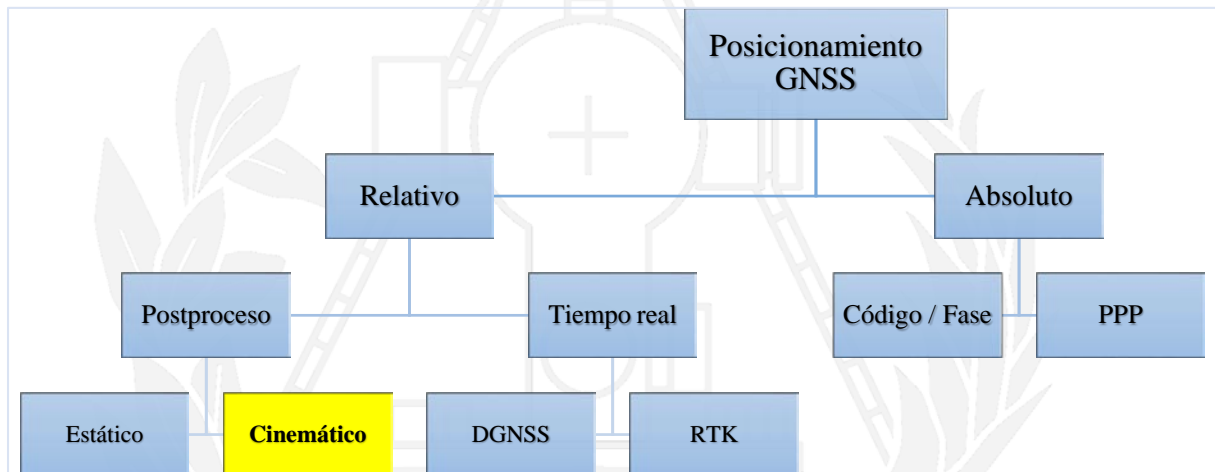


Ilustración 34. (SPP) GDOP vs PDOP vs TDOP

11.3. Estudio de un levantamiento cinemático postproceso

La tecnología GNSS permite el posicionamiento a través de distintos métodos de observación atendiendo a la exigencia de precisión, a la instrumentación y a la técnica de proceso de los observables. En este apartado se analizará un estudio cinemático postproceso mediante el uso de ambos dispositivos. En este caso de estudio, el receptor está en continuo movimiento y la obtención de coordenadas y líneas base se realiza después de la observación.



La práctica consiste en un levantamiento cinemático postproceso empleando la señal que se ha registrado en el *Xiaomi Mi 8 Pro* y su comparación con el registro de la señal del receptor geodésico. El itinerario se localiza en la pista de atletismo de la UPV. Para el desarrollo del trabajo se emplearon los observables de la Estación del IGN VALE, cuyos datos se descargaron con un fichero que tenga el intervalo de registro de la señal a 1s. Para llevar a cabo esta práctica, se ha utilizado el software RTKLib.

A continuación, se muestra una tabla con los archivos utilizados:

Tabla 8. Archivos Cinemático

Archivo	Formato	Trimble R8	Xiaomi Mi 8 Pro
Observación	RINEX OBS	<i>B18001030.21o</i>	<i>GEOP103N.21o</i> <i>GEOP103O.21o</i>
Navegación	RINEX NAV	<i>18001030.21g</i> <i>18001030.21n</i>	<i>18001030.21g</i> <i>18001030.21n</i>
Ionosfera	IONEX	<i>esag1030.21i</i>	<i>esag1030.21i</i>
Estado de relojes	RINEX CLK	<i>igs21532.clk_30s</i>	<i>igs21532.clk_30s</i>
Efemérides precisas (solución final)	SP3	<i>igs21532.sp3</i>	<i>igs21532.sp3</i>
Calibración de antenas	ATX	<i>igs14.atx</i>	<i>igs14.atx</i>

Trimble R10



Xiaomi Mi 8 Pro



Ilustración 35. (PPK) Itinerario recorrido durante la observación

CARTOGRAFIA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

El tiempo de observación fue alrededor de veinte minutos. El número de satélites registrados durante la medición se muestra en la siguiente gráfica:

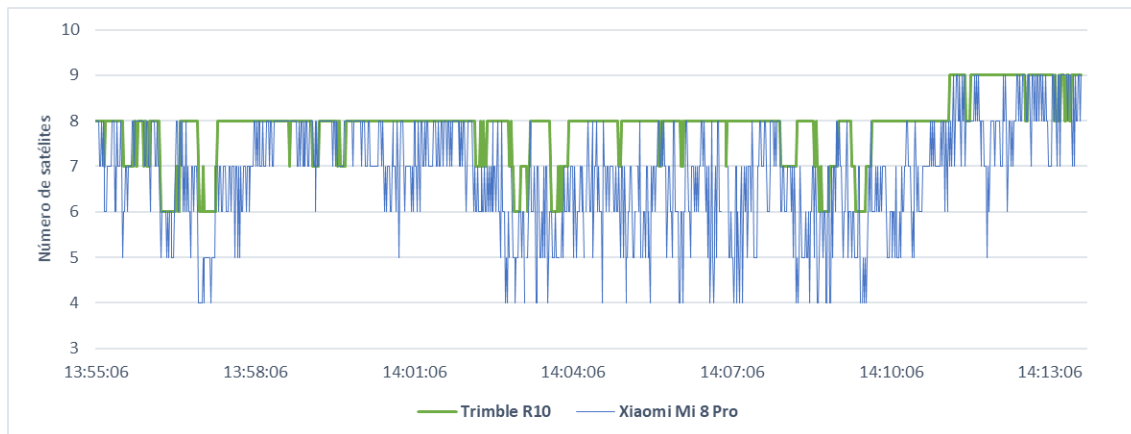


Ilustración 36. (PPK) Número de satélites registrados durante la medición

Se ha alcanzado un mayor promedio en cuanto al número de satélites registrados con el receptor geodésico que con el dispositivo móvil. Además, hay una mayor estabilidad de monitoreo en cuanto a número de satélites se refiere. Esto es debido, en gran parte, a la calidad de la antena y las condiciones que se imponen para declarar que un satélite se considera monitorizado.



Ilustración 37. Itinerario en planta de Trimble R10 y Xiaomi Mi 8 Pro respectivamente

Promedio del número de satélites registrados durante la medición y la desviación típica del error medio horizontal y vertical:

Tabla 9. Estadísticas Cinemático

	núm. satélites	Sdx(m)	sd _y (m)	sd _z (m)
Trimble R10	7.85	0.025	0.013	0.022
Xiaomi Mi 8 Pro	6.82	0.320	0.123	0.300

Desviaciones estándar

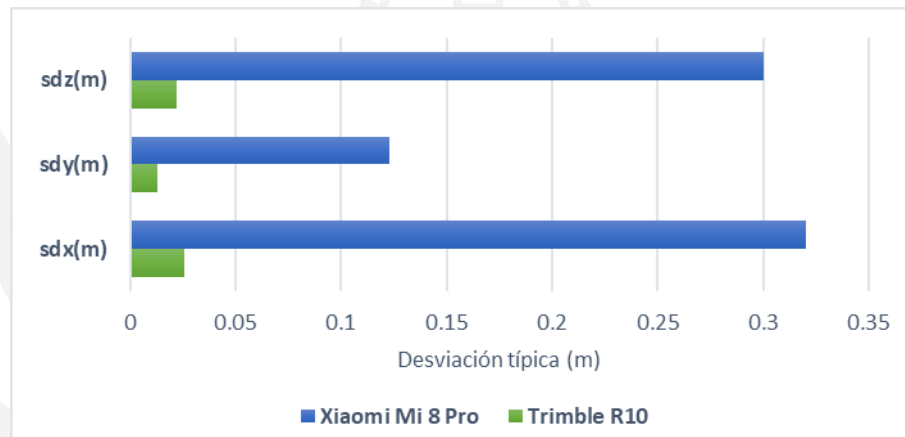


Ilustración 38. (PPK) Comparativa desviación típica σ entre receptor y Smartphone

Pese a que se muestra un itinerario algo similar en la ilustración 35, la precisión alcanzada es mucho mayor en el receptor geodésico en torno a diez veces.

El problema de que los móviles no indiquen una ubicación precisa es por una cuestión de calidad de antena, del receptor chip integrado y de la tecnología usada.

De momento es muy difícil garantizar las precisiones de los móviles debido al Hardware utilizado, por falta de información y garantía de los fabricantes por el tipo de chip GNSS instalado. Y la disposición de la antena GNSS a veces integrada dentro de unas láminas disminuye la calidad de la señal directa

Incluso puede ocurrir que el último modelo sea peor que el anterior, con la nueva aceptación y propuesta de los GNSS en móviles los fabricantes se espera la garantía de mejores chipset GNSS.

11.4. Estudio de proyecto de red estática con dispositivos móviles

Con el fin de obtener la mejor posición de tres dispositivos de una red se colocaron tres móviles en los vértices 1, 3 y 7 de la base de calibración de la UPV para realizar un posicionamiento estático en postproceso utilizando el software *Leica Infinity*.

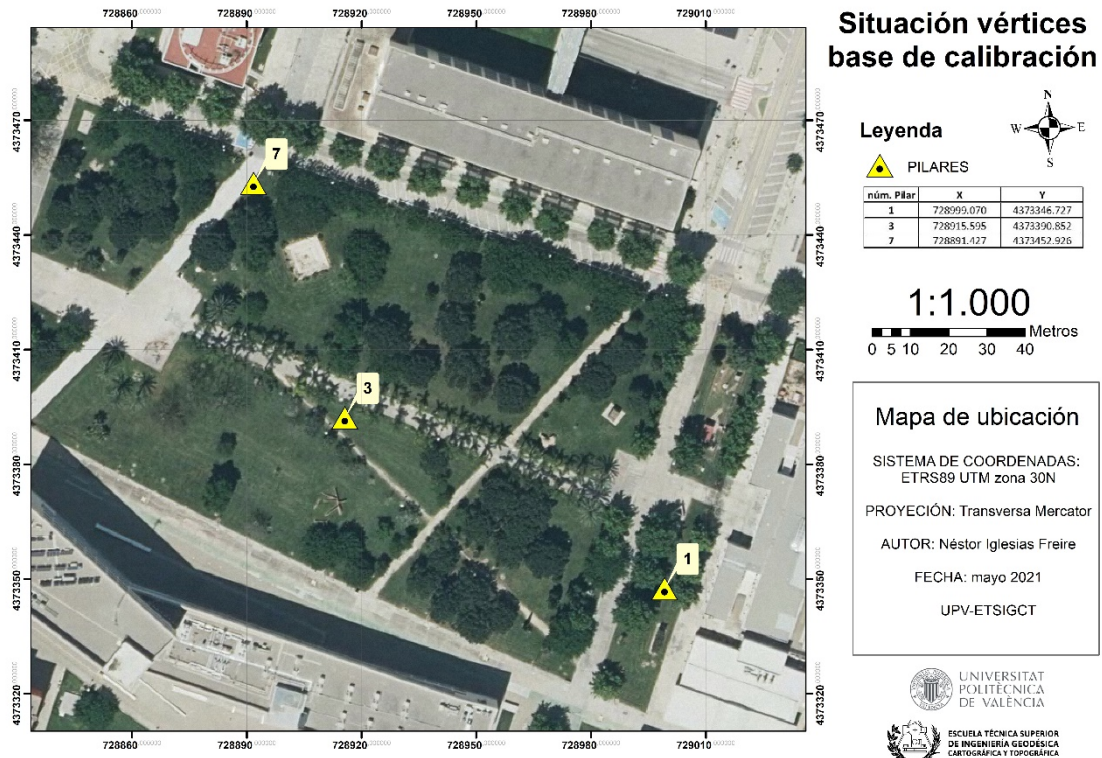


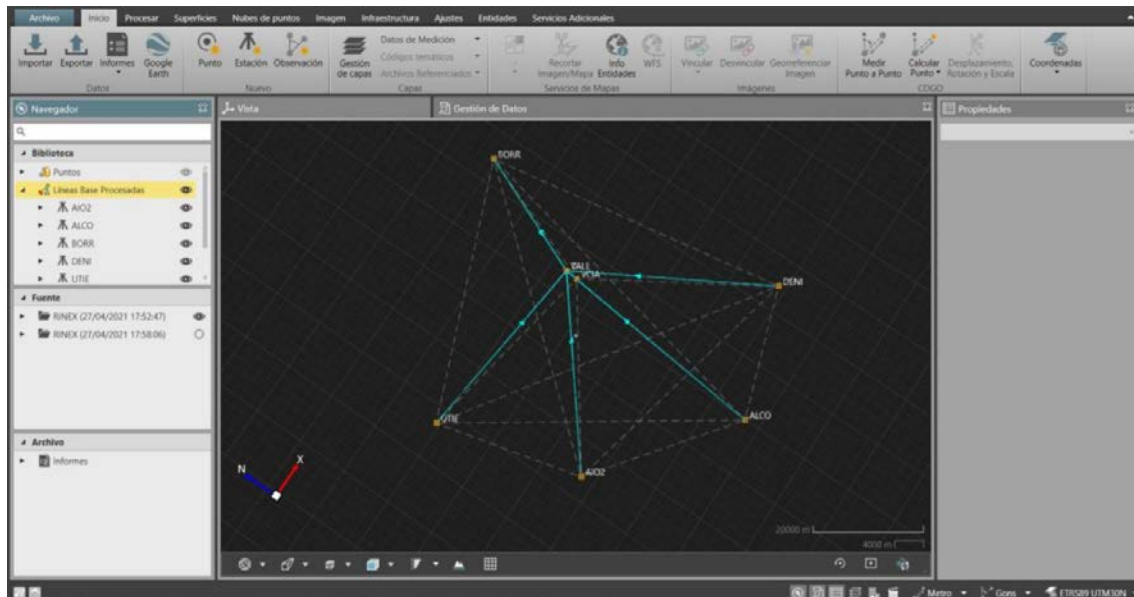
Ilustración 39. Mapa situación vértices de calibración

En los vértices 1 y 7 se colocó un *Xiaomi Mi 8 Pro* en cada uno de ellos y en el vértice 3 un *Xiaomi Mi 10 Pro*.

Durante el desarrollo de la práctica se vio que el *Xiaomi Mi 10 Pro* no capta la fase y se eliminó de la solución para el ajuste, quedando solamente los otros dos móviles.

Mediante el software se procesaron las líneas base utilizando las estaciones permanentes de la Red ERVA y VALE. Una línea base es un vector que une dos puntos donde uno de ellos se establece como fijo. En este caso los puntos fijos se consideran las estaciones de referencia y los puntos libres los vértices donde se han situado los móviles.

En primer lugar, al introducirse los archivos de efemérides, los archivos de antena, el modelo de geode y las estaciones de referencia se procesan las líneas base.



Informe del Procesamiento GNSS - Resumen

Informe creado: 27/04/2021 18:17:05

Detalles del proyecto

General	Información del cliente	Sistema de Coordenadas
Nombre del proyecto: PR3_LEICA	Nombre del cliente: -	Principal
Propietario: -	Persona de contacto: -	Nombre de Sistema de Coordenadas: ETRS89 UTM30N
Jefe de Topografía: -	Número: -	Coordenadas: -
Fecha de Creación: 27/04/2021 17:49:21	Email: -	Tipo de Transformación: Clásica 3D
Último Acceso: 27/04/2021 17:51:44	Skype: -	Distribución de Residuos: Ninguno
Software aplicación: Infinity 3.3.2	Website: -	Elipsoide: GRS 1980
		Tipo de Proyección: UTM
		Modelo de Geoide: EGM08_RED NAP (2)
		Modelo CSCS: -

Ilustración 40. Red estática. Informe de procesamiento GNSS

En primer lugar, se realiza un cálculo y ajuste sin establecer unos constreñimientos previos de puntos fijos, es decir, dejar libre la observación, sin definir ya un marco de referencia que nos obligue a los observables a ajustarse a él. A esto se le denomina red libre.

El objetivo es evaluar la precisión interna de los vectores de forma independiente del sistema de referencia. La red libre analiza la calidad de las observaciones, y no el cálculo de coordenadas.

Los datos de partida para llevar a cabo el ajuste por red libre son los vectores de líneas base y su matriz varianza-covarianza asociada definida por las líneas base. Para la compensación de la red es necesario un criterio de ponderación. En este caso, se ha procesado utilizando la matriz de varianzas-covarianzas, el método más habitual para un ajuste de red GNSS, de cada una de las líneas base que son calculadas en el mismo procesado. La ponderación asociada depende de la calidad y exactitud de la línea base calculada por el módulo de procesamiento.

En el programa no se le indica la fijación de puntos y el resultado del ajuste es el siguiente:

Tabla 10. Red estática. Red libre. Resumen del ajuste

Resumen de Ajuste	
Ajuste	
Tipo:	Restringido Internamente
Dimensión:	3D
Número de Iteraciones:	1
Corrección máx. de coordenadas en la última iteración:	0,0000 m
Estaciones	
Número de estaciones desconocidas:	9
Total:	9
Observaciones	
Diferencias de Coordenadas GNSS:	42 (14 líneas base)
Total:	42
Incógnitas	
Coordenadas:	27
Total:	27
Restricciones internas:	
	3
Grados de Libertad:	
	18
Criterio de optimización v'Pv:	
	119.432,14614
σ a-posteriori:	
	81,456
Prueba	
Valor crítico de la prueba W:	1,96
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones):	2,42
Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones):	1,89
Valor crítico de prueba F:	1,04
Prueba F:	6.635,12
Prueba Chi Cuadrado (95,0%)	
Límite inferior del valor crítico:	0,46
Límite superior del valor crítico:	1,75
Prueba Chi Cuadrado:	6.635,12

Tabla 11. Red estática. Red libre. Resultados del ajuste

Resultados del Ajuste

Coordenadas Ajustadas

Estación	Latitud WGS84	Longitud WGS84	Altura Elipsoidal [m]	Corr Lat WGS84 [m]	Corr Long WGS84 [m]	Corr Altura [m]
1	39° 28' 45.13" N	0° 20' 15.29" O	68,2066	-0,4317	-0,0184	-0,4200
7	39° 28' 48.93" N	0° 20' 19.55" O	59,1262	1,5470	2,1724	-0,9839
AIO2	39° 03' 40.85" N	1° 03' 33,10" O	662,2145	-0,4423	-0,3420	-0,6567
ALCO	38° 41' 52,74" N	0° 28' 34,78" O	640,9995	-0,2545	-0,1385	0,9091
BOHR	39° 54' 18,82" N	0° 04' 59,52" O	72,2913	-0,5175	-0,3152	0,4021
DENI	38° 50' 05,18" N	0° 06' 13,16" E	71,0303	-0,4579	-0,4485	1,3749
UTIE	39° 34' 07,22" N	1° 12' 30,94" O	801,1304	-0,7129	-0,3989	1,4642
VALE	39° 28' 50,96" N	0° 20' 15,57" O	76,9905	-0,4041	-0,5916	-0,5686
VCIA	39° 26' 08,60" N	0° 20' 38,05" O	61,4173	1,6867	0,0903	-1,5107

Estación	Coordenada X [m]	Coordenada Y [m]	Altura Ortom. [m]	Corr X [m]	Corr Y [m]	Corr Altura [m]
1	728.295.4816	4.373.340.4376	18.1909	-0,0184	-0,4317	-0,4200
7	728.891.0276	4.373.454.6429	9.1066	2,1724	1,5470	-0,9839
AIO2	667.919.2930	4.325.376.9570	610.4418	-0,3420	-0,4423	-0,6567
ALCO	719.712.5392	4.286.291.9164	590.3630	-0,1385	-0,2545	0,9091
BOHR	749.339.0202	4.421.305.7583	23.0065	-0,3152	-0,5175	0,4021
DENI	769.403.3641	4.303.019.5322	21.7576	-0,4485	-0,4579	1,3749
UTIE	653.876.5021	4.381.418.4458	749.2985	-0,3989	-0,7129	1,4642
VALE	728.984.3839	4.373.520.0109	26.9719	-0,5916	-0,4041	-0,5686
VCIA	728.594.6978	4.368.497.9905	11,4577	0,0903	1,6867	-1,5107

Desviación Estándar

Estación	Desv. Est. Lat WGS84 [m]	Desv. Est. Long WGS84 [m]	D.Est Alt [m]
1	1,1860	1,1860	1,1860
7	1,1860	1,1860	1,1860
AIO2	4,3549	4,3549	4,3549
ALCO	4,8430	4,8430	4,8430
BOHR	3,1206	3,1206	3,1206
DENI	4,5265	4,5265	4,5265
UTIE	4,2495	4,2495	4,2495
VALE	1,1862	1,1862	1,1862
VCIA	1,2618	1,2618	1,2618

Elipses de Error Absoluto (Niveles de Confianza: 2D - 39,4% 1D - 68,3%)

Estación	Semi eje mayor (a) [m]	Semi eje menor (b) [m]	D.Est Alt [m]	Orientación (φ) [°]
1	1,1860	1,1860	1,1860	88
7	1,1860	1,1860	1,1860	2
AIO2	4,3549	4,3549	4,3549	0
ALCO	4,8430	4,8430	4,8430	0
BOHR	3,1206	3,1206	3,1206	0
DENI	4,5265	4,5265	4,5265	87
UTIE	4,2495	4,2495	4,2495	90
VALE	1,1862	1,1862	1,1862	84
VCIA	1,2618	1,2618	1,2618	15

Como no se han detectado errores en el cálculo de la red libre, la calidad de los observables y vectores han sido decentes y no ha sido necesario eliminar los posibles errores que pudieran detectarse tras el primer ajuste de red libre. A continuación, se lleva a cabo un ajuste por red ligada. Esto implica fijar la red a un marco de referencia para obtener las coordenadas de los puntos. Las coordenadas de las estaciones fueron obtenidas mediante las coordenadas ETRS89 de las estaciones de la Red de Estaciones de Referencia de Valencia (Red ERVA) que posteriormente se implementaron en las propiedades de cada estación.

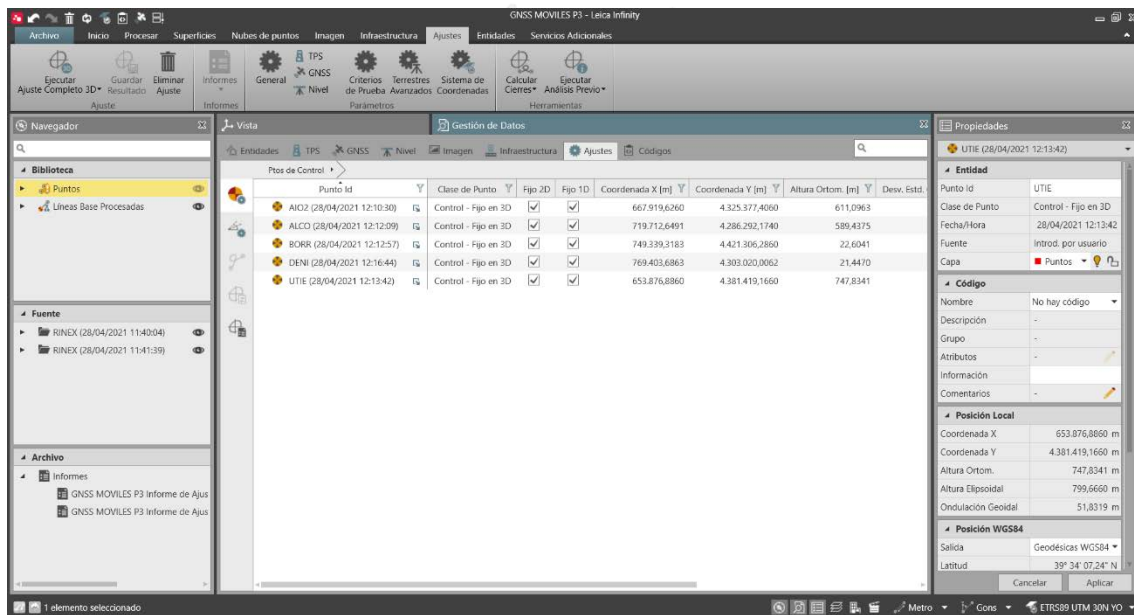


Ilustración 41. Red estática. Fijación de coordenadas de las estaciones de la red ERVA

Tabla 12. Red estática. Red ligada. Resumen del primer ajuste

Resumen de Ajuste

Ajuste	
Tipo:	Ponderado
Dimensión:	3D
Número de Iteraciones:	1
Corrección máx. de coordenadas en la última iteración:	0,0000 m
Estaciones	
Número de estaciones (parcialmente) conocidas:	7
Número de estaciones desconocidas:	2
Total:	9
Observaciones	
Diferencias de Coordenadas GNSS:	42 (14 líneas base)
Coordenadas conocidas:	21
Total:	63
Incógnitas	
Coordenadas:	27
Total:	27
Grados de Libertad:	36
Criterio de optimización v°Pv:	119.438,64092
σ a-posteriori:	57,600
Prueba	
Valor crítico de la prueba W:	1,96
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones):	2,42
Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones):	1,89
Valor crítico de prueba F:	0,98
Prueba F:	3.317,74
Prueba Chi Cuadrado (95,0%)	
Límite inferior del valor crítico:	0,59
Límite superior del valor crítico:	1,51
Prueba Chi Cuadrado:	3.317,74

Tabla 13. Red estática. Red ligada. Resultados del primer ajuste

Resultados del Ajuste

Coordenadas Ajustadas

Estación	Latitud WGS84	Longitud WGS84	Altura Elipsoidal [m]	Corr Lat WGS84 [m]	Corr Long WGS84 [m]	Corr Altura [m]
1	39° 28' 45.11" N	0° 20' 15.28" O	68.7069	-0.5692	0.0131	0.5003
7	39° 28' 48.91" N	0° 20' 19.55" O	59.6266	-0.5693	0.0138	0.5004
AIO2	39° 02' 40.83" N	1° 03' 33.10" O	462.7188	-1.0071	-0.3187	-0.1502
ALCO	38° 41' 52.72" N	0° 28' 24.77" O	641.5073	-0.8167	-0.1017	1.4333
BORR	39° 54' 18.60" N	0° 04' 59.58" O	73.7874	-1.0903	-0.3049	0.8984
DENI	38° 50' 05.17" N	0° 06' 13.16" E	71.5370	-0.5635	0.0072	0.5067
UTIE	39° 34' 07.20" N	1° 12' 30.93" O	801.6293	-1.2822	-0.3735	1.9633
VALE	39° 28' 50.94" N	0° 20' 15.57" O	77.4907	-0.5692	0.0131	0.5002
VCIA	39° 26' 08.58" N	0° 20' 38.05" O	61.9180	1.1183	0.1035	-1.0100

Estación	Coordenada X [m]	Coordenada Y [m]	Altura Ortom. [m]	Corr X [m]	Corr Y [m]	Corr Altura [m]
1	728.996.5115	4.373.339.8689	18.6912	0.0131	-0.5692	0.5003
7	728.891.0582	4.373.454.0741	9.6070	0.0138	-0.5693	0.5004
AIO2	667.919.3280	4.325.376.3924	610.9461	-0.3197	-1.0071	-0.1502
ALCO	719.712.5699	4.284.291.3547	590.8708	-0.1017	-0.8167	1.4333
BORR	749.339.0491	4.421.305.1860	23.5025	-0.3049	-1.0903	0.8984
DENI	769.403.2929	4.303.018.9689	22.3643	0.0072	-0.5635	0.5067
UTIE	653.876.5383	4.381.417.8770	789.7974	-0.3735	-1.2822	1.9633
VALE	728.984.4138	4.373.519.4421	27.4721	0.0131	-0.5692	0.5002
VCIA	728.594.7277	4.368.497.4221	11.9584	0.1035	1.1183	-1.0100

Desviación Estándar

Estación	Desv. Est. Lat WGS84 [m]	Desv. Est. Long WGS84 [m]	D.Est Alt [m]
1	44.9654	44.9654	44.9654
7	44.9654	44.9654	44.9654
AIO2	45.0828	45.0828	45.0828
ALCO	45.1146	45.1146	45.1146
BORR	45.0175	45.0175	45.0175
DENI	45.0936	45.0936	45.0936
UTIE	45.0763	45.0763	45.0763
VALE	44.9651	44.9651	44.9651
VCIA	44.9655	44.9655	44.9655

Tabla 14. Red estática. Red ligada. Pruebas de observaciones del primer ajuste

Pruebas de Observaciones

	Estación	Pto. Visado	MDB	Redundancia	BNR	Prueba W	Error Est	Prueba T
ΔX	DENI	1	19,6715 m	50	2,81	-0,20	-	0,03
ΔY			19,6715 m	50	2,81	0,17	-	-
ΔZ			19,6715 m	50	2,81	0,13	-	-
ΔX	VALE	7	2,4679 m	11	7,89	1,34	1,1832 m	11,49
ΔY			2,4679 m	11	7,89	5,67	4,9968 m	-
ΔZ			2,4679 m	11	7,89	0,72	0,6386 m	-
ΔX	ALCO	7	21,1359 m	50	2,80	-0,10	-	0,02
ΔY			21,1359 m	50	2,80	-0,10	-	-
ΔZ			21,1359 m	50	2,80	-0,18	-	-
ΔX	ALCO	1	21,1359 m	50	2,81	0,10	-	0,02
ΔY			21,1359 m	50	2,81	0,10	-	-
ΔZ			21,1359 m	50	2,81	0,18	-	-
ΔX	VALE	1	2,4679 m	11	7,78	-1,34	-1,1833 m	11,49
ΔY			2,4679 m	11	7,78	-5,67	-4,9968 m	-
ΔZ			2,4679 m	11	7,78	-0,72	-0,6386 m	-
ΔX	AIO2	1	18,8751 m	50	2,81	0,09	-	0,03
ΔY			18,8751 m	50	2,81	0,18	-	-
ΔZ			18,8751 m	50	2,81	0,25	-	-
ΔX	BORR	7	13,0511 m	50	2,82	-0,06	-	0,03
ΔY			13,0511 m	50	2,82	-0,16	-	-
ΔZ			13,0511 m	50	2,82	-0,24	-	-
ΔX	AIO2	7	18,8751 m	50	2,81	-0,09	-	0,03
ΔY			18,8751 m	50	2,81	-0,18	-	-
ΔZ			18,8751 m	50	2,81	-0,25	-	-
ΔX	VCIA	1	2,5412 m	39	3,49	1,40	1,2696 m	11,72
ΔY			2,5412 m	39	3,49	5,73	5,2000 m	-
ΔZ			2,5412 m	39	3,49	0,62	0,5637 m	-
ΔX	BORR	1	13,0511 m	50	2,81	0,05	-	0,03
ΔY			13,0511 m	50	2,81	0,16	-	-
ΔZ			13,0511 m	50	2,81	0,24	-	-
ΔX	VCIA	7	2,5412 m	40	3,43	-1,40	-1,2693 m	11,72
ΔY			2,5412 m	40	3,43	-5,73	-5,2000 m	-
ΔZ			2,5412 m	40	3,43	-0,62	-0,5638 m	-
ΔX	UTIE	1	18,3848 m	50	2,80	-0,18	-	0,02
ΔY			18,3848 m	50	2,80	0,13	-	-
ΔZ			18,3848 m	50	2,80	0,05	-	-
ΔX	DENI	7	19,6715 m	50	2,80	0,20	-	0,03
ΔY			19,6715 m	50	2,80	-0,17	-	-
ΔZ			19,6715 m	50	2,80	-0,13	-	-
ΔX	UTIE	7	18,3848 m	50	2,81	0,18	-	0,02
ΔY			18,3848 m	50	2,81	-0,13	-	-
ΔZ			18,3848 m	50	2,81	-0,05	-	-

Atendiendo a las pruebas de observaciones se puede observar que las estaciones de VALE y VCIA no superan la prueba W ni la Prueba Tau. Por este motivo, se vuelve a hacer un ajuste de red ligada sin estas observaciones que contaminan la solución.

Tabla 15. Red estática. Red ligada. Resumen del segundo ajuste y ajuste final

Resumen de Ajuste

Ajuste	
Tipo:	Ponderado
Dimensión:	3D
Número de Iteraciones:	1
Corrección máx. de coordenadas en la última iteración:	0,0000 m
Estaciones	
Número de estaciones (parcialmente) conocidas:	5
Número de estaciones desconocidas:	2
Total:	7
Observaciones	
Diferencias de Coordenadas GNSS:	30 (10 líneas base)
Coordenadas conocidas:	15
Total:	45
Incógnitas	
Coordenadas:	21
Total:	21
Grados de Libertad:	
	24
Criterio de optimización v'Pv:	1.342,42687
σ a-posteriori:	7,479
Prueba	
Valor crítico de la prueba W:	1,96
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones):	2,42
Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones):	1,89
Valor crítico de prueba F:	1,01
Prueba F:	55,93
Prueba Chi Cuadrado (95,0%)	
Límite inferior del valor crítico:	0,52
Límite superior del valor crítico:	1,64
Prueba Chi Cuadrado:	55,93

Tabla 16. Red estática. Red ligada. Coordenadas ajustadas y su precisión

Coordenadas Ajustadas

Estación	Latitud WGS84	Longitud WGS84	Altura Elipsoidal [m]	Corr Lat WGS84 [m]	Corr Long WGS84 [m]	Corr Altura [m]
1	39° 28' 45,16" N	0° 20' 15,25" O	67,8557	0,0534	-0,1474	-1,7806
7	39° 28' 48,93" N	0° 20' 19,56" O	58,2115	0,0690	0,1356	-0,8117
AIO2	39° 03' 40,87" N	1° 03' 33,08" O	662,8712	0,0000	0,0000	0,0000
ALCO	38° 41' 52,74" N	0° 28' 24,77" O	640,0904	0,0000	0,0000	0,0000
BORR	39° 54' 18,64" N	0° 04' 59,57" O	72,8892	0,0000	0,0000	0,0000
DENI	38° 50' 05,20" N	0° 06' 13,18" E	69,6555	0,0000	0,0000	0,0000
UTIE	39° 34' 07,24" N	1° 12' 30,92" O	799,6662	0,0000	0,0000	0,0000

Estación	Coordenada X [m]	Coordenada Y [m]	Altura Ortom. [m]	Corr X [m]	Corr Y [m]	Corr Altura [m]
1	728.997,2450	4.373.341,4128	17,8399	-0,1474	0,0534	-1,7806
7	728.890,9012	4.373.454,6794	8,1919	0,1356	0,0690	-0,8117
AIO2	667.919,6254	4.325.377,4065	611,0985	0,0000	0,0000	0,0000
ALCO	719.712,6706	4.286.292,1746	589,4539	0,0000	0,0000	0,0000
BORR	749.339,3183	4.421.306,2860	22,6043	0,0000	0,0000	0,0000
DENI	769.403,7970	4.303.020,0052	20,3828	0,0000	0,0000	0,0000
UTIE	653.876,8866	4.381.419,1664	747,8343	0,0000	0,0000	0,0000

Desviación Estándar

Estación	Desv. Estd. Lat WGS84 [m]	Desv. Estd. Long WGS84 [m]	D.Est Alt [m]
1	0,2552	0,2552	0,2552
7	0,2551	0,2551	0,2551
AIO2	0,0000	0,0000	0,0000
ALCO	0,0000	0,0000	0,0000
BORR	0,0000	0,0000	0,0000
DENI	0,0000	0,0000	0,0000
UTIE	0,0000	0,0000	0,0000

Tabla 17. Coordenadas fijas

núm. Pilar	X	Y	h elipsoidal
1	728999.070	4373346.727	57.020
3	728915.595	4373390.852	57.222
7	728891.427	4373452.926	57.071

Las coordenadas finales ajustadas se muestran a continuación:

Tabla 18. Coordenadas ajustadas

núm. Pilar	X	Y	h elipsoidal
1	728997.245	4373341.413	67.856
7	728890.901	4373454.679	58.212

Y la variación de coordenadas entre las fijas y ajustadas son las siguientes:

Tabla 19. Variación de coordenadas entre fijas y ajustadas en valor absoluto

núm. Pilar	ΔX	ΔY	Δh elipsoidal
1	1.825	5.314	10.836
7	0.526	1.753	1.141

Como ya se ha comentado, el teléfono móvil es muy sensible a cualquier vibración, lo que a veces impide tomar buenas señales. En el caso de un móvil dual, por ejemplo, la SNR directa es del orden de 10 puntos.

En el apartado descrito anteriormente, un factor muy importante es la calidad de la antena. En un receptor geodésico se puede corregir los errores de calibración y se conoce de dónde llega, tanto la señal L1 como en la L5. Por el contrario, con la tecnología actual, es imposible realizar correcciones de antena o multipath en un móvil.

Los resultados observados en este estudio son similares a los encontrados en estudios previos que en los que han alcanzado valores próximos a los 50 cm, pero con los tomados en este proyecto los resultados son los indicados, posiblemente en espacios más abiertos y con la ayuda de una antena externa se podrían mejorar notablemente.

12. Presupuesto

El presupuesto de este proyecto se basa básicamente en la observación GNSS. Los recursos materiales y de recursos humanos se detallan a lo largo de este apartado.

Recursos humanos

Atendiendo a la Resolución de 7 de octubre de 2019, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XIX Convenio colectivo del sector de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos de la Comunidad Valenciana,

La tabla salarial correspondiente es la siguiente:

Tabla 20. Tabla salarial año 2020

Año 2020

Niveles	Tabla salarial según art. 33		Plus convenio anual según art. 38 convenio	Total anual
	Mes x 14	Anual		
1 LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA	1.712,42	23.973,88	2.349,69	26.323,57
2 DIPLOMADOS Y TITULADOS 1.º CICLO UNIVERSITARIO. JEFE SUPERIOR	1.291,04	18.074,56	2.349,69	20.424,25
3 TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO, JEFE DE 1.ª Y PROGRAMADOR DE ORDENADOR	1.244,93	17.429,02	2.349,69	19.778,71
4 DELINEANTE-PROYECTISTA, JEFE DE 2.ª Y PROGRAMADOR DE MAQ. AUXILIARES	1.141,36	15.979,04	2.349,69	18.328,73
5 DELINEANTE, TÉCNICO DE 1.ª, OFICIAL 1.ª ADMTVO. Y OPERADOR DE ORDENADOR	1.019,82	14.277,48	2.349,69	16.627,17
6 DIBUJANTE, TÉCNICO DE 2.ª, OFICIAL 2.ª ADMTVO., PERFORISTA, GRABADOR Y CONSERJE	878,63	12.300,82	2.349,69	14.650,51
7 TELEFONISTA-RECEPCIONISTA, OFICIAL 1.ª OFICIOS VARIOS Y VIGILANTE	849,16	11.888,24	2.349,69	14.237,93
8 AUXILIAR TÉCNICO, AUX. ADMTVO., TELEFONISTA, ORDENANZA, PERSONAL DE LIMPIEZA Y OFICIAL 2.ª OFICIOS VARIOS	790,36	11.065,04	2.349,69	13.414,73
9 AYUDANTE OFICIOS VARIOS	757,29	10.602,06	2.349,69	12.951,75

cte: BOE-A-2019-14977
Verificable en <http://www.boe.es>

Boletín Oficial del Estado núm. 251, 18.10.2019, pp. 114772-114801. Vigencia: 01.01.2018 - 31.12.2020."

Todos los salarios y remuneraciones de cada uno de los niveles hacen referencia al mínimo salario que se debe percibir. Cabe destacar que pueden mejorarse por la aprobación de las empresas o de los contratos de trabajo individuales.

Para desglosar el sueldo del precio por hora de un ingeniero técnico, grupo II, nivel II, que se corresponde con el Titulado Medio o Diplomado se tiene:

TABLAS ODDD PROVINCIA DE VALENCIA 2019				
GRUPO	NIVEL		2018	TRAMO 1(1,3%)
I	I	Titulado Superior y Director	1.584,89	1.605,49
II	II	Titulado Medio y Diplomado	1.408,82	1.427,13
II	II	Traductor tit. e intérprete jurado	1.408,82	1.427,13
III	III	Jefe Superior	1.322,49	1.339,68
III	III	Jefe delineante	1.322,49	1.339,68
III	III	Jefe de Proyecto	1.322,49	1.339,68
III	III	Analista	1.322,49	1.339,68
III	IV	Jefe de Oficina	1.230,79	1.246,79
III	IV	Delineante proyectista	1.230,79	1.246,79
III	IV	Contable	1.230,79	1.246,79
III	IV	Programador de ordenador	1.230,79	1.246,79
III	IV	Traductor no titulado	1.230,79	1.246,79
			TRAMO 2(2%)	
IV	V	Oficial 1º Administrativo	1.065,07	1.086,37
IV	V	Delineante	1.065,07	1.086,37
IV	V	Operador	1.065,07	1.086,37
IV	V	Encargado	1.065,07	1.086,37
IV	VI	Oficial 2º Administrativo	1.010,82	1.031,04
IV	VI	Comercial	1.010,82	1.031,04
IV	VI	Azafata	1.010,82	1.031,04
			TRAMO 3(2,3%)	
V	VII	Conductor	955,33	977,30
V	VII	Grabador	955,33	977,30
V	VII	Auxiliar Administrativo	955,33	977,30
VI	VIII	Almacenero	892,73	913,26
VI	VIII	Conserje	892,73	913,26
VI	VIII	Ordenanza tramitador	892,73	913,26
VI	VIII	Telefonista	892,73	913,26
VI	VIII	Limpieza	892,73	913,26
VI	VIII	Peones	892,73	913,26
VI	VIII	Mozos	892,73	913,26
			Plus Conv todas las cat. >=1,5%	66,73
			Kilómetro	0,20
			Dieta completa	20,14
			Plus idiomas	10%salario b
			Plus domingos y festivos+1,5%	44,37
			Quebranto de moneda+1,5%	49,16
			Plus comida+1,5%	7,77

Los salarios del año 2019 son el resultado de incrementar la tabla definitiva del año 2018 en un 1,3% los niveles I, II, III y IV; un 2% los niveles V y VI y un 2,3% en los niveles VII y VIII.
El resto de pluses y complementos son los consignados en la presente tabla definitiva para el año 2019

- Sueldo bruto anual:

$$1291.04 \text{ €} \times 14 = 18074.06 \text{ €}$$

- Plus convenio anual según artículo 38 convenio:

$$2349.69 \text{ €}$$

- Sueldo bruto total anual:

$$1291.04 \text{ €} \times 14 + 2349.69 \text{ €} = 20424.25 \text{ €}$$

Dado que una empresa debe de afiliar a sus trabajadores a la seguridad social, que suele ser en torno al 40% del sueldo bruto, entonces:

- Coste anual para la empresa:

$$\text{Bruto total anual} + 40\% \text{ seguridad social}$$

$$20424.25 \text{ €} + 0.4 \times 20424.25 \text{ €} = 28593.95 \text{ €}$$

- Coste diario:

$$\frac{\text{coste anual empresa}}{\text{días laborables 2021}} = \frac{28593.95 \text{ €}}{251} = 113.92 \text{ €}$$

- Coste por hora:

$$\frac{\text{coste diario}}{8} = \frac{113.92 \text{ €}}{8} = 14.24 \text{ €}$$

La duración del trabajo de campo y gabinete realizado por un ingeniero técnico en este proyecto se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 21. Presupuesto recursos humanos

RECURSOS HUMANOS				
	RRHH	Coste/hora	Duración	Coste total
Trabajo de campo	1	14.24 €	5	71.20 €
Trabajo de gabinete	1	14.24 €	8	113.92 €
			TOTAL	185.12 €

Recursos materiales

En este apartado se detalla el instrumental necesario, los costes estimados y efectivos. El coste estimado corresponde al precio de mercado. El coste efectivo del instrumental resulta ser nulo por acceder al material propio de la escuela. Esto se muestra en las dos últimas columnas de la tabla.

Se ha buscado información acerca del alquiler en páginas profesionales relacionadas con el sector. En este caso, el alquiler del receptor se realiza por un día mientras que la licencia se prolonga una semana y se detallan a continuación:

Tabla 22. Presupuesto recursos materiales

RECURSOS MATERIALES							
		Instrumental	Cantidad	Coste estimado	Coste efectivo	Coste total estimado	Coste total efectivo
Trabajo de campo	Materiales	Smartphone <i>Xiaomi Mi 8 Pro</i>	2	599.00 €	0.00 €	1,198.00 €	0.00 €
		Smartphone <i>Xiaomi Mi 10 Lite 5G</i>	1	399.00 €	0.00 €	399.00 €	0.00 €
		Receptor GNSS <i>Trimble R10</i>	1	119.00 €	0.00 €	119.00 €	0.00 €
	Software	App <i>GNSS/IMU Logger</i>	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
		App <i>GNSSLogger</i>	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Trabajo de gabinete	Software	QGIS	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
		RTKLib	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
		GNSS Analysis App	1	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
		Leica Infinity	1	250.00 €	0.00 €	250.00 €	0.00 €
TOTAL						1,966.00 €	0.00 €

Atendiendo al Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas se considera unos gastos generales del 13% y un beneficio industrial del 6%.

Por tanto, obtenemos:

$$\text{total (sin IVA)} = \text{precio} + \text{GG} + \text{BI}$$

$$\text{total(sin IVA)} = 185.12 + 24.07 + 11.11 = 220.29 \text{ €}$$

Aplicando el 21% del impuesto sobre el valor añadido (IVA):

$$\text{total(con IVA)} = 220.29 \text{ €} + 46.26 \text{ €} = 266.55 \text{ €}$$

El presupuesto total de este proyecto asciende a **doscientos sesenta y seis euros con cincuenta y cinco céntimos**.

13. Conclusiones

Los resultados obtenidos con este trabajo están en la línea de otros artículos y estudios similares. La conclusión principal que puede extraerse de este trabajo es que se pueden utilizar teléfonos inteligentes equipados con receptores GNSS de doble frecuencia con múltiples constelaciones que pueden alcanzar una precisión de posicionamiento aceptable a pesar de su bajo coste económico.

En cuanto algunos de los análisis realizados, se descubre que el Smartphone está caracterizado por un rendimiento dispar en cuanto al seguimiento de satélite. Se comprobó que el *Xiaomi Mi 8 Pro* registró un número de satélites próximo al del receptor geodésico.

En el análisis correspondiente a la intensidad de señal, se mostró un descenso significativo en la relación C/N0 del Smartphone con respecto al receptor, en este estudio, la señal del Smartphone se caracterizó por tener una relación señal ruido inferior de aproximadamente 10 dB -Hz. Además, existen diferencias significativas entre constelaciones y las bandas de frecuencia L1 y L5.

La utilización de dispositivos móviles de bajo coste (Smartphone) como receptor GNSS, multiseñal y multiconstelación es una realidad, que permite analizar la calidad de los observables y realizar levantamientos estáticos y cinemáticos. La principal limitación que presenta es la baja calidad de la antena integrada en los dispositivos, lo que limita la precisión de los resultados, pero tanto el procedimiento como el software es similar a los receptores geodésicos.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

14. Bibliografía

- [1] J. L. Berné, GNSS: GPS, GALILEO, GLONASS, BeiDou. Fundamentos y métodos de posicionamiento, Valencia: UPV, 2021.
- [2] M. Petovello, «Why are carrier phase ambiguities integer?», *insidegnss*, p. 3, 2015.
- [3] J. J. Z. a. M. H.-P. J. Sanz Subirana, GNSS DATA PROCESSING, vol. Fundamentals and Algorithms, K. Fletcher, 2013.
- [4] J. J. Z. a. M. H.-P. J. Sanz Subirana, GNSS DATA PROCESSING, vol. Laboratory Exercises, K. Fletcher, 2013.
- [5] An Introduction to GNSS, NovAtel Inc, 2015.
- [6] C. J. H. Elliot D.Kaplan, Understanding GPS. Principles and Applications, 2006.
- [7] ESA, User Guide for EGNOS. Application Developers, 2011.
- [8] ESA, Ionospheric Correction. Algorithm for Galileo single frequency users, European GNSS: ESA, 2016.
- [9] J. L. O. Belinchón, Análisis del sistema de navegación por satélite europeo EGNOS para su integración con VRS.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

15. Cartografía

Mapa de ubicación zona de estudio	62
Mapa de situación de los vértices de calibración	63



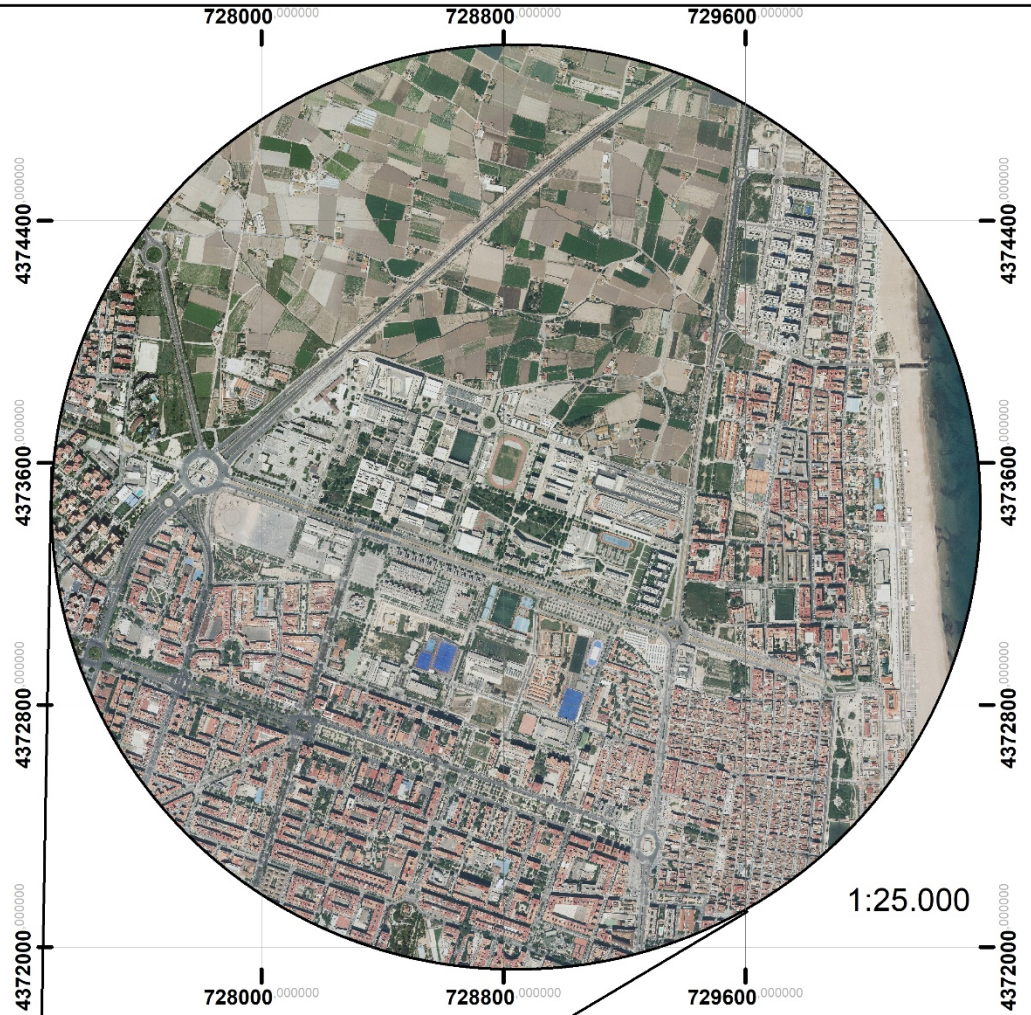
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



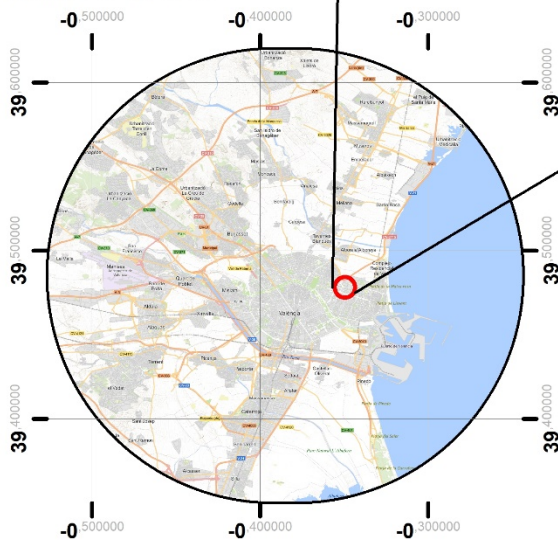
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA



Escala 1:500.000



PROYECTO: GNSS aplicado a dispositivos móviles

Fecha:
14/07/2021

Sistema de coordenadas: ETRS89 UTM zona 30S

Escala:

Proyección: Transversa Mercator

Emplazamiento: Universidad Politécnica de Valencia

1:25000

Responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica

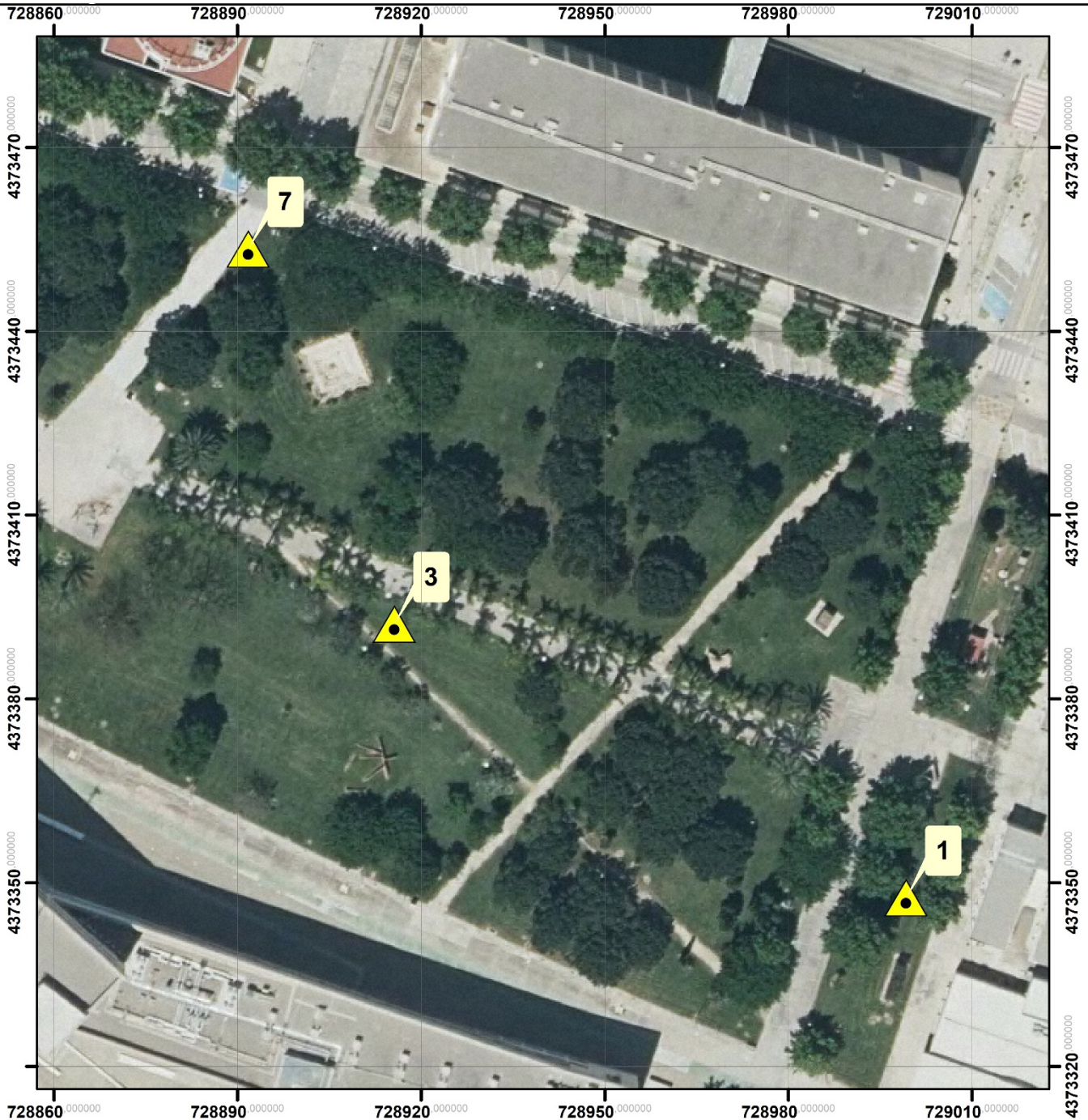
Autor:
Néstor Iglesias Freire

Plano:


Plano N°:

UBICACIÓN ZONA DE ESTUDIO

01



Leyenda

 PILARES

núm. Pilar	X	Y
1	728999.070	4373346.727
3	728915.595	4373390.852
7	728891.427	4373452.926

PROYECTO: GNSS aplicado a dispositivos móviles

Fecha:
14/07/2021

Sistema de coordenadas: ETRS89 UTM zona 30S

Escala:

Proyección: Transversa Mercator

Emplazamiento: Universidad Politécnica de Valencia

1:1000

Responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica

Autor:
Néstor Iglesias Freire

Plano:

Plano N°:

**SITUACIÓN VÉRTICES BASE
DE CALIBRACIÓN**

02

16. Anexos

Informe TEQC: Trimble R10	65
Informe TEQC: Xiaomi Mi 8 Pro.....	66
Informe resumen Posicionamiento Estándar (SPP) con <i>gLAB</i>	67
Configuración Cinemático en postproceso.....	71



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Informe TEQC: Trimble R10

```

*****
QC of RINEX file(s) : 08620690.21o
input RnxNAV file(s) : 08620690.21n
                        08620690.21g
*****
4-character ID       : 0862 (name = 1) (# = 1)
Receiver type       : TRIMBLE R10 (# = 5641470862) (fw = 5.37)
Antenna type        : TRMR10          NONE
Time of start of window : 2021 Mar 10 11:51:17.000
Time of end of window : 2021 Mar 10 12:56:39.000
Time line window length : 65.37 minute(s), ticked every 30.0 minute(s)
  mean antenna; # of pos : 119
    antenna WGS 84 (xyz) : 4929642.7613 -29042.6892 4033573.2831 (m)
    antenna WGS 84 (geo) : N 39 deg 28' 45.31" W 0 deg 20' 15.18"
    antenna WGS 84 (geo) : 39.479253 deg 359.662449 deg (= -0.337551 deg)
    WGS 84 height : 74.5873 m
|qc - header| position : 15.9787 m
qc position offsets : 15.9053 m vertical 1.5300 m horizontal
Observation interval : 1.0000 seconds
Total satellites w/ obs : 28
NAVSTAR GPS SVs w/o OBS : 1 3 4 5 7 8 9 11 13 14 16 17
                          18 20 21 22 23 26 27 28 30
NAVSTAR GPS SVs w/o NAV :
  GLONASS SVs w/o OBS : 2 3 4 5 11 12 13 14 15 17 21 22
                        23 24
  GLONASS SVs w/o NAV :
  Galileo SVs w/o OBS : 1 2 3 4 5 6 8 9 10 11 12 14
                        16 17 18 20 22 23 24 25 26 28 29 31 32
                        33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45
                        46 47 48 49 50 51 52 53
  Galileo SVs w/o NAV : 21 27 7 19 30 15 13
Rx tracking capability : unknown
Poss. # of obs epochs : 3923
Epochs w/ observations : 3873
Epochs repeated : 0 (0.00%)
Possible obs > 0.0 deg: 71167
Possible obs > 10.0 deg: 61958
Complete obs > 10.0 deg: 44009
  Deleted obs > 10.0 deg: 8664
  Masked obs < 10.0 deg: 8417
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP12 : 1.650220 m
Moving average MP21 : 1.061241 m
Moving average MP15 : 1.238396 m
Moving average MP51 : 0.928324 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1 : 4.80 (sd=2.16 n=71491)
Mean S2 : 8.29 (sd=0.86 n=43865)
Mean S5 : 8.88 (sd=0.37 n=13287)
No. of Rx clock offsets : 0
Total Rx clock drift : 0.000000 ms
Rate of Rx clock drift : 0.000 ms/hr
Avg time between resets : Inf minute(s)
Freq no. and timecode : 3 15039 001800
Report gap > than : 10.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events : 0 (: 412) {expect ~= 1:50}
IOD signifying a slip : >400.0 cm/minute
IOD slips < 10.0 deg* : 0
IOD slips > 10.0 deg : 260
IOD or MP slips < 10.0* : 0
IOD or MP slips > 10.0 : 232
* or unknown elevation
  first epoch last epoch sn1 sn2 sn5
SSN 21 3 10 11:51 21 3 10 12:56 4.80 8.29 8.88
  first epoch last epoch mp12 mp21 mp15 mp51
SMP 21 3 10 11:51 21 3 10 12:56 1.65 1.06 1.24 0.93
  first epoch last epoch hrs dt #expt #have % mp1 mp2 o/slps
SUM 21 3 10 11:51 21 3 10 12:56 1.076 1 61958 44009 71 1.65 1.06 190

```


Informe TEQC: Xiaomi Mi 8 Pro

```

*****
QC of RINEX file(s) : GEOP069M.21o_rx2
*****
4-character ID      : GEOP
Receiver type      : Xiaomi (# = f70548aa) (fw = MI 8 Pro)
Antenna type       : MI 8 Pro          NONE (# = f70548aa)
Time of start of window : 2021 Mar 10 12:14:14.000
Time of end of window   : 2021 Mar 10 12:44:15.000
Time line window length : 30.02 minute(s), ticked every 10.0 minute(s)
Observation interval   : 1.0000 seconds
Total satellites w/ obs : 35
NAVSTAR GPS SVs w/o OBS : 1  3  4  5  7  8  9 11 13 14 16 17
                          18 20 21 22 23 26 27 28 30
GLONASS SVs w/o OBS   : 1  2  3  4  5 11 12 13 14 15 17 21
                          22 23 24
Galileo SVs w/o OBS   : 1  2  3  5  6  7  8  9 10 11 12 16
                          17 18 20 22 23 24 25 26 28 29 31 32 33
                          34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46
                          47 48 49 50 51 52 53
Beidou SVs w/o OBS    : 1  2  3  4  5  6  7  9 10 11 12 14
                          15 16 17 18 19 20 22 23 24 25 26 28 31
                          32 33 34 35 37
Rx tracking capability : unknown
Poss. # of obs epochs : 1802
Epochs w/ observations : 1802
Epochs repeated       : 0 (0.00%)
Complete observations  : 10405
Deleted observations   : 32597
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP15   : 8.746698 m
Moving average MP51   : 2.042000 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1                : 32.16 (sd=4.77 n=32048)
Mean S2                : 30.98 (sd=4.61 n=8979)
Mean S5                : 33.36 (sd=4.22 n=13393)
No. of Rx clock offsets : 0
Total Rx clock drift   : 0.000000 ms
Rate of Rx clock drift : 0.000 ms/hr
Avg time between resets : Inf minute(s)
Freq no. and timecode  : 3 15039 001000
Report gap > than     : 10.00 minute(s)
                      but < than : 90.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events   : 0 (: 378) {expect ~= 1:50}
IOD signifying a slip  : >400.0 cm/minute
IOD slips              : 480
IOD or MP slips       : 482
    first epoch  last epoch  sn1  sn2  sn5
SSN 21  3 10 12:14 21  3 10 12:44 32.16 30.98 33.36
    first epoch  last epoch  mp15  mp51
SMP 21  3 10 12:14 21  3 10 12:44  8.75  2.04
    first epoch  last epoch  hrs  dt  #expt  #have  %  mp1  mp2  o/slps
SUM 21  3 10 12:14 21  3 10 12:44  .5006  1  -  10405  -  -  -  22

```

Informe resumen Posicionamiento Estándar (SPP) con gLAB

Trimble R10 con modelling y modelo ionosférico Klobuchar

INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:45.00 / 2021 075 58725.00 / 2149 231525.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Total epochs processed: 492
 INFO Total epochs processed with solution: 490 (99.593%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 2 (0.407%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 2 (0.407%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): 0
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 2.38
 INFO GDOP 95 Percentile: 2.80
 INFO TDOP 95 Percentile: 1.46
 INFO HDOP 95 Percentile: 1.29
 INFO Maximum PDOP 2.83 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum GDOP 3.31 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum TDOP 1.73 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum HDOP 1.61 at epoch 16/03/2021 16:29:45.00 / 2021 075 59385.00 / 2149 232185.00
 INFO Maximum VDOP 2.35 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:55.00 / 2021 075 58735.00 / 2149 231535.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 0.89 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 2.36 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 0.90 metres at epoch 16/03/2021 16:51:55.00 / 2021 075 60715.00 / 2149 233515.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 2.66 metres at epoch 16/03/2021 16:19:50.00 / 2021 075 58790.00 / 2149 231590.00

Trimble R10 con modelling y modelo ionosférico NeQuick

INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:45.00 / 2021 075 58725.00 / 2149 231525.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Total epochs processed: 492
 INFO Total epochs processed with solution: 490 (99.593%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 2 (0.407%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 2 (0.407%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): 0
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 2.38
 INFO GDOP 95 Percentile: 2.80
 INFO TDOP 95 Percentile: 1.46
 INFO HDOP 95 Percentile: 1.29
 INFO VDOP 95 Percentile: 2.01
 INFO Maximum PDOP 2.83 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum GDOP 3.31 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum TDOP 1.73 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum HDOP 1.61 at epoch 16/03/2021 16:29:45.00 / 2021 075 59385.00 / 2149 232185.00
 INFO Maximum VDOP 2.35 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:55.00 / 2021 075 58735.00 / 2149 231535.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 1.60 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 1.06 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 1.65 metres at epoch 16/03/2021 16:25:50.00 / 2021 075 59150.00 / 2149 231950.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 1.17 metres at epoch 16/03/2021 16:19:50.00 / 2021 075 58790.00 / 2149 231590.00

Trimble R10 sin modelling y modelo ionosférico Klobuchar

INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:45.00 / 2021 075 58725.00 / 2149 231525.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Total epochs processed: 492
 INFO Total epochs processed with solution: 490 (99.593%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 2 (0.407%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 2 (0.407%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): 0
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 2.38
 INFO GDOP 95 Percentile: 2.80
 INFO TDOP 95 Percentile: 1.46
 INFO HDOP 95 Percentile: 1.29
 INFO VDOP 95 Percentile: 2.01
 INFO Maximum PDOP 2.83 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum GDOP 3.31 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum TDOP 1.73 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum HDOP 1.61 at epoch 16/03/2021 16:29:45.00 / 2021 075 59385.00 / 2149 232185.00
 INFO Maximum VDOP 2.35 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:55.00 / 2021 075 58735.00 / 2149 231535.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 127377.74 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 192584.90 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 130512.34 metres at epoch 16/03/2021 16:21:05.00 / 2021 075 58865.00 / 2149 231665.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 194919.97 metres at epoch 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00

Trimble R10 sin modelling y modelo ionosférico NeQuick

INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:45.00 / 2021 075 58725.00 / 2149 231525.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Total epochs processed: 492
 INFO Total epochs processed with solution: 490 (99.593%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 2 (0.407%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 2 (0.407%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): 0
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 2.38
 INFO GDOP 95 Percentile: 2.80
 INFO TDOP 95 Percentile: 1.46
 INFO HDOP 95 Percentile: 1.29
 INFO VDOP 95 Percentile: 2.01
 INFO Maximum PDOP 2.83 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum GDOP 3.31 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum TDOP 1.73 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO Maximum HDOP 1.61 at epoch 16/03/2021 16:29:45.00 / 2021 075 59385.00 / 2149 232185.00
 INFO Maximum VDOP 2.35 at epoch 16/03/2021 16:39:40.00 / 2021 075 59980.00 / 2149 232780.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:55.00 / 2021 075 58735.00 / 2149 231535.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 127379.06 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 192586.05 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 130513.64 metres at epoch 16/03/2021 16:21:05.00 / 2021 075 58865.00 / 2149 231665.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 194921.11 metres at epoch 16/03/2021 16:59:40.00 / 2021 075 61180.00 / 2149 233980.00

Xiaomi Mi 8 Pro con modelling y modelo ionosférico Klobuchar

INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:41.00 / 2021 075 58721.00 / 2149 231521.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Total epochs processed: 2466
 INFO Total epochs processed with solution: 2219 (89.984%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 247 (10.016%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 247 (10.016%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): -1
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): -1
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 16.23
 INFO GDOP 95 Percentile: 18.35
 INFO TDOP 95 Percentile: 8.79
 INFO HDOP 95 Percentile: 4.04
 INFO VDOP 95 Percentile: 14.05
 INFO Maximum PDOP 156.88 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum GDOP 172.83 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum TDOP 72.52 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum HDOP 132.04 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum VDOP 84.71 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 11.74 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 5.73 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 16.62 metres at epoch 16/03/2021 16:20:30.00 / 2021 075 58830.00 / 2149 231630.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 21.23 metres at epoch 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00

Xiaomi Mi 8 Pro con modelling y modelo ionosférico NeQuick

INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:41.00 / 2021 075 58721.00 / 2149 231521.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Total epochs processed: 2466
 INFO Total epochs processed with solution: 2219 (89.984%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 247 (10.016%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 247 (10.016%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): -1
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): -1
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 16.23
 INFO GDOP 95 Percentile: 18.35
 INFO TDOP 95 Percentile: 8.79
 INFO HDOP 95 Percentile: 4.04
 INFO VDOP 95 Percentile: 14.05
 INFO Maximum PDOP 156.88 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum GDOP 172.83 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum TDOP 72.52 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum HDOP 132.04 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum VDOP 84.71 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 12.33 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 6.31 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 17.20 metres at epoch 16/03/2021 16:20:30.00 / 2021 075 58830.00 / 2149 231630.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 23.35 metres at epoch 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00

Xiaomi Mi 8 Pro sin modelling y modelo ionosférico Klobuchar

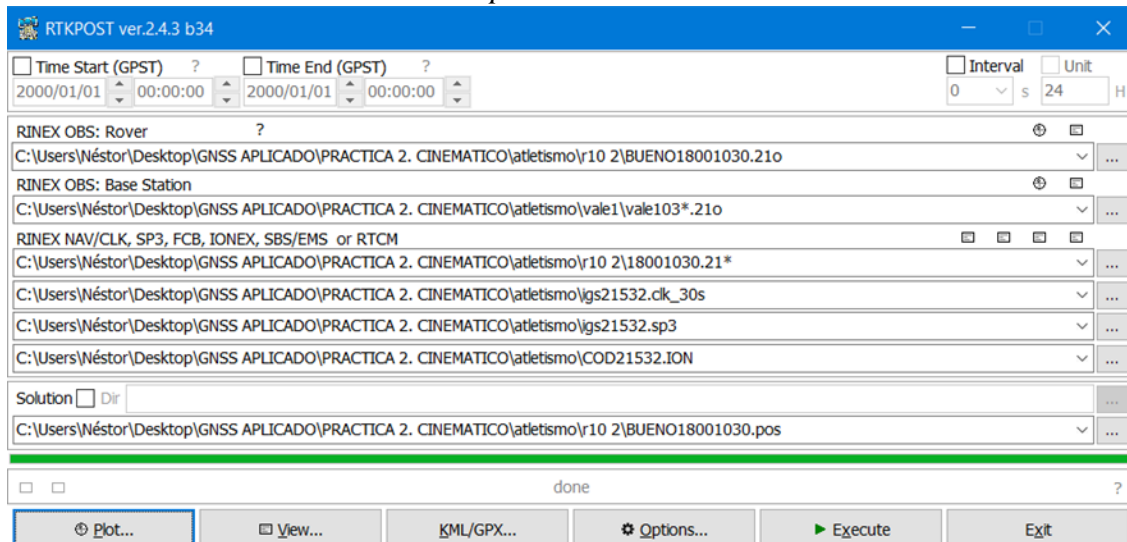
INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:41.00 / 2021 075 58721.00 / 2149 231521.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Total epochs processed: 2466
 INFO Total epochs processed with solution: 2219 (89.984%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 247 (10.016%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 247 (10.016%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): -1
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): -1
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 16.24
 INFO GDOP 95 Percentile: 18.35
 INFO TDOP 95 Percentile: 8.79
 INFO HDOP 95 Percentile: 4.04
 INFO VDOP 95 Percentile: 14.05
 INFO Maximum PDOP 156.83 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum GDOP 172.77 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum TDOP 72.49 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum HDOP 132.00 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum VDOP 84.68 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 109369.89 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 156956.32 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 788800.51 metres at epoch 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 1116246.10 metres at epoch 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00

Xiaomi Mi 8 Pro con modelling y modelo ionosférico NeQuick

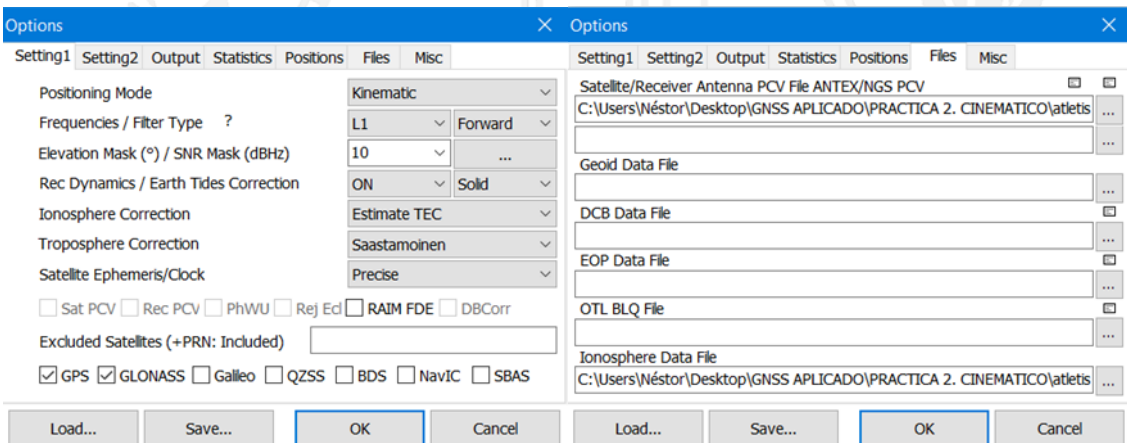
INFO ----- SPP Summary -----
 INFO First epoch of summary: 16/03/2021 16:18:41.00 / 2021 075 58721.00 / 2149 231521.00
 INFO Last epoch of summary: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Total epochs processed: 2466
 INFO Total epochs processed with solution: 2219 (89.984%)
 INFO Total epochs skipped due to less than 4 valid satellites available: 247 (10.016%)
 INFO Total epochs skipped due to singular geometry matrix: 0 (0.000%)
 INFO Total epochs skipped (any reason): 247 (10.016%)
 INFO Total epochs missing in observation file (during summary period): -1
 INFO Total epochs missing in observation file (all the file): -1
 INFO Number of data gaps in observation file (during summary period): 0
 INFO Number of data gaps in observation file (all the file): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (during summary period): 0
 INFO Maximum data gap size in observation file (all the file): 0
 INFO PDOP 95 Percentile: 16.24
 INFO GDOP 95 Percentile: 18.35
 INFO TDOP 95 Percentile: 8.79
 INFO HDOP 95 Percentile: 4.04
 INFO VDOP 95 Percentile: 14.05
 INFO Maximum PDOP 156.83 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum GDOP 172.77 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum TDOP 72.49 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum HDOP 132.00 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO Maximum VDOP 84.68 at epoch 16/03/2021 16:40:47.999 / 2021 075 60047.00 / 2149 232847.00
 INFO First epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00
 INFO Last epoch of summary for computing positioning error percentiles: 16/03/2021 16:59:45.999 / 2021 075 61186.00 / 2149 233986.00
 INFO Horizontal 95 Positioning Error Percentile: 109371.22 metres
 INFO Vertical 95 Positioning Error Percentile: 156957.73 metres
 INFO Maximum Horizontal Positioning Error: 788796.33 metres at epoch 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00
 INFO Maximum Vertical Positioning Error: 1116243.98 metres at epoch 16/03/2021 16:18:46.00 / 2021 075 58726.00 / 2149 231526.00

Configuración Cinemático en postproceso

Receptor Trimble R10



RTKPOST ver.2.4.3 b34
 Time Start (GPST) ? Time End (GPST) ? Interval Unit
 2000/01/01 00:00:00 2000/01/01 00:00:00 0 s 24 H
 RINEX OBS: Rover ?
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\r10 2\BUENO18001030.21o
 RINEX OBS: Base Station
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\vale1\vale103*.21o
 RINEX NAV/CLK, SP3, FCB, IONEX, SBS/EMS or RTCM
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\r10 2\18001030.21*
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\igs21532.clk_30s
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\igs21532.sp3
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\COD21532.ION
 Solution Dir
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\r10 2\BUENO18001030.pos
 done



Options
 Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files Misc
 Positioning Mode Kinematic
 Frequencies / Filter Type ? L1 Forward
 Elevation Mask (°) / SNR Mask (dBHz) 10 ...
 Rec Dynamics / Earth Tides Correction ON Solid
 Ionosphere Correction Estimate TEC
 Troposphere Correction Saastamoinen
 Satellite Ephemeris/Clock Precise
 Sat PCV Rec PCV PhWU Rej Ed RAIM FDE DBCorr
 Excluded Satellites (+PRN: Included)
 GPS GLONASS Galileo QZSS BDS NavIC SBAS
 Satellite/Receiver Antenna PCV File ANTEX/NGS PCV
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletis...
 Geoid Data File
 DCB Data File
 EOP Data File
 OTL BLQ File
 Ionosphere Data File
 C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletis...

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Smartphone Xiaomi Mi 8 Pro

RTKPOST ver.2.4.3 b34

Time Start (GPST) ? Time End (GPST) ?
 2000/01/01 00:00:00 2000/01/01 00:00:00 Interval Unit
 0 s 24 H

RINEX OBS: Rover ?

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\nosotros\GEOP103*.21o

RINEX OBS: Base Station

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\vale1\vale103*.21o

RINEX NAV/CLK, SP3, FCB, IONEX, SBS/EMS or RTCM

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\r10 2\18001030.21*

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\igs21532.clk_30s

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\igs21532.sp3

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\COD21532.ION

Solution Dir

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\nosotros\GEOP1030.pos

done

Options

Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files Misc

Positioning Mode: Kinematic

Frequencies / Filter Type ? : L1 Forward

Elevation Mask (°) / SNR Mask (dBHz): 10 ...

Rec Dynamics / Earth Tides Correction: ON Solid

Ionosphere Correction: Estimate TEC

Troposphere Correction: Estimate ZTD

Satellite Ephemeris/Clock: Precise

Sat PCV Rec PCV PhWU Rej Ed RAIM FDE DBCorr

Excluded Satellites (+PRN: Included):

GPS GLONASS Galileo QZSS BDS NavIC SBAS

Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files Misc

Satellite/Receiver Antenna PCV File ANTEX/NGS PCV

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\...

Geoid Data File

DCB Data File

EOP Data File

OTL BLQ File

Ionosphere Data File

C:\Users\Néstor\Desktop\GNSS APLICADO\PRACTICA 2. CINEMATICO\atletismo\...

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
 DE INGENIERÍA GEODÉSICA
 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA