

**Estudio de la calidad  
métrica de las  
observaciones en  
tiempo real en la Red  
GNSS de Castilla y León**

**Proyecto Fin de Máster de Geotecnologías  
Cartográficas en Ingeniería y  
Arquitectura (2008-2009)**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA  
(UNIVERSIDAD DE SALAMANCA)**

**Tutor: Modesto Blanco Díaz**

**Alumno: David García Ariza**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS:****1- Introducción.....5**

1.1 - Antecedentes.....6

1.2 - Objetivos.....9

1.3 - Estructura del proyecto.....10

**2 - Documentación base sobre tipos de soluciones en RTK (VRS,  
MAC, estaciones individuales).....10**

2.1 - Concepto de RTK.....10

2.2 - El RTK convencional.....11

2.3 - El RTK solución de red.....13

2.4 - Arquitectura del sistema.....14

2.5 - El concepto "VRS" (Virtual Reference Station) ..... 15

2.6 - El concepto "FKP" (Flechen Korrektur Parameter) .....17

2.7 - El concepto "MAC" (Master Auxiliary Concept) .....19

2.8 - El concepto de Estaciones individuales .....20

**3 - Diseño del experimento ( estadística).....21**

3.1 - Variables.....21

3.1.1 - Variables Dependientes.....21

3.1.2 - Variables Explicativas (=Factores).....22

3.2 - Contrastes a realizar.....23

3.3 - Análisis de la Varianza: Modelos ANOVA.....23

**4 - Toma de datos en campo.....46**

4.1 Diseño en Campo.....	46
4.2 Medición en Campo.....	46
<b>5. - Contrastes a realizar, Resultados.....</b>	<b>33</b>
5.1 - Cálculo de las coordenadas de Referencia.....	33
5.2 - Estadísticas calidad Tiempo Real en la red GNSS	
Desviación en "X".....	39
5.2.1 - Factor LUGAR.....	41
5.2.2 - Factor RECEPTOR.....	42
5.2.3 - Factor SOLUCIÓN.....	45
5.2.4 - Factor TIEMPO.....	47
5.2.5 - TEST DEL ANOVA MULTIFACTORIAL PARA dX.....	48
5.3 - Estadísticas calidad Tiempo Real en la red GNSS	
Desviación en "Y".....	51
5.3.1 - Factor LUGAR.....	52
5.3.2 - Factor RECEPTOR.....	54
5.3.3 - Factor SOLUCIÓN.....	55
5.3.4 - Factor TIEMPO.....	57
5.3.5 - TEST DEL ANOVA MULTIFACTORIAL PARA dY.....	59
5.4 - Estadísticas calidad Tiempo Real en la red GNSS	
Desviación en "Z".....	62
5.4.1 - Factor LUGAR.....	63
5.4.2 - Factor RECEPTOR.....	66
5.4.3 - Factor SOLUCIÓN.....	67
5.4.4 - Factor TIEMPO.....	68
5.4.5 - TEST DEL ANOVA MULTIFACTORIAL PARA dZ.....	70
5.5 – Resumen del Resultado.....	72

---

6. Conclusiones.....	75
----------------------	----

7. Bibliografía.....	76
----------------------	----

APÉNDICE :	
------------	--

DATOS DE CAMPO.....	Fichero de Datos
---------------------	------------------

---

# **Estudio de la calidad métrica de las observaciones en tiempo real en la Red GNSS de Castilla y León**

Proyecto Fin de Máster de Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura: “Estudio de la calidad métrica de las observaciones en tiempo real en la Red GNSS de Castilla y León ”

Tutor: Modesto Blanco Díaz

Alumno: David García Ariza

## **1- Introducción:**

Este proyecto trata de evaluar la calidad métrica de las observaciones en tiempo real en la Red GNSS de Castilla y León, en concreto de las componentes planimétricas  $x$ ,  $y$ ; y la componente altimétrica  $z$ , comparando distintas soluciones en tiempo real (en adelante RTK) respecto a una solución en postproceso considerada de referencia. Se trata por un lado de evaluar que factores pueden afectar a la calidad métrica de las observaciones, y por otro de caracterizar dicha calidad métrica con la media y la desviación típica y compararla entre distintos factores.

Los resultados obtenidos se han de entender dentro del ámbito de una configuración geométrica de Red concreta, con un software de Red (GPSNET 2.7 de Trimble), y un firmware de receptores concreto. Otras configuraciones físicas de Red o combinación de software/firmware podrían dar resultados distintos.

## **1.1 - Antecedentes:**

Este proyecto surge en consecuencia del trabajo final del Máster de Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura en su primera edición 2008-2009 por el alumno David García Ariza.

Existe una red de estaciones de referencia llamada Red GNSS de Castilla y León que proporciona un servicio de posicionamiento de alta precisión con receptores GNSS (Sistemas de Navegación por Satélite) dentro del territorio de Castilla y León en datum ETRS89. La red proporciona correcciones de código y fase para los sistemas de navegación GPS y GLONASS. Esta red está gestionada por el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL)

Al mismo tiempo, el sistema constituye un marco de referencia geodésico en ETRS89, que sustituye y complementa con ventaja a las tradicionales redes geodésicas basadas en vértices fijos.

Las correcciones facilitadas por esta red se pueden utilizar de dos modos diferentes en función del momento de aplicación:

### **1- Corrección en directo o tiempo real.**

Este sistema permite conseguir un posicionamiento preciso en el mismo instante en que se realiza la medición. Entre sus principales aplicaciones están los trabajos de replanteo y la navegación de alta precisión. Los datos suministrados por esta red permiten usar las técnicas denominadas RTK (Real Time Kinematic) y DGPS (GPS Diferencial de Código).

Para usar este tipo de correcciones el usuario necesita disponer de un receptor que admita correcciones en el estándar RTCM (versiones 2 o 3) y de conexión a Internet en el instante en el que realiza la medición. Generalmente se usan las redes de telefonía móvil como proveedores de acceso a Internet a través de GPRS o UMTS.

Este método es el que se va a evaluar en este proyecto.

El acceso a los datos en tiempo real se realiza a través del Caster NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol). NTRIP es un protocolo estándar diseñado para difundir en tiempo real los datos procedentes de

receptores GNSS en Internet. Para poder usar las correcciones suministradas por esta red es necesario que el software del receptor GNSS disponga de un cliente NTRIP. La mayoría de los receptores actuales que están diseñados para usar correcciones diferenciales ya disponen de esta funcionalidad. En el caso de no disponer de un cliente NTRIP en el receptor, existen en Internet aplicaciones de libre distribución que hacen esta función y permiten conectarse a un Caster, seleccionar los datos deseados y reenviar estos datos por un puerto serie que puede conectarse a un receptor GNSS. Estas aplicaciones, así como otra información relacionada con NTRIP está disponible en [http://igs.bkg.bund.de/ntrip/ntrip\\_down.htm](http://igs.bkg.bund.de/ntrip/ntrip_down.htm).

Datos de acceso al Caster NTRIP de Castilla y León	
URL	<a href="http://ntrip.itacyl.es:2101/">http://ntrip.itacyl.es:2101/</a>
IP	<a href="http://193.146.230.81">193.146.230.81</a>
Puerto	2101
Usuario	Anónimo

A través del Caster NTRIP se puede acceder a dos tipos de flujo de datos en tiempo real:

**A- Flujos directos de las estaciones GNSS instaladas:** Las observaciones en tiempo real de todas las estaciones de la red son suministradas en formatos RTCM 2.3 y RTCM 3.0. Esta información es útil para que otras redes puedan incluir estaciones de Castilla y León o para realizar trabajos tradicionales mediante RTK o DGPS contra una única estación base. Pueden diferenciarse las fuentes de datos según los formatos RTCM con la información contenida en la tabla del [Caster NTRIP](#). Estos flujos directos de datos y su forma de ejecución son también llamados usualmente “Estaciones Individuales”.

**B- Flujo de solución de red:** Esta solución integra los datos de todos los receptores de la red y proporciona una corrección diferencial óptima para el usuario de manera automática dentro de la zona de cobertura de la red. La solución de red se facilita en formato RTCM, versiones 2.3 y 3.0. Para el cálculo de este tipo de correcciones es imprescindible que el equipo del usuario envíe su posición aproximada mediante un mensaje NMEA. Pueden asimilarse a este sistema los conceptos comerciales: VRS (Virtual Reference Station), PRS (Pseudo Reference Station) e I-MAX. Además existe la posibilidad de usar una conexión según el estándar MAC (Master-Auxiliary Concept) definido en el estándar RTCM 3.1.

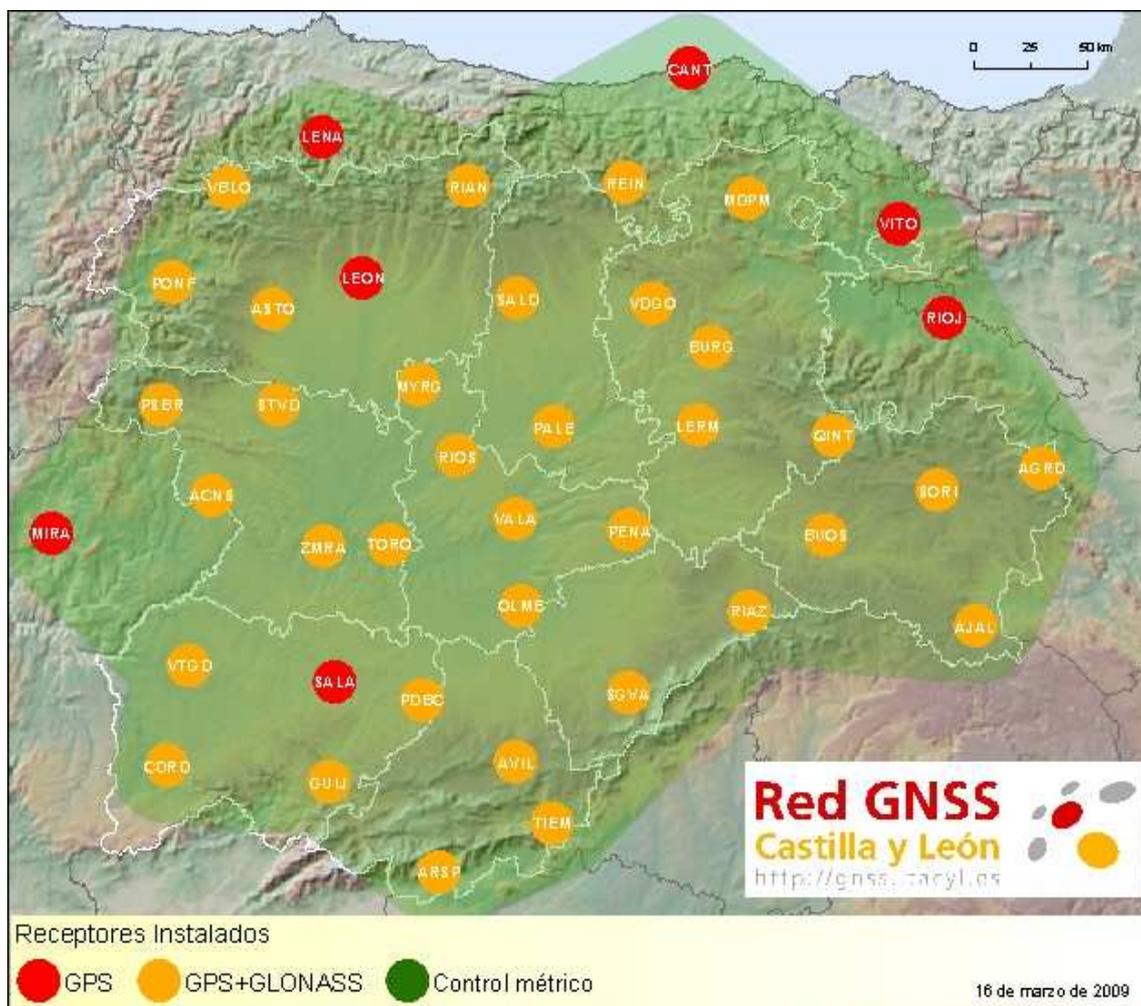


Figura 1 - Distribución de estaciones GNSS de Castilla y León

## 2- Corrección en diferido o postproceso.

Con esta metodología se consigue el posicionamiento preciso una vez que han sido procesados los datos en la oficina; para ello es necesario descargar del receptor las mediciones realizadas, y desde Internet los ficheros RINEX de corrección. Este sistema proporciona precisiones que pueden ser superiores al uso de correcciones en tiempo real.

Para usar este servicio el usuario debe disponer de un receptor que almacene información útil para poder realizar una corrección diferencial y de un software de procesado de datos GNSS.

Este método es usado en este proyecto para obtener la coordenada "Real" del punto observado y así obtener las varianzas respecto de esta coordenada.

## **1.2 - Objetivos:**

El objetivo principal de este estudio es la evaluación de la calidad métrica posiciones en RTK proporcionadas por la Red GNSS de Castilla y León.

Para ello se van a efectuar observaciones, en cuanto a los distintos factores que pudieran afectar a la posición de la observación, estos serán:

- Usar varios métodos de observación
- Usar receptores de algunas de las principales marcas comerciales
- Usar distintos intervalos de tiempo de observación.
- Usar diferentes lugares de observación en cuanto a cercanía a las bases de referencia

En nuestra opinión estos son los principales casos que consideramos que podrían afectar a la calidad métrica de la observación y que serán evaluados en este proyecto. Atendiendo a estos factores se estudiará la dependencia o no entre ellos y su significación a la hora de la considerar su afección a la medición.

### **1.3 - Estructura del proyecto:**

Los apartados que constarán en el proyecto son:

- Introducción (Antecedentes, objetivos, estructura del proyecto).
- Documentación base sobre tipos de soluciones en RTK (VRS, MAC, estaciones individuales)
- Diseño del experimento (Modelo estadístico)
- Toma de datos en campo.
- Resultados (cálculos en postproceso, contraste de hipótesis)
- Conclusiones
- Bibliografía

## **2 - Documentación base sobre tipos de soluciones en RTK (VRS, MAC, estaciones individuales)**

### **2.1 Concepto de RTK**

El concepto general de las soluciones de RTK se basa en la colocación de un receptor GPS en una posición geográfica cuyas coordenadas pueden haber sido obtenidas por otros medios diferentes al GPS u obtenidos a Postproceso con vértices geodésicos. De esta forma, comparando la posición real del receptor con la obtenida mediante GPS, podemos obtener el error que se está introduciendo en la señal GPS, y calcular una corrección para la misma que podemos aplicar al receptor móvil y así obtener las coordenadas precisas del mismo. A este receptor se le suele denominar estación de referencia.

Las correcciones diferenciales de fase se suelen denominar RTK (Real Time Kinematic). Para el cálculo y utilización de estas correcciones se utiliza la información contenida tanto en el patrón de código, como en el patrón de fase.

De hecho, se suele utilizar la información de fase de ambas portadoras (L1 y L2).

**Real-Time-Kinematic**

Positional Accuracy +/- 2 cm or so

- Same Satellite Constellation  
(Base Station - Rover/or Rovers)
- Carrier Phase  
(Track 5 Satellites Minimum)
- Radio Link  
a) More information  
b) Fast transmission  
c) Real-time results

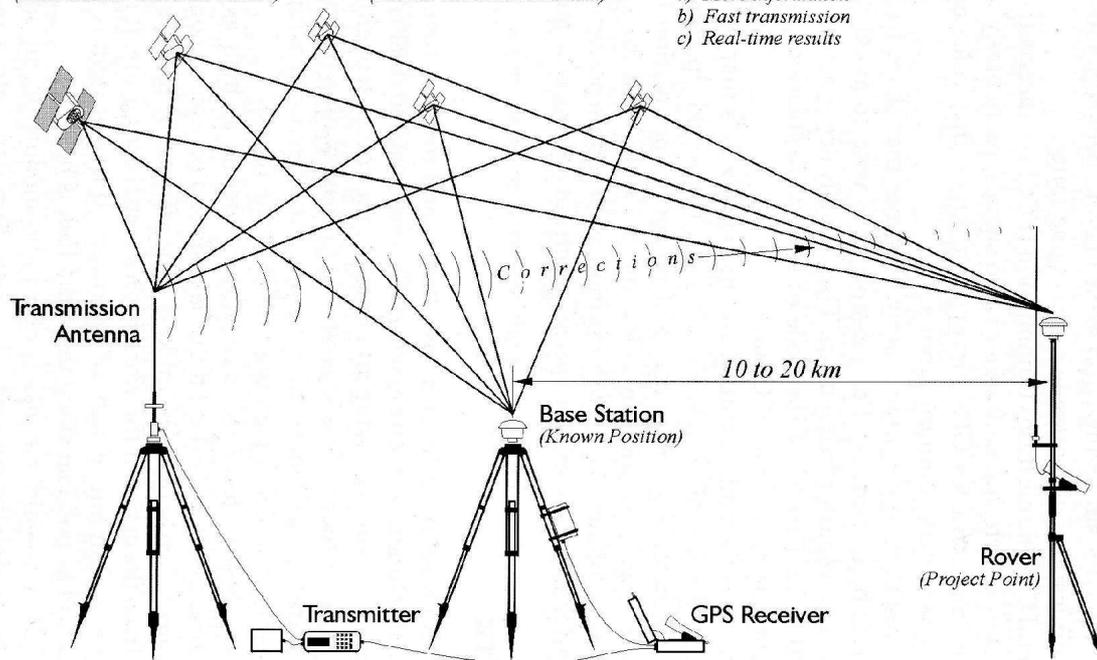


Figura 2 - Estructura de RTK

**2.2 - El RTK convencional:**

El modo normal de posicionarse en RTK es establecer una estación de Referencia no permanente (o varias si el área a cubrir es muy grande) en los alrededores de los lugares donde se van a realizar los levantamientos de los puntos. Si quisiéramos cubrir un área determinada de una forma permanente utilizando estaciones de referencia de RTK convencional, nos encontraríamos con una serie de dificultades que merman en gran medida las prestaciones. Obtendríamos el esquema de cobertura que puede verse en la Figura 3. Como puede observarse el área no se cubre homogéneamente, sino que se establecen zonas de cobertura circulares alrededor de las estaciones de referencia. Además, la precisión de las correcciones emitidas decae rápidamente con la distancia, y a unos 20 o 25 Km. de la estación de referencia las precisiones ya no son todo lo buenas que deberían. Por lo tanto, para cubrir

un área extensa necesitaríamos establecer un gran número de estaciones de referencia separadas unas de otras unos 40 o 50 Km., y aún así no conseguiríamos una cobertura homogénea

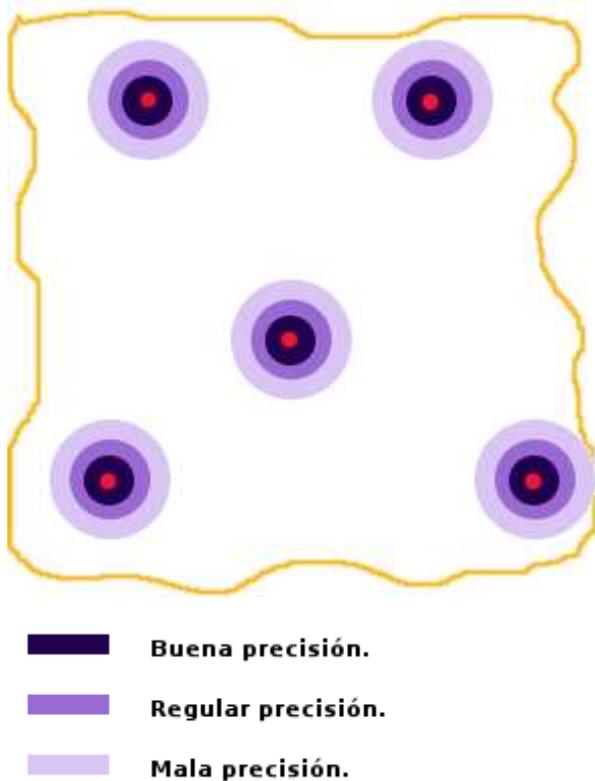


Figura 3 - RTK convencional

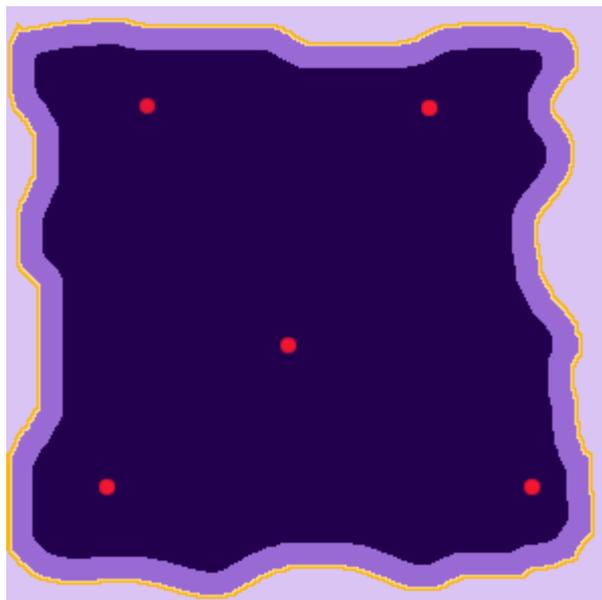
Por otra parte, el usuario debería decidir en cada momento a cuál de las estaciones disponibles se conecta, en función de su distancia a las mismas. Para ello es necesario que el usuario conozca las diferentes frecuencias en las que cada estación de referencia emite las correcciones. Por último, sería necesario elegir adecuadamente las frecuencias en las que cada estación emitiría para evitar interferencias entre ellas.

La precisión obtenida utilizando RTK puede ser de  $\pm 2$  cm. teniendo en cuenta la desventaja en cuanto a la distancia a la que son válidas las correcciones, ya que estas no pueden extenderse más de 20 Km. desde la estación de referencia.

### **2.3 - El RTK solución de red:**

Ya hemos visto los problemas que surgen al intentar establecer una red de estaciones trabajando en RTK convencional o simple. Sin embargo, si utilizamos de forma conjunta todos los datos recogidos por esas estaciones de referencia para construir unas correcciones, solucionamos varios de los problemas de una red trabajando en RTK convencional. La cobertura proporcionada es similar a la mostrada en la Figura 4. Vemos que ahora cubrimos toda la zona de interés de manera homogénea sin aumentar el número de estaciones. La distancia típica a la que se sitúan las estaciones de referencia con los modelos disponibles actualmente es de entre 60 y 80 Km., intentando formar triángulos equiláteros para abarcar la máxima área.

Además la arquitectura del sistema, que vemos a continuación, permite facilitar el acceso del usuario a las correcciones, ya que éstas se servirán de forma centralizada.



- Buena precisión.
- Regular precisión.
- Mala precisión.

Figura 4 - Solución de Red

## **2.4 - Arquitectura del sistema:**

La arquitectura básica de un sistema RTK en red es la que se muestra en la Figura 5. Podemos distinguir tres elementos claves en la misma:



Figura 5 – Arquitectura del sistema

### **A) Red de adquisición de datos:**

Los sensores GNSS, repartidos en el área a cubrir, hacen llegar los datos de observables al centro de control con un intervalo regular de 1 s. generalmente. La comunicación se puede realizar por: red de radio, telefonía fija, red LAN corporativa, GPRS/UMTS, etc. Lo más relevante en la red de comunicaciones elegida no será el ancho de banda, que no es excesivamente elevado, sino la latencia de la misma (no superior a 1 sg.)

### **B) Centro de Control:**

En él se reciben todos los datos procedentes de los diferentes sensores GNSS, repartidos por el área a cubrir, y se procesan para generar las correcciones. Existen diferentes conceptos sobre cómo generar las correcciones de la red, pero no es el caso de análisis de este proyecto. El esquema básico es tomar datos del estado de los retardos (sobre todo el ionosférico y troposférico) en cada estación, para luego aplicar un modelo matemático, que a partir de esos datos, interpole una solución para los puntos situados dentro de la red.

### **C) Red de difusión de correcciones:**

El último elemento del sistema es aquel que permite hacer llegar las correcciones a los usuarios de campo en tiempo real. Las posibilidades se basan en redes de comunicación móviles: GSM, GPRS/UMTS, etc. A la hora de elegir la red de comunicaciones primará la latencia (máximo 1 s.) sobre el ancho de banda.

Una vez explicado lo que es el RTK que es en lo que se basan todos los modos de medir las posiciones absolutas de puntos en tiempo real, vamos a explicar estos modelos de medición.

Existen varios tipos de solución en RTK. En el caso que nos compete vamos a definir que son y en que consisten las soluciones:

- VRS (con GLONASS y sin GLONASS)
- MAC
- Estaciones Individuales

## **2.5 - El concepto "VRS" (Virtual Reference Station)**

El VRS fue desarrollado por la casa alemana Terrasat a finales de la década 1990-2000. Actualmente esta casa ha sido absorbida por la marca estadounidense Trimble, por lo que este concepto se ha convertido en propiedad de Trimble. Fue el primer concepto desarrollado para la generación de correcciones RTK en red, como consecuencia de ello es común que se identifique VRS con el concepto de RTK en red; sin embargo VRS no es más que un nombre comercial de un producto que proporciona estas correcciones. Otro producto similar de la casa Leica es el I-Max. A continuación se describe su funcionamiento (Figura 6):

**1:** El receptor móvil (rover) situado en el campo quiere conocer su posición. Lo primero que hace es enviar un mensaje de datos al centro de control en el que le comunica su posición aproximada de navegación, obtenida con GPS sin ningún tipo de corrección. El mensaje se envía en formato NMEA (National Marine Electronics Association).

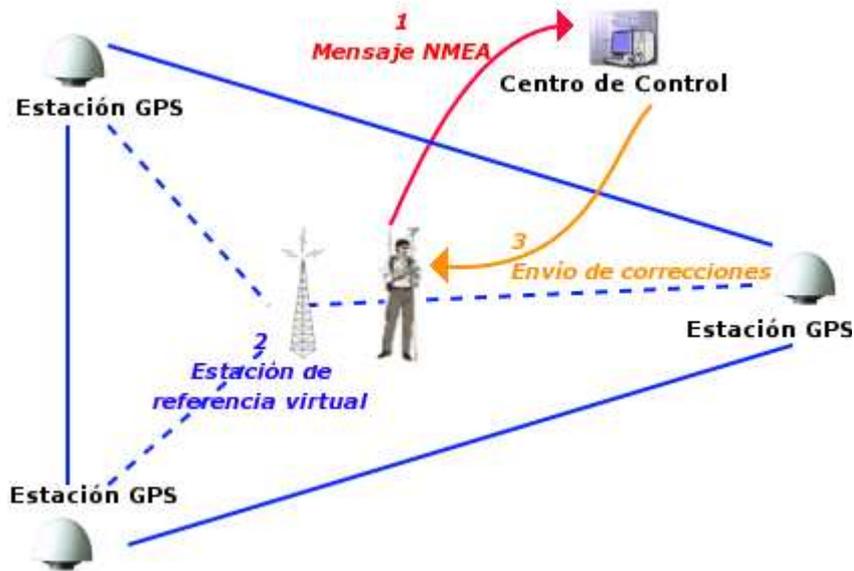


Figura 6 – Funcionamiento VRS

**2:** El centro de control conoce la posición aproximada del receptor en el campo. Con ese dato, y utilizando la información que tiene del resto de estaciones GNSS, genera una estación de referencia virtual, situada en las proximidades del receptor. Lo que hace el software es interpolar una solución, siempre que el rover esté dentro del área definida por los triángulos que forman las estaciones de referencia. Si está fuera de los límites definidos por las estaciones se extrapola una solución hasta un límite aprox. de 10-15 Km.

**3:** El receptor comienza a recibir las correcciones correspondientes de su estación de referencia virtual. Para él, las correcciones que está recibiendo son de RTK simple, como si tuviera una estación de referencia situada a escasos metros, sin embargo, en realidad las están enviando desde el centro de control que puede estar situado muy lejos de él. Por esta razón se denomina estación de referencia virtual.

**Ventajas:** Los datos que recibe el receptor son los mismos que recibiría trabajando en RTK simple. Esto implica que cualquier receptor del mercado pensado para trabajar en RTK, debería ser capaz de beneficiarse de las correcciones en red RTK. Además en VRS es el centro de control el encargado de calcular las correcciones para cada uno de los de los rovers que las soliciten, por lo que la carga de proceso en el receptor es mínima.

**Inconvenientes:** el sistema requiere un canal de datos bidireccional. En el momento de su desarrollo a finales de los 90, esto era un gran impedimento pero actualmente gracias a las tecnologías de comunicación de datos inalámbricas GPRS (General Packet Radio Service) y UMTS (Universal Mobile Telecommunication Service) es más fácil y barato obtener un canal de datos bidireccional. Además es previsible que las tecnologías de transmisión de datos inalámbricas, como WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) continúen evolucionando y cada vez sea más factible disponer de un canal de datos en cualquier punto del territorio.

Esta forma de trabajar tiene la posibilidad de recibir señales de distintos sistemas de constelaciones de satélites admitiendo: GPS, GLONASS, y en un futuro Galileo, (todo dependiendo del receptor y software).

En este proyecto discerniremos entre medir simplemente con GPS y conjuntamente GPS+GLONASS para evaluar en los resultados su afección o no a la precisión de las observaciones.

## **2.6 - El concepto "FKP" (Flechen Korrektur Parameter)**

Este método lo explicaremos ya que es necesario para entender el siguiente (MAC) pero no lo vamos a utilizar en nuestro proyecto.

El concepto FKP surgió posteriormente al VRS de la mano de la empresa, también alemana, GEO++. Con él se pretendía solucionar varios de los problemas del VRS. Su denominación traducida al español es: Parámetros de Corrección de Planos.

En FKP se utilizan superficies polinomiales (normalmente planos) que modelan los errores en las medidas GPS en función de la distancia a la estación de referencia. Para generar todas las correcciones necesarias cada estación de referencia debe generar un plano para cada señal de la constelación (L1 y L2) y para cada satélite visible. Normalmente en la latitud en la que se encuentra España son visibles 8 satélites GPS simultáneamente, lo que hace que cada estación de referencia deba generar 16 planos diferentes. En la Figura 7 se representan los planos generados por 4 estaciones de referencia vecinas para 1 satélite en la frecuencia L1. Cada estación de referencia radiodifunde unos

parámetros con los que quedan caracterizados los planos de correcciones en función de la latitud y la longitud del rover. El receptor de campo recoge la información suministrada por todas las estaciones de referencia circundantes y las procesa conjuntamente para obtener la corrección.

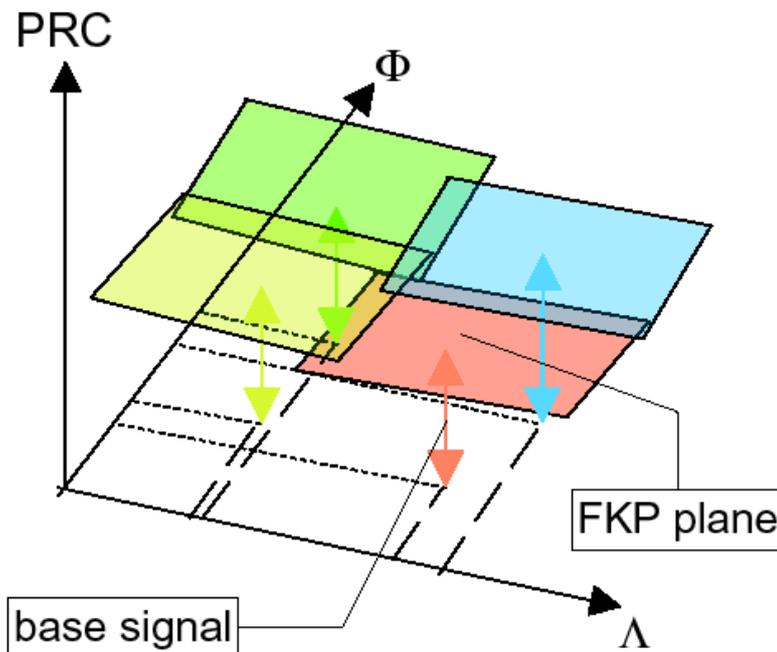


Figura 7 – Planos FKP

#### **Ventajas e inconvenientes:**

Su principal ventaja es que la corrección no necesita de un canal bidireccional de datos como en VRS y se puede emitir en broadcast con un transmisor de radio, porque es el receptor el que se encarga de corregir su posición con los parámetros facilitados.

Una de las desventajas de este concepto es que el rover o equipo de campo, tiene que ser capaz de realizar un número elevado de cálculos de una forma rápida, por lo que debe tener una capacidad de procesado bastante alta. Esto hace que la electrónica del receptor se complique un poco más. Otra desventaja presenta que el formato de las correcciones ya no es transparente al receptor, al no tratarse de las correcciones que una estación de referencia RTK simple envía, y por lo tanto el receptor debe estar preparado para recibir, reconocer y procesar las correcciones FKP. No todos los equipos del mercado son capaces de utilizar el sistema.

---

## **2.7 - El concepto "MAC" (Master Auxiliary Concept)**

El concepto MAC se considera una evolución del FKP y trata de estandarizar la forma de hacer llegar las correcciones, aprovechando para redefinir la forma de generarlas para que éstas necesiten un menor número de bits a la hora de ser emitidas. Se basa en la utilización de una estación Maestra que emitirá las mismas correcciones que si trabajara en RTK convencional (coordenadas, información de antena y correcciones de las medidas). Junto con esas correcciones convencionales se emitirán otro conjunto de correcciones que representan las diferencias relativas entre la estación Maestra y las estaciones Auxiliares. Estas correcciones son las que introducen el concepto de red. Algunos fabricantes como Leica han implementado este mismo concepto con el nombre de Max.

La clave para poder llevar a cabo este concepto es el cálculo de la ambigüedad entera común dentro de una zona, lo más extensa posible, dentro de la red. Esto se puede realizar mediante la resolución de la ambigüedad entera para cada una de las estaciones y la diferenciación con la medida de la fase bruta en los receptores. El equipo de campo dispondrá de la información de la estación Maestra y de las Auxiliares circundantes, pudiendo interpolar una solución para su posición (figura 8).

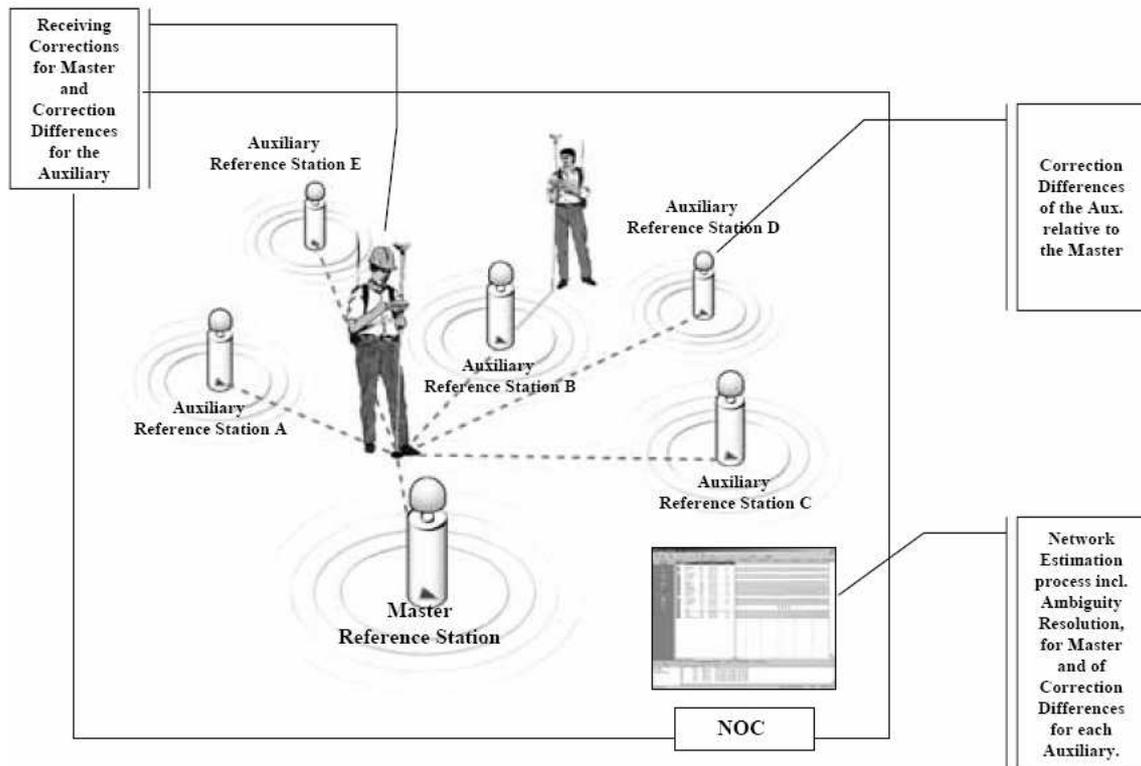


Figura 8 – Sistema MAC

**Ventajas e inconvenientes:**

El concepto MAC es fundamentalmente una evolución hacia un estándar para el FKP, por lo tanto posee las mismas ventajas que el FKP, esto es, emisión unidireccional de datos y trabajo con estaciones de referencia reales, no virtuales. Además el formato de las correcciones permite un menor ancho de banda en las transmisiones. El concepto MAC se ha estandarizado en el nuevo formato RTCM 3.1.

Como inconvenientes, al igual que el FKP, en este concepto es el rover el que se tiene que encargar de calcular la corrección para su posición, con el aumento en la complejidad y potencia de cálculo necesario en el rover.

**2.8 - El concepto de Estaciones individuales**

El concepto de Estación individual es el mas sencillo de todos se trata de un RTK convencional que considera la estación de referencia como una estación física de coordenadas conocidas que transmite sus diferencias con el Rover por medio del Caster NTRIP indicado en apartado 1.1. Sin más actúa como un

RTK convencional considerando el flujo directo de las estaciones GNSS instaladas. Las observaciones en tiempo real de las estaciones de la red de Castilla y León son suministradas en formatos RTCM 2.3 y RTCM 3.0.

La limitación más grande es la distancia a la estación física de referencia, que no debe sobrepasar los 10-15 km.

### 3 - Diseño del experimento (Estadística)

Para la valoración de los datos y su calidad métrica se diseña un modelo experimental de efectos fijos con 3 variables dependientes cuantitativas y 4 variables explicativas o factores cualitativos. Sobre este modelo experimental se realizarán diversos test siendo el más importante el Test del ANOVA sobre el que se expone un apartado (3.3). Así distinguimos:

#### 3.1- Variables:

##### **3.1.1- Variables dependientes:**

Se consideran 3 variables dependientes: diferencias en planimetría por separado  $\Delta x$  e  $\Delta y$ , y altimetría  $\Delta z$ , entre coordenadas de postproceso (consideradas con error =0) y las coordenadas en tiempo real tomadas en campo. Equivalen a los errores en planimetría y altimetría respectivamente.

$$\Delta x = |X_{Real} - X_{Medida}|$$

$$\Delta y = |Y_{Real} - Y_{Medida}|$$

$$\Delta z = |Z_{Real} - Z_{Medida}|$$

Siendo  $X_{Real}$   $Y_{Real}$   $Z_{Real}$  las coordenadas obtenidas en Postproceso, y,  $X_{Medida}$ ,  $Y_{Medida}$   $Z_{Medida}$  las coordenadas medidas en campo para cada punto.

### 3.1.2- Variables explicativas (= factores):

En este estudio vamos a diferenciar 4 factores, que consideramos a priori que más pueden influir en la calidad métrica (caracterizada por la media y desviación típica) de las observaciones:

#### a) Tipo de solución en tiempo real (**SOLUCION**):

Consideramos 4 niveles o tratamientos:

- VRS sin GLONASS (**I**)
- VRS sin GLONASS (**J**)
- MAC (**K**)
- Estación individual, sin GLONASS (**L**)

Es el factor que más interés tiene en el estudio, se trata de saber si el tipo de solución RTK afecta a la dispersión del error (desviación típica) y al sesgo (media) del error. Además es el único factor que puede ser elegido por el usuario.

#### b) Distribución espacial (**LUGAR**):

Consideramos 3 niveles:

- Distancia normal (**Cisneros**): Equidistante 34 Km. de 3 estaciones, con distintos tipos de receptor base: pale (Leica), myrg (Leica), sald (Trimble)
- Distancia mayor (**Aranda**): Equidistante 43 Km. de 4 estaciones, con distinto tipo de receptor base: lerm (Leica), buos (Trimble), pena (Leica), riaz (Leica).
- Cercano a una estación (**Cabezón**) distancia 8.5 Km. de estación vala (Leica).

#### c) Distribución temporal (**TIEMPO**):

Consideramos 9 niveles:

3 mediciones de 30 observaciones individuales cada una, a distintas horas y generalmente repartidas en 2 días distintos.

#### d) Tipo de receptor (**RECEPTOR**):

Consideramos 3 niveles (tipos de receptor):

- A) **Leica** GRX120GGPRO, con firmware 7.50
- B) **Topcon** GR3, con firmware 3.3p6
- C) **Trimble** R8, con firmware 3.64

### **3.2 – Contrastes a Realizar**

- Todos los contrastes se verificarán con un nivel de confianza del 95% = nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , y se realizarán por separado para cada una de las 3 variables respuesta: error planimétrico ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ) y error altimétrico ( $\Delta z$ ).
- Verificación del supuesto de normalidad para el conjunto de todas las observaciones como una muestra aleatoria simple unidimensional: Con el gráfico Q-Q de residuales y también con el histograma de distribución normal. En caso de rechazarse, habría que usar tests no paramétricos o bien estimadores robustos para los siguientes tests.
- Verificación del supuesto de homocedasticidad (igualdad de varianzas), con el test de Levene, y secundariamente con un gráfico de residuales respecto a los niveles de cada factor.
- En caso de pasar los 2 test anteriores, se realiza el test del ANOVA unifactorial /multifactorial de efectos fijos, ( $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ ), que nos va a permitir:
  - 1- Verificar si alguno de los factores es significativo (alguna de las medias de los niveles difiere del resto), esto es, si alguno de los tratamientos influye de manera significativa en la exactitud.
  - 2- Verificar si hay interacciones entre factores.

En caso de haber algún factor significativo se realizan comparaciones por pares (Prueba de Duncan) para ver que niveles difieren en sus medias del resto.

- Calcular medias y cuasidesviaciones típicas muestrales de los errores planimétricos y altimétricos, agrupados o no por factores según el resultado de la prueba del ANOVA, hacer comparaciones entre ellos y obtener conclusiones finales.

### **3.3 - Análisis de la Varianza, Modelos de ANOVA**

A continuación se exponen los fundamentos del Análisis de varianza y su aplicación en este proyecto concreto con el programa SPSS v15.0.

La técnica del Análisis de la Varianza (ANOVA o AVAR) es una de las técnicas más utilizadas en los análisis de los datos de los diseños experimentales. Se utiliza cuando queremos contrastar más de dos medias, por lo que puede verse como una extensión de la prueba t para diferencias de dos medias.

El ANOVA es un método muy flexible que permite construir modelos estadísticos para el análisis de los datos experimentales cuyo valor ha sido constatado en muy diversas circunstancias. Básicamente es un procedimiento que permite dividir la varianza de la variable dependiente en dos o más componentes, cada uno de los cuales puede ser atribuido a una fuente (variable o factor) identificable.

Los modelos que permite construir el ANOVA pueden ser reducidos a la siguiente forma:

**(Valor observado) =  $\Sigma$  (efectos atribuibles) +  $\Sigma$  (efectos no atribuibles o residuales)**

El valor observado se refiere al que se obtiene en la variable cuantitativa dependiente. Los efectos atribuibles son parámetros o variables aleatorias que son el resultado de cambios en los factores o variables independientes y, por tanto, atribuibles a ellos. Aquellos efectos no atribuibles a ningún factor controlado se denominan efectos residuales o variables aleatorias residuales.

El ANOVA está basado en ciertos supuestos, unos más plausibles que otros, acerca de dichas variables aleatorias. Es evidente que cuantos más factores introduzcamos menos cantidad de variación residual (error) quedará por explicar. Pero siempre quedará alguna variación residual. Los supuestos en los que está basado respecto a la variación residual se resumen en los siguientes:

1. *El valor esperado de cada variable aleatoria residual es cero.* Esto significa que toda la variación de los valores esperados es debida a los parámetros (y/o variables aleatorias) que representan efectos atribuibles. En la mayor parte de las situaciones este supuesto no es incorrecto.
2. *Las variables aleatorias residuales son mutuamente independientes.* Significa que entre las observaciones no existe nexo alguno que no sea explicado por los factores controlados. El supuesto no es tan claramente correcto como el primero, pero se puede mantener razonablemente si los

individuos se eligen al azar y la medición se hace separadamente para cada uno.

3. *Todas las variables aleatorias residuales tienen la misma desviación típica.*

Es el llamado supuesto de **homocedasticidad** o de igualdad de varianzas. Es el menos viable, pues los métodos de medida producen variaciones de diferente magnitud y sabemos que los valores esperados están relacionados con las desviaciones típicas. Hay distintos métodos para conseguir que tal supuesto sea satisfecho:

- número igual de sujetos en los tratamientos
- transformación de las observaciones originales, etc.

4. *Toda variable aleatoria residual se distribuye normalmente.* Es probablemente, el menos válido de los cuatro. Sin embargo, se puede tolerar cierto alejamiento de la normalidad con mínimo efecto práctico sobre las propiedades del ANOVA.

Los modelos del ANOVA son muchos, pero no sirven para todas las situaciones. Tres son los criterios que se utilizan para clasificar los modelos:

**a) Número de factores:** Aquellos experimentos que utilizan una sola variable independiente o factor y una variable dependiente se analizan mediante varianza llamado de un factor, de clasificación simple, unidireccional o de una vía (one way). Se trata de comparar grupos o muestras que difieren sistemáticamente en un solo factor.

Si varios grupos o muestras se asignan a diferentes combinaciones de dos factores, el ANOVA correspondiente es llamado de dos factores, de clasificación doble, bidireccional o de dos vías (two way). Se trata de comparar grupos o muestras que difieren sistemáticamente en dos factores. Y así sucesivamente.

**b) Muestreo de niveles:** Como sabemos, el factor es la variable independiente o experimental controlada por el investigador. Puede tomar pocos o muchos valores o niveles, a cada uno de los cuales se asignan los grupos o muestras. Si se toman K niveles del factor, a cada uno se asignan las muestras y las inferencias se refieren exclusivamente a los K niveles y no a otros que podrían haber sido incluidos, el ANOVA se llama de **efectos fijos**, sistemático o

paramétrico. El interés del diseño se centra en saber si esos niveles concretos difieren entre sí.

Cuando los niveles son muchos y se seleccionan al azar  $K$  niveles, pero las inferencias se desean hacer respecto al total de niveles, el análisis de varianza se denomina de **efectos aleatorios**. La idea básica es que el investigador no tiene interés en niveles particulares del factor.

Cuando se utilizan dos factores, cada uno con varios niveles, uno de efectos fijos y otro de efectos aleatorios, el análisis de varianza es **mixto**.

**c) Tipo de aleatorización:** Sabemos que la aleatorización es el procedimiento por el cual las unidades experimentales (en general, los sujetos) se asignan al azar a los niveles del factor o tratamientos, de modo que todas ellas tengan la misma probabilidad de recibir un tratamiento o nivel determinado.

Esta aleatorización se puede llevar a cabo en el total de las observaciones o por bloques. Ello dará origen a dos tipos distintos de diseño experimental: completamente aleatorizado (CA) o aleatorizado en bloques (BA).

Cuando una variable extraña se utiliza para dividir a los sujetos en subgrupos o bloques se denomina variable de bloqueo. El objetivo es eliminar su efecto. Diseños más complejos pueden utilizar más de una variable de bloqueo. El bloqueo llevado a sus extremos puede ser aquel en el que un bloque son medidas de un único sujeto. Es decir, sólo un sujeto recibe todos los tratamientos, de modo que se eliminará mayor número de variables exógenas o extrañas. Este tipo de diseño se suele llamar de medidas repetidas o intrasujetos.

**En este caso de estudio introduciremos los datos en el programa informático SPSS v 15.0 (español) a través de los menús:**

Para un Anova unifactorial de efectos fijos la forma de proceder sería:

Menú **Analizar/** la opción **Modelo lineal general** y dentro de esta **Univariante**.

Esto proporciona un análisis de varianza para una variable dependiente y un factor concreto. La configuración del test sería como sigue:

-Modelo: personalizado, solo el factor de estudio. Si se incluye la intersección en el modelo (se considera que la media es cero).



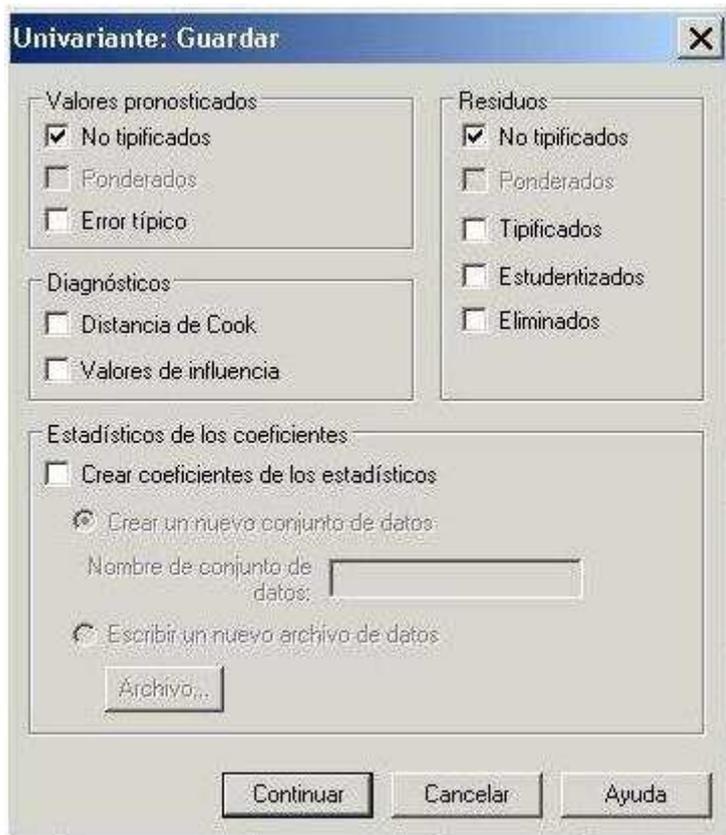
-Contrastes: ninguno por defecto

-Gráficos: ninguno por defecto.



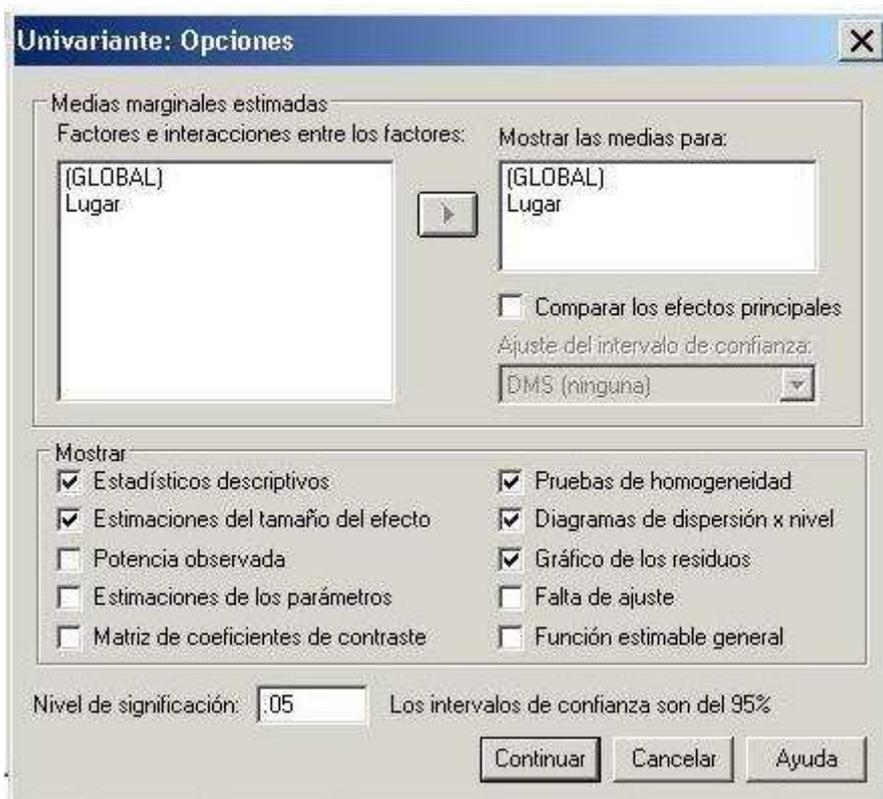
-Post hoc: ninguno por defecto (Duncan si fuera necesario a posteriori).

-Guardar: Residuales y valores pronosticados, ambos no tipificados, para gráficos de dispersión y Q-Q.



-Opciones:

-Estadísticos descriptivos (medias, desviaciones típicas)



-Pruebas de homogeneidad: es el test de Levene para comprobar supuesto de Homocedasticidad.

-Diagramas de dispersión por nivel: para verificar supuesto de homocedasticidad gráficamente.



## 4 - Toma de datos en campo:

### 4.1 Diseño en Campo:

Se definirán 3 zonas de trabajo atendiendo a la distribución espacial, en cada una de ellas se marcarán 3 puntos fijos (uno para cada receptor) y se observarán 3 bloques de mediciones de 30 observaciones cada una, repartidas en 2 días distintos.

La metodología de toma de datos será la siguiente: Se estacionará en los puntos fijos mediante trípode los 3 receptores a la vez. Para cada tipo de solución se medirán 3 bloques de 30 observaciones estáticas instantáneas en tiempo real, sin medias, con una cadencia aproximada de 1 observación cada

---

10'' (30 observaciones en 5 minutos). El orden de cada bloque será (repetido en horas distintas y/o días distintos):

- \* 5' VRS sin GLONASS
- \* 5' MAC
- \* 30' estación individual (30 observ. RTK +30 min. de postproceso para cálculo preciso)
- \* 5' VRS con GLONASS

En total 3 zonas x 2 días = 6 días de salidas de campo;

Nº total de observaciones teóricas =  $3240 = 4 \text{ tipos de solución} \times 3 \text{ zonas} \times 3 \text{ bloques temporales} \times 3 \text{ tipos de receptor} \times 30 \text{ observaciones individuales}$ .

## **4.2 Medición de campo**

En la práctica no se pudo observar datos VRS con GLONASS ni MAC para el nivel Topcon, por problemas de firmware, con lo que el nº total de observaciones fue de 2700.

En el Lugar Cisneros hubo diversos problemas de cortes de red que posiblemente afectaran a las mediciones, con lo cual en algunos test se eliminaron estos datos.



Toma de datos en Cisneros (Palencia)



Toma de datos en Cabezón de Pisuerga (Valladolid)



Toma de datos en Aranda de Duero (Burgos)

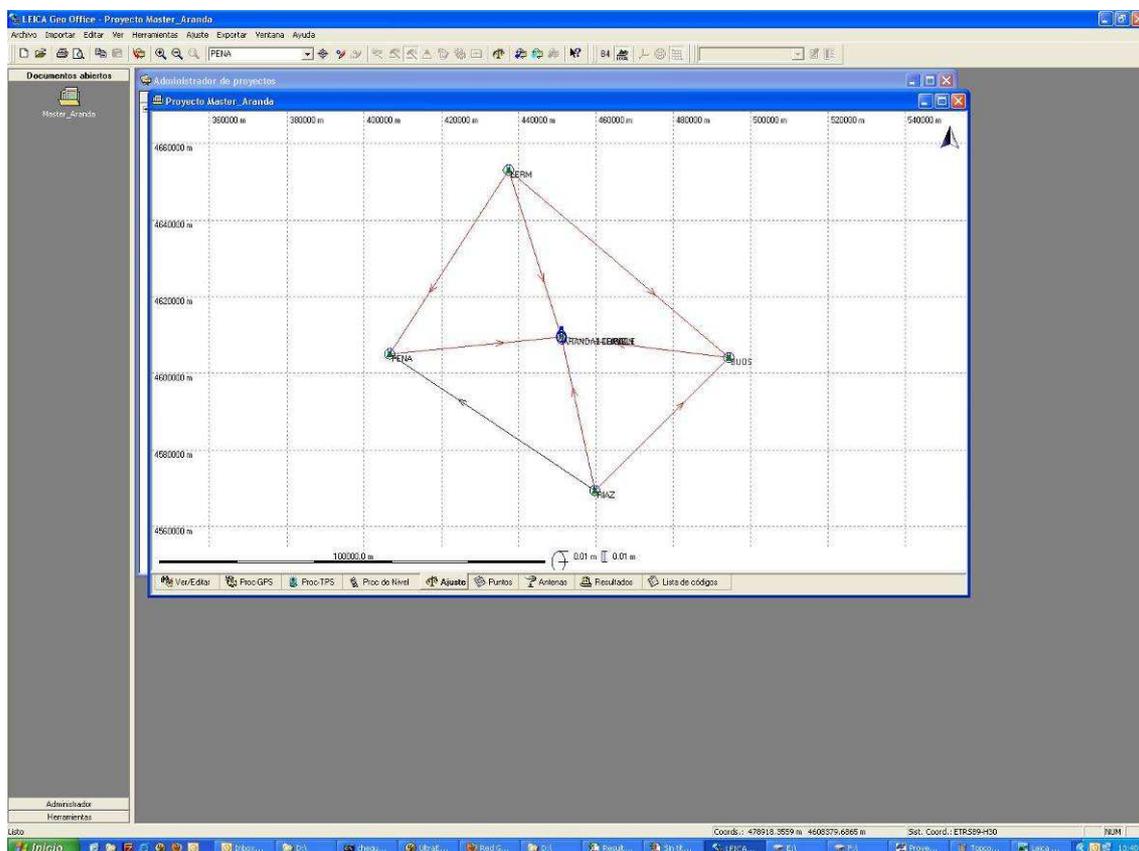
## 5. - Resultados:

### 5.1 Calculo de coordenadas de referencia

Este proceso debería ir en el apartado siguiente pero dado que parte del proceso se realiza en campo, lo incluimos aquí.

Para poder realizar los contrastes necesitamos calcular las diferencias en planimetría y altimetría entre las coordenadas de referencia y las observaciones en tiempo real. El cálculo de las coordenadas de referencia se efectuará en postproceso haciendo media de los 4 bloques de 30 minutos con 2 programas distintos para comprobar. Una vez extraídas las coordenadas se hará la media aritmética para la minimización de errores.

Los programas informáticos usados para calcular las coordenadas son el Leica Geoffice, y el Total Control de Topcom. Evidencia de ello son las figuras siguientes:



## Leica GeoOffice diseño

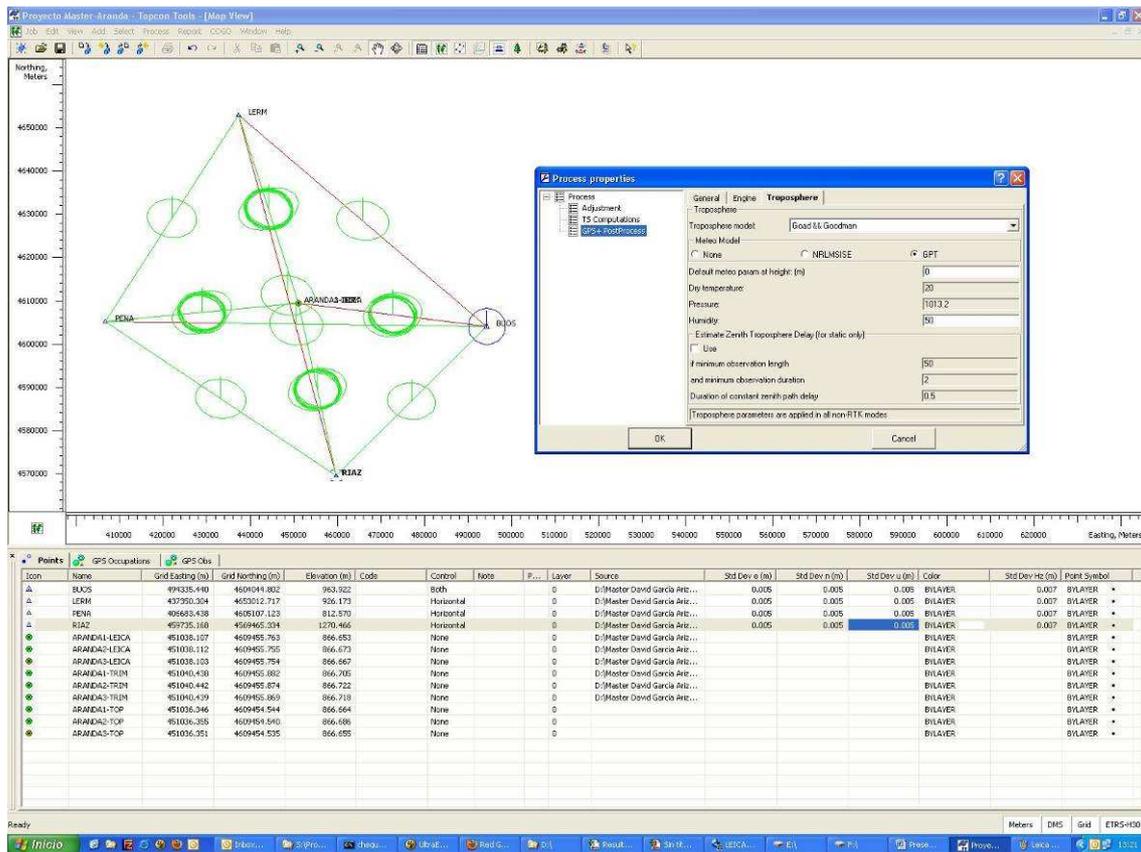
The screenshot displays the Leica GeoOffice interface. At the top, a menu bar includes 'Archivo', 'Dibujar', 'Editar', 'Ver', 'Herramientas', 'Proc-GPS', 'Exportar', 'Ventanas', and 'Ayuda'. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations and processing. A 'Documentos abiertos' sidebar on the left shows the current project 'Master\_Arandia'. The main workspace is divided into several panes:

- Administrador de proyectos:** A tree view showing the project structure with folders like 'Proyectos' and 'Librerías'.
- Tabla de puntos:** A table listing observation points with columns for 'Id de punto', 'Clase de punto', 'Lectura...', 'Tipo de antena', 'Inicio', 'Fin', and 'Duración'. The data is as follows:
 

Id de punto	Clase de punto	Lectura...	Tipo de antena	Inicio	Fin	Duración
RIAZ	Control	0.0000	LEIATS0406	09/07/2009 11:00:00	09/07/2009 14:59:59	3h 59' 59"
BLUOS	Control	0.0000	TRM55971J0	09/07/2009 11:00:00	09/07/2009 14:59:59	3h 59' 59"
LEMI	Control	0.0000	LEIA11202GG	09/07/2009 11:00:00	09/07/2009 14:59:59	3h 59' 59"
FEMA	Control	0.0000	LEIA11202GG	09/07/2009 11:00:00	09/07/2009 14:59:59	3h 59' 59"
ARANDIA1-TREMBLE	Ajustado	1.5100	TRM_R0_GMS5	09/07/2009 11:29:25	09/07/2009 12:04:45	35' 20"
ARANDIA1-TOPCON	Ajustado	1.3810	TPSGR3	09/07/2009 11:30:20	09/07/2009 12:04:35	34' 15"
ARANDIA1-LEICA	Ajustado	1.5130	LEIA11202GG	09/07/2009 11:30:32	09/07/2009 12:04:53	34' 21"
ARANDIA2-LEICA	Ajustado	1.5130	LEIA11202GG	09/07/2009 13:01:00	09/07/2009 13:32:14	32' 14"
ARANDIA2-TREMBLE	Ajustado	1.5100	TRM_R0_GMS5	09/07/2009 13:01:25	09/07/2009 13:32:25	32' 14"
ARANDIA2-TOPCON	Ajustado	1.3810	TPSGR3	09/07/2009 13:12:05	09/07/2009 13:42:25	30' 20"
ARANDIA3-TREMBLE	Ajustado	1.5100	TRM_R0_GMS5	09/07/2009 14:12:50	09/07/2009 14:48:35	35' 45"
ARANDIA3-LEICA	Ajustado	1.5130	LEIA11202GG	09/07/2009 14:12:21	09/07/2009 14:59:09	30' 47"
- Configurar parámetros procesamiento GPS:** A dialog box with tabs for 'General', 'Estrategia', 'Resultados avanzados', and 'Procesamiento automático'. The 'General' tab is active, showing settings for 'Frecuencia' (Automatic), 'Fijar anchuras hasta' (80 km), 'Duración mín. soluc. flotantes (seg)' (180), 'Intervalo de muestreo' (15), 'Modelo Topográfico' (Hipfield), 'Modelo Ionosférico' (Automático), and 'Elegir modelo estocástico' (checked). Other options include 'Distancia mínima' (0 km) and 'Activ. ionosférica' (Automático).

The bottom of the screen shows the Windows taskbar with the system clock at 10:18 on 09/07/2009.

## Leica GeoOffice ajuste y tiempos de observación



Topcon Tools configuración Postproceso

MEDICIÓN DE CISNEROS:

Coordenadas Postproceso

	X	Y	h elipsoidal
Leica1-GeoOffice	346851.550	4675046.648	841.632
Leica2-GeoOffice	346851.555	4675046.633	841.623
Leica3-GeoOffice	346851.556	4675046.643	841.638
Leica1-TopconTools	346851.549	4675046.644	841.650
Leica2-TopconTools	346851.557	4675046.635	841.640
Leica3-TopconTools	346851.556	4675046.644	841.643
<b>Media</b>	<b>346851.554</b>	<b>4675046.641</b>	<b>841.638</b>

<b>Desv. Estandar</b>	<b>0.003</b>	<b>0.006</b>	<b>0.009</b>
-----------------------	--------------	--------------	--------------

Topcon1-GeoOffice	346850.795	4675048.650	841.676
Topcon2-GeoOffice	346850.800	4675048.639	841.647
Topcon3-GeoOffice	346850.801	4675048.641	841.638
Topcon1-TopconTools	346850.795	4675048.645	841.690
Topcon2-TopconTools	346850.800	4675048.637	841.674
Topcon3-TopconTools	346850.795	4675048.648	841.670

<b>Media</b>	<b>346850.798</b>	<b>4675048.643</b>	<b>841.666</b>
--------------	-------------------	--------------------	----------------

<b>Desv. Estandar</b>	<b>0.003</b>	<b>0.005</b>	<b>0.019</b>
-----------------------	--------------	--------------	--------------

Trimble1-GeoOffice	346850.740	4675049.872	841.667
Trimble2-GeoOffice	346850.748	4675049.862	841.651
Trimble3-GeoOffice	346850.747	4675049.878	841.648
Trimble1-TopconTools	346850.739	4675049.872	841.681
Trimble2-TopconTools	346850.747	4675049.863	841.662
Trimble3-TopconTools	346850.747	4675049.879	841.657

<b>Media</b>	<b>346850.744</b>	<b>4675049.871</b>	<b>841.661</b>
--------------	-------------------	--------------------	----------------

<b>Desv .Estandar</b>	<b>0.004</b>	<b>0.007</b>	<b>0.012</b>
-----------------------	--------------	--------------	--------------

## MEDICIÓN DE CABEZÓN:

### Coordenadas Postproceso

	X	Y	h elipsoidal
Leica1-GeoOffice	364011.716	4624151.633	758.111
Leica2-GeoOffice	364011.714	4624151.631	758.107
Leica3-GeoOffice	364011.717	4624151.634	758.117
Leica1-TopconTools	364011.714	4624151.629	758.120
Leica2-TopconTools	364011.706	4624151.623	758.128
Leica3-TopconTools	364011.714	4624151.625	758.135
<b>Media</b>	<b>364011.713</b>	<b>4624151.629</b>	<b>758.120</b>
<b>Desv. Estandar</b>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>	<b>0.010</b>

Topcon1-GeoOffice	364010.964	4624149.692	758.126
Topcon2-GeoOffice	364010.963	4624149.696	758.123
Topcon3-GeoOffice	364010.964	4624149.693	758.130
Topcon1-TopconTools	364010.961	4624149.69	758.136
Topcon2-TopconTools	364010.954	4624149.687	758.145
Topcon3-TopconTools	364010.962	4624149.688	758.156
<b>Media</b>	<b>364010.961</b>	<b>4624149.691</b>	<b>758.136</b>
<b>Desv. Estandar</b>	<b>0.004</b>	<b>0.003</b>	<b>0.012</b>

Trimble1-GeoOffice	364011.988	4624148.293	758.097
Trimble2-GeoOffice	364011.989	4624148.296	758.092
Trimble3-GeoOffice	364011.992	4624148.294	758.104
Trimble1-TopconTools	364011.987	4624148.29	758.105
Trimble2-TopconTools	364011.981	4624148.288	758.107
Trimble3-TopconTools	364011.989	4624148.287	758.115
<b>Media</b>	<b>364011.988</b>	<b>4624148.292</b>	<b>758.103</b>
<b>Desv .Estandar</b>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>	<b>0.008</b>

## MEDICIÓN DE ARANDA

### Coordenadas Postproceso

	X	Y	h elipsoidal
Leica1-GeoOffice	451038.103	4609455.764	866.661
Leica2-GeoOffice	451038.107	4609455.759	866.664
Leica3-GeoOffice	451038.108	4609455.759	866.653
Leica1-TopconTools	451038.101	4609455.765	866.667
Leica2-TopconTools	451038.107	4609455.758	866.670
Leica3-TopconTools	451038.104	4609455.756	866.673
<b>Media</b>	<b>451038.105</b>	<b>4609455.760</b>	<b>866.665</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>0.003</b>	<b>0.004</b>	<b>0.007</b>

Topcon1-GeoOffice	451036.344	4609454.546	866.660
Topcon2-GeoOffice	451036.349	4609454.547	866.659
Topcon3-GeoOffice	451036.348	4609454.537	866.654
Topcon1-TopconTools	451036.341	4609454.546	866.675
Topcon2-TopconTools	451036.35	4609454.545	866.679
Topcon3-TopconTools	451036.35	4609454.536	866.671

<b>Media</b>	<b>451036.347</b>	<b>4609454.543</b>	<b>866.666</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>0.004</b>	<b>0.005</b>	<b>0.010</b>

Trimble1-GeoOffice	451040.438	4609455.882	866.713
Trimble2-GeoOffice	451040.436	4609455.879	866.716
Trimble3-GeoOffice	451040.439	4609455.873	866.714
Trimble1-TopconTools	451040.435	4609455.884	866.716
Trimble2-TopconTools	451040.437	4609455.878	866.719
Trimble3-TopconTools	451040.438	4609455.871	866.719

<b>Media</b>	<b>451040.437</b>	<b>4609455.878</b>	<b>866.716</b>
<b>Desv .Estándar</b>	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>	<b>0.002</b>

Los siguientes parámetros son la codificación de los experimentos realizados en este proyecto según las variables observadas. Estos datos están recogidos en el apéndice final.

### **CODIGOS**

#### **Lugar**

- L1 Cisneros = triángulo normal
- L2 Aranda = triángulo grande
- L3 Cabezón= base cercana = 8.5 km

#### **Receptor**

- A Leica GRX1200GGPRO
- B Topcon GR3
- C Trimble R8

#### **Solución**

- I VRS\_sin\_GLONASS

- J VRS\_con\_GLONASS
- K MAC (MAX)
- L Estación Individual sin GLONASS

### Tiempo

- 7 1º bloque de mediciones
- 8 2º bloque de mediciones
- 9 3º bloque de mediciones

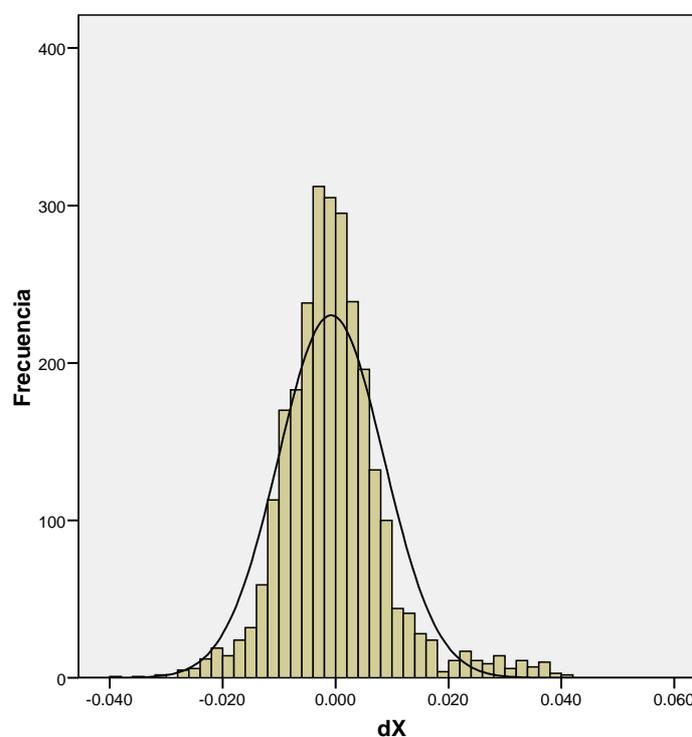
## 5.2 - ESTADÍSTICAS CALIDAD TIEMPO REAL EN LA RED GNSS

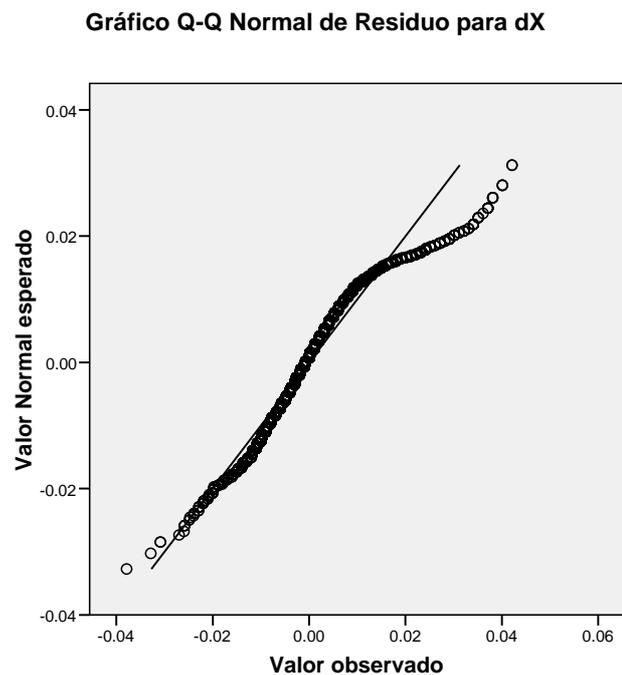
### DESVIACIÓN EN “ X ”

1º: Estudio de normalidad:

Sobre una muestra poblacional de 2700 datos (ya eliminados los de Topcon de las soluciones J,K, por estar incompletas en el factor Lugar y además el MAC no estaba soportado ).

A la vista del histograma y el gráfico Q-Q de residuales se observa que sigue distribución normal con una ligera desviación, con lo que se concluye que no impide realizar el test del ANOVA (el ANOVA es bastante robusto frente a pequeñas desviaciones de la normalidad, no así de homocedasticidad). Esta conclusión es válida para todos los test sobre las desviaciones en X (de todos los factores), mientras no varíe la muestra.





### 5.2.1 - Factor LUGAR:

2º : Estudio de homocedasticidad: No pasa el test de Levene (significación =valor  $p= 0.000 < 0.05$ ) por lo tanto no cumple homocedasticidad. Comprobado con el gráfico de dispersión de residuales de cada nivel (adjunto a continuación).

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Lugar	Media	Desv. típ.	N
Cisneros	-,00112	,012966	900
Aranda	-,00100	,007287	900
Cabezón	-,00028	,006408	900
Total	-,00080	,009354	2700

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
124,545	2	2697	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Lugar

**2º Eliminación del nivel con mayor desviación típica (Cisneros)**

Sigue sin pasar el test de homocedasticidad después de eliminar el nivel Cisneros.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Lugar	Media	Desv. típ.	N
Aranda	-,00100	,007287	900
Cabezón	-,00028	,006408	900
Total	-,00064	,006869	1800

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
20,184	1	1798	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Lugar

**3º Conclusiones respecto dispersión:**

El factor LUGAR afecta significativamente a la dispersión de los datos, y no sigue la tendencia natural de a mayor cercanía de la base menor desviación, pues Cisneros está mas cerca que Aranda y sin embargo su desv. típica es mayor. Esto implica que otras fuentes de variación extrañas (ionosfera, caídas red, etc.) pueden aumentar la dispersión en zonas relativamente cercanas.

El nivel Aranda presenta valores de desviación parecidos a los de la estación cercana (Cabezón) lo cual indica que la red está funcionando bien a la hora de generar correcciones ionosféricas y troposféricas a grandes distancias.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

No se pueden realizar estudios sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles del factor LUGAR).

### 5.2.2 - Factor RECEPTOR:

1º No pasa el test de homocedasticidad.  $0.019 < 0.05$ .

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dX

Receptor	Media	Desv. típ.	N
Leica	-,00158	,009286	1080
Topcon	,00191	,010063	540
Trimble	-,00137	,008800	1080
Total	-,00080	,009354	2700

#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>

Variable dependiente: dX

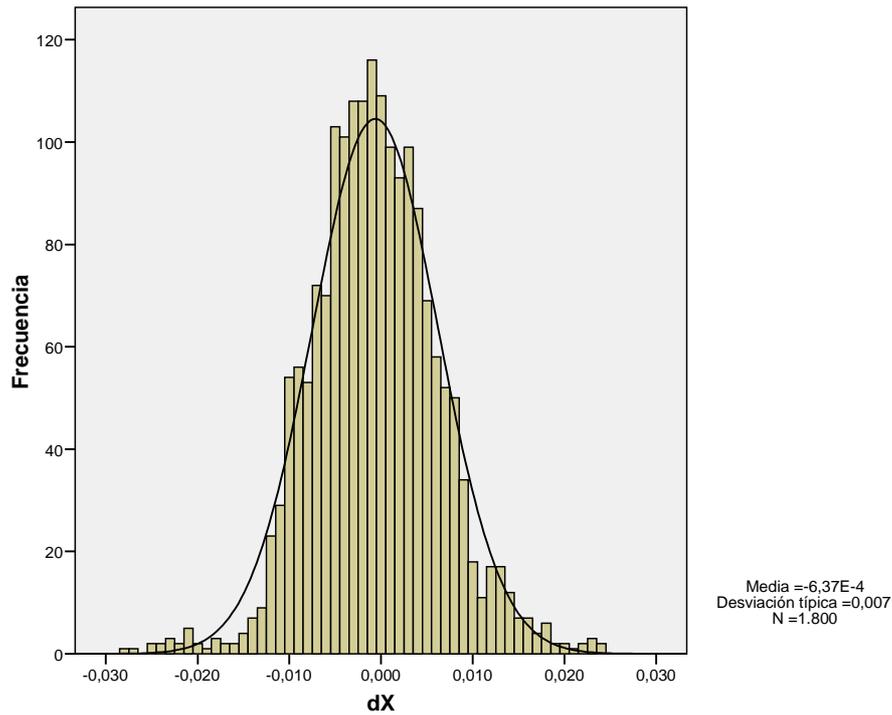
F	gl1	gl2	Significación
3,949	2	2697	,019

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

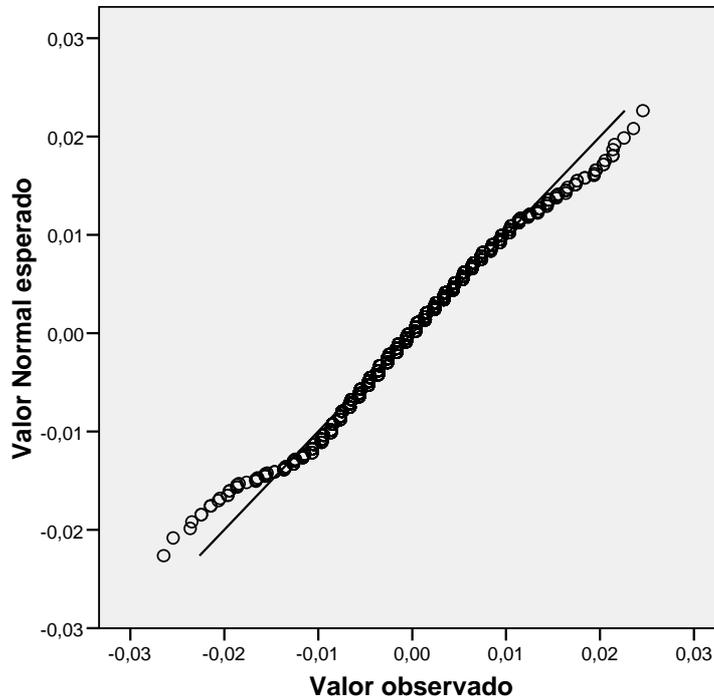
a. Diseño: Intersección+Receptor

2º Eliminación del nivel Cisneros del factor Lugar, que se sospecha que afecta negativamente a la dispersión de otros factores: Una vez eliminado Cisneros, sí pasa el test de homocedasticidad para Leica + Topcon+Trimble  $0.295 > 0.05$ , además este conjunto de datos se ajusta mejor a la distribución normal, según se ve en el histograma y gráfico Q-Q.

Histograma (comprobación de supuesto de normalidad):



**Gráfico Q-Q Normal de Residuo para dX**



3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor RECEPTOR no afecta significativamente a la dispersión de los datos (= no hay diferencias significativas en la varianza entre los niveles :Leica,

Topcon y Trimble), una vez eliminado el nivel Cisneros del factor Lugar, que parece presentar datos anómalos en cuanto a la dispersión, con lo que se pasa al test del ANOVA con los 3 niveles:

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

El factor RECEPTOR es significativo respecto a la media, esto es, alguna de las medias de los niveles difiere significativamente del resto, o dicho de otro modo, alguno de los niveles influye de manera significativa en la exactitud (diferencia dX respecto al valor 0) de los datos.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Receptor	Media	Desv. típ.	N
Leica	-,00137	,006457	720
Topcon	,00264	,006643	360
Trimble	-,00155	,006897	720
Total	-,00064	,006869	1800

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>**

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
1,221	2	1797	,295

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Receptor

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: dX

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	,005 <sup>a</sup>	2	,002	54,553	,000
Intersección	1,32E-005	1	1,32E-005	,297	,586
Receptor	,005	2	,002	54,553	,000
Error	,080	1797	4,45E-005		
Total	,086	1800			
Total corregida	,085	1799			

a. R cuadrado = ,057 (R cuadrado corregida = ,056)

**5.2.3 - Factor SOLUCIÓN:**

0 ° Se elimina previamente los datos de Cisneros, nº total de datos = 1800

1 ° No pasa el test de homocedasticidad 0.000 < 0.05

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Solucion	Media	Desv. típ.	N
VRS sin GLONASS	-,00160	,004946	540
VRS con GLONASS	-,00276	,007060	360
MAC	-,00200	,005842	360
Individual sin GLONASS	,00265	,007815	540
Total	-,00064	,006869	1800

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
25,886	3	1796	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Solucion

2º Eliminación de los niveles con mayor desviación típica (VRS con GLONASS= J, Individual sin GLONASS=L), también se probó eliminando los datos Topcon, y en todos los casos sigue sin pasar el test de homocedasticidad con  $I+K$   $0.000 > 0.05$

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Solucion	Media	Desv. típ.	N
VRS sin GLONASS	-,00160	,004946	540
MAC	-,00200	,005842	360
Total	-,00176	,005323	900

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
14,879	1	898	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Solucion

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor SOLUCION afecta significativamente a la dispersión de los datos, siendo el nivel Individual sin GLONASS el de mayor desv. típica, seguido del

VRS con GLONASS, del MAC y el de menor desv. típica es el VRS sin GLONASS. Esta tendencia coincide con lo esperado, pues la estación individual al no tener correcciones adicionales debe presentar una varianza mayor, y el VRS al introducir GLONASS puede generarse un mayor ruido en los datos.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

No se pueden realizar estudios sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles del factor SOLUCION).

### 5.2.4 - Factor TIEMPO:

0 ° Se elimina previamente los datos de Cisneros, nº total de datos = 1800

1 ° No pasa el test de homocedasticidad.  $0.000 < 0.05$ .

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dX

Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Tiempo 4	-,00102	,006794	300
Tiempo 5	-,00082	,007428	300
Tiempo 6	-,00116	,007631	300
Tiempo 7	,00075	,007931	300
Tiempo 8	,00062	,005006	300
Tiempo 9	-,00220	,005468	300
Total	-,00064	,006869	1800

#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error <sup>a</sup>

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
15,689	5	1794	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Tiempo

2º Eliminación de los niveles con mayor desviación típica (Tiempo 1,2,3 =Cisneros; Tiempo 7,8,9= Cabezón)

Pasa el test de homocedasticidad con tiempos 4,5,6=Aranda 0.717>0.05

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor TIEMPO afecta significativamente a la dispersión de los datos, siendo los tiempos de Cabezón y Cisneros los de mayor desv. típica. Los tiempos de Aranda no tienen diferencias significativas en la varianza, con lo que se pasa al test del ANOVA con estos 3 niveles (4,5,6)

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

El factor Tiempo no es significativo respecto a los niveles 4+5+6, esto es, la media no varía significativamente en alguno de estos niveles.

**Factores inter-sujetos**

	Etiqueta del valor	N
Tiempo 4	Tiempo 4	300
5	Tiempo 5	300
6	Tiempo 6	300

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Tiempo 4	-,00102	,006794	300
Tiempo 5	-,00082	,007428	300
Tiempo 6	-,00116	,007631	300
Total	-,00100	,007287	900

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
,332	2	897	,717

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Tiempo

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: dX

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	1,76E-005 <sup>a</sup>	2	8,80E-006	,166	,847
Intersección	,001	1	,001	16,881	,000
Tiempo	1,76E-005	2	8,80E-006	,166	,847
Error	,048	897	5,32E-005		
Total	,049	900			
Total corregida	,048	899			

a. R cuadrado = ,000 (R cuadrado corregida = -,002)

**5.2.5 - TEST DEL ANOVA MULTIFACTORIAL PARA dX:**

Se realiza con los factores y niveles que pasaron el test de homocedasticidad:

-Factor RECEPTOR: niveles: Leica, Topcon, Trimble

-Factor TIEMPO: niveles 4,5,6

-Factor LUGAR: no pasó el test, se hace con Aranda, que corresponde a los niveles 4,5,6 del factor tiempo.

-Factor Solución: no pasó el test, se hace con un único nivel: VRS sin GLONASS, del cual hay datos para los 3 receptores.

**Factores inter-sujetos**

	Etiqueta del valor	N	
Receptor	A	Leica	90
	B	Topcon	90
	C	Trimble	90
Tiempo	4	Tiempo 4	90
	5	Tiempo 5	90
	6	Tiempo 6	90

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Receptor	Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Leica	Tiempo 4	-.00353	.002374	30
	Tiempo 5	-.00337	.002092	30
	Tiempo 6	-.00637	.003499	30
	Total	-.00442	.003028	90
Topcon	Tiempo 4	.00403	.003548	30
	Tiempo 5	.00100	.002948	30
	Tiempo 6	.00427	.004820	30
	Total	.00310	.004092	90
Trimble	Tiempo 4	-.00663	.002895	30
	Tiempo 5	-.00460	.003500	30
	Tiempo 6	-.00527	.004456	30
	Total	-.00550	.003730	90
Total	Tiempo 4	-.00204	.005382	90
	Tiempo 5	-.00232	.003753	90
	Tiempo 6	-.00246	.006410	90
	Total	-.00227	.005279	270

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

<sup>a</sup>

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
5.788	8	261	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Receptor+Tiempo

1º No pasa el test de homocedasticidad (Levene):  $0.000 < 0.05$ .

Se elimina el nivel Topcon y sigue sin pasar, se elimina el nivel Tiempo 6 y tampoco pasa.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dX

Receptor	Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Leica	Tiempo 4	-.00353	.002374	30
	Tiempo 5	-.00337	.002092	30
	Total	-.00345	.002220	60
Trimble	Tiempo 4	-.00663	.002895	30
	Tiempo 5	-.00460	.003500	30
	Total	-.00562	.003345	60
Total	Tiempo 4	-.00508	.003055	60
	Tiempo 5	-.00398	.002926	60
	Total	-.00453	.003029	120

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

<sup>a</sup>

Variable dependiente: dX

F	gl1	gl2	Significación
3.730	3	116	.013

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Receptor+Tiempo+Receptor \* Tiempo

2º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

No se pueden hacer estimaciones sobre los efectos principales e interacciones de cada factor, esto es sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles de cada factor).

Solo podemos afirmar que el factor RECEPTOR es significativo respecto a la media, esto es, afecta a la exactitud de las medidas.

**5.3 - ESTADÍSTICAS CALIDAD TIEMPO REAL EN LA RED GNSS DESVIACIÓN EN “Y”**

1º: Estudio de normalidad:

Sobre una muestra poblacional de 2700 datos (ya eliminados los de Topcon de las soluciones J,K, por estar incompletas en el factor Lugar y además el MAC no estaba soportado ).

A la vista del histograma y el gráfico Q-Q de residuales se observa que sigue distribución normal con una ligera desviación, con lo que se concluye que no impide realizar el test del ANOVA (el ANOVA es bastante robusto frente a pequeñas desviaciones de la normalidad, no así de homocedasticidad). Esta conclusión es válida para todos los test sobre las desviaciones en Y (de todos los factores), mientras no varíe la muestra.

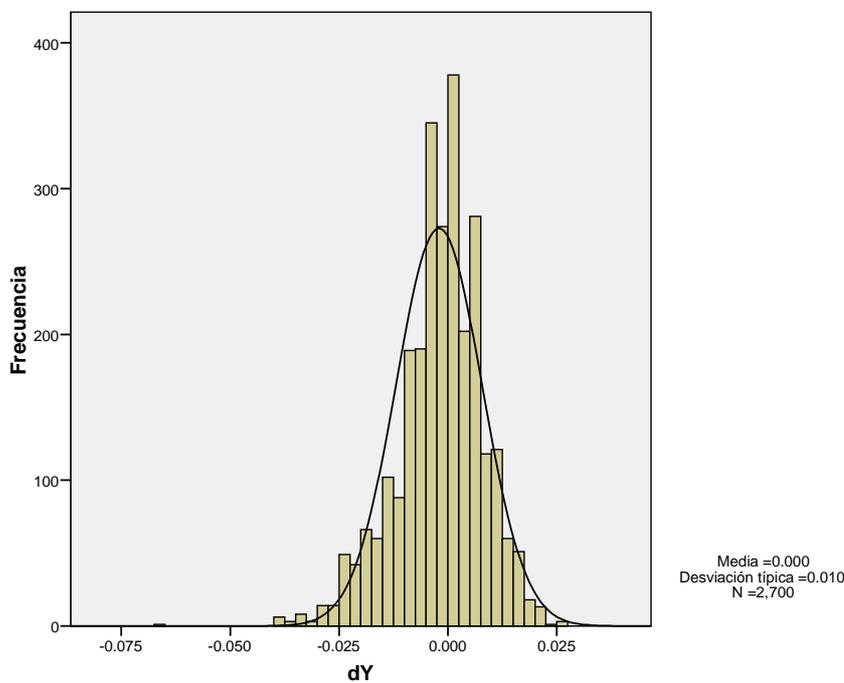
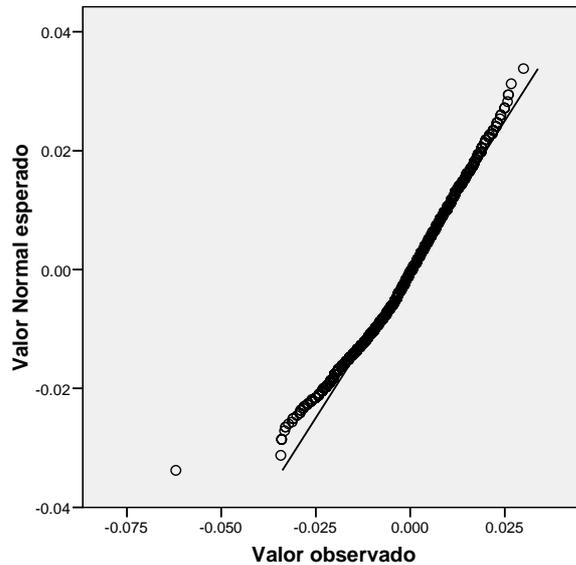


Gráfico Q-Q Normal de Residuo para dY



### 5.3.1 - Factor LUGAR:

1º : Estudio de homocedasticidad: No pasa el test de Levene (significación =valor p= 0.000 < 0.05) por lo tanto no cumple homocedasticidad. Comprobado con el gráfico de dispersión de residuales de cada nivel (adjunto a continuación).

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dY

Lugar	Media	Desv. típ.	N
Cisneros	-.00498	.011332	900
Aranda	-.00077	.010377	900
Cabezón	-.00046	.006605	900
Total	-.00207	.009871	2700

#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

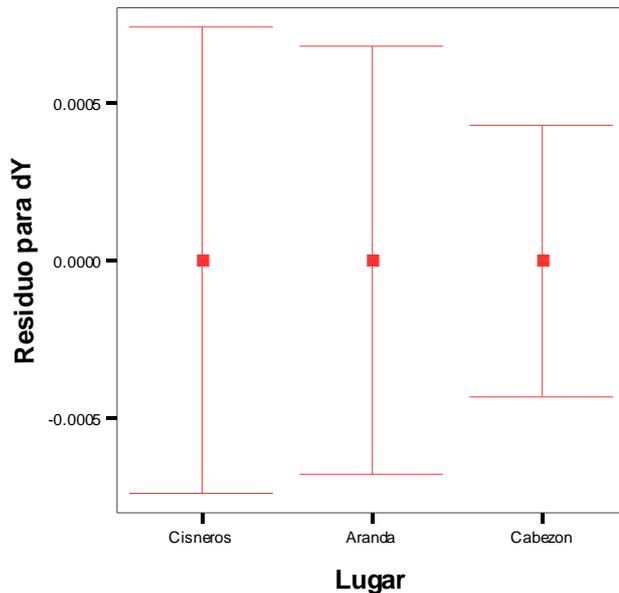
a

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
96.281	2	2697	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Lugar



2º Eliminación del nivel con menor desviación típica (Cabezón)

Sigue sin pasar el test de homocedasticidad después de eliminar el nivel Cabezón.

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor LUGAR afecta significativamente a la dispersión de los datos, y sigue la tendencia natural de a mayor cercanía de la base menor desv. típica (caso de Cabezón), sin embargo Aranda debería tener mayor desv. que Cisneros y no es el caso. Esto implica que otras fuentes de variación extrañas (ionosfera, caídas red, etc.) pueden aumentar la dispersión en zonas relativamente cercanas (caso de Cisneros).

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

No se pueden realizar estudios sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles del factor LUGAR).

### 5.3.2 - Factor RECEPTOR:

1º No pasa el test de homocedasticidad.  $0.000 < 0.05$ .

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dY

Receptor	Media	Desv. típ.	N
Leica	-.00238	.008772	1080
Topcon	.00265	.008776	540
Trimble	-.00412	.010623	1080
Total	-.00207	.009871	2700

#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error <sup>a</sup>

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
15.619	2	2697	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Receptor

2º Eliminación del nivel Trimble, sí pasa el test de homocedasticidad para Leica + Topcon  $0.416 > 0.05$

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor RECEPTOR afecta significativamente a la dispersión de los datos (= hay diferencias significativas en la varianza entre los niveles :Leica, Topcon y Trimble), siendo el nivel Trimble el de mayor desv. típica, no habiendo diferencias significativas entre Topcon y Leica.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

Se ejecuta sobre los niveles Leica+Topcon, y resulta que el factor RECEPTOR es significativo respecto a la media, esto es, alguna de las medias de estos dos niveles difiere significativamente del resto, o dicho de otro modo, alguno de los niveles influye de manera significativa en la exactitud (diferencia dX respecto al valor 0) de los datos.

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dY

Receptor	Media	Desv. típ.	N
Leica	-,00238	,008772	1080
Topcon	,00265	,008776	540
Total	-,00070	,009085	1620

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
,663	1	1618	,416

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Receptor

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: dY

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	,009 <sup>a</sup>	1	,009	118,049	,000
Intersección	2,67E-005	1	2,67E-005	,347	,556
Receptor	,009	1	,009	118,049	,000
Error	,125	1618	7,70E-005		
Total	,134	1620			
Total corregida	,134	1619			

a. R cuadrado = ,068 (R cuadrado corregida = ,067)

**5.3.3 - Factor SOLUCIÓN:**

1<sup>o</sup> No pasa el test de homocedasticidad 0.000 < 0.05

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dY

Solucion	Media	Desv. típ.	N
VRS sin GLONASS	-.00113	.008375	810
VRS con GLONASS	-.00307	.010862	540
MAC	-.00156	.009377	540
Individual sin GLONASS	-.00268	.010753	810
Total	-.00207	.009871	2700

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
31.630	3	2696	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Solucion

2º Eliminación de los niveles con mayor desviación típica (VRS con GLONASS= J, Individual sin GLONASS=L), pasa el test de homocedasticidad con  $I+K \ 0.327 > 0.05$

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor SOLUCION afecta significativamente a la dispersión de los datos, siendo el nivel de mayor desv. típica VRS con GLONASS, junto al Individual sin GLONASS. Por otro lado los niveles MAC y VRS sin GLONASS no presentan diferencias significativas respecto a la desv. típica. Esta tendencia coincide con lo esperado, pues la estación individual al no tener correcciones adicionales debe presentar una varianza mayor, y el VRS al introducir GLONASS puede generarse un mayor ruido en los datos.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

Se ejecuta sobre los niveles VRS sin GLONASS+MAC, y resulta que el factor SOLUCION no es significativo respecto a la media, esto es, ninguno de los niveles influye de manera significativa en la media = exactitud (diferencia dY respecto al valor 0) de los datos.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dY

Solucion	Media	Desv. típ.	N
VRS sin GLONASS	-,00113	,008375	810
MAC	-,00156	,009377	540
Total	-,00130	,008789	1350

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
,962	1	1348	,327

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Solucion

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: dY

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	5,81E-005 <sup>a</sup>	1	5,81E-005	,752	,386
Intersección	,002	1	,002	30,294	,000
Solucion	5,81E-005	1	5,81E-005	,752	,386
Error	,104	1348	7,73E-005		
Total	,106	1350			
Total corregida	,104	1349			

a. R cuadrado = ,001 (R cuadrado corregida = ,000)

**5.3.4 - Factor TIEMPO:**

1 ° No pasa el test de homocedasticidad. 0.000 < 0.05.

**Factores inter-sujetos**

	Etiqueta del valor	N
Tiempo 1	Tiempo 1	300
2	Tiempo 2	300
3	Tiempo 3	300
4	Tiempo 4	300
5	Tiempo 5	300
6	Tiempo 6	300
7	Tiempo 7	300
8	Tiempo 8	300
9	Tiempo 9	300

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dY

Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Tiempo 1	-.00413	.010238	300
Tiempo 2	-.00486	.013895	300
Tiempo 3	-.00596	.009303	300
Tiempo 4	.00298	.007060	300
Tiempo 5	-.00755	.010613	300
Tiempo 6	.00228	.009575	300
Tiempo 7	.00093	.006305	300
Tiempo 8	-.00277	.006898	300
Tiempo 9	.00046	.005973	300
Total	-.00207	.009871	2700

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error <sup>a</sup>**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
47.060	8	2691	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Tiempo

2º Eliminación de los niveles con mayor desviación típica (Tiempo 1,2,3 =Cisneros; Tiempo 4,5,6 = Aranda)

Pasa el test de homocedasticidad con tiempos 7,8,9 =Cabezón  $0.157 > 0.05$

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor TIEMPO afecta significativamente a la dispersión de los datos, siendo los tiempos de Cabezón y Aranda los de mayor desv. típica. Los tiempos de Cabezón no tienen diferencias significativas en la varianza, con lo que se pasa al test del ANOVA con estos 3 niveles (7,8,9)

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

El factor Tiempo es significativo respecto a los niveles 7+8+9, esto es, la media varía significativamente en alguno de estos niveles.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dY

Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Tiempo 7	,00093	,006305	300
Tiempo 8	-,00277	,006898	300
Tiempo 9	,00046	,005973	300
Total	-,00046	,006605	900

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
1,858	2	897	,157

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Tiempo

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: dY

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	,002 <sup>a</sup>	2	,001	29,798	,000
Intersección	,000	1	,000	4,622	,032
Tiempo	,002	2	,001	29,798	,000
Error	,037	897	4,10E-005		
Total	,039	900			
Total corregida	,039	899			

a. R cuadrado = ,062 (R cuadrado corregida = ,060)

**5.3.5 - TEST DEL ANOVA MULTIFACTORIAL PARA dY:**

Se realiza con los factores y niveles que pasaron el test de homocedasticidad:

-Factor RECEPTOR: niveles: Leica, Topcon

-Factor TIEMPO: niveles 7,8,9

-Factor LUGAR: no pasó el test, se hace con Cabezon, que corresponde a los niveles 7,8,9 del factor tiempo.

-Factor SOLUCION: niveles: VRS sin GLONASS, MAC

**Factores inter-sujetos**

	Etiqueta del valor	N	
Receptor	A	Leica	180
	B	Topcon	90
Solucion	I	VRS sin GLONASS	180
	K	MAC	90
	Tiempo	7	Tiempo 7
	8	Tiempo 8	90
	9	Tiempo 9	90

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dY

Receptor	Solucion	Tiempo	Media	Desv. típ.	N	
Leica	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	-.00153	.004289	30	
		Tiempo 8	-.00573	.004283	30	
		Tiempo 9	.00160	.002621	30	
		Total	-.00189	.004831	90	
	MAC	Tiempo 7	-.00360	.005727	30	
		Tiempo 8	-.00047	.003071	30	
		Tiempo 9	.00007	.003939	30	
		Total	-.00133	.004633	90	
	Total	Tiempo 7	-.00257	.005123	60	
		Tiempo 8	-.00310	.004550	60	
		Tiempo 9	.00083	.003406	60	
		Total	-.00161	.004728	180	
Topcon	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	-.00020	.003986	30	
		Tiempo 8	-.00680	.007270	30	
		Tiempo 9	.00257	.004141	30	
		Total	-.00148	.006603	90	
	Total	Tiempo 7	-.00020	.003986	30	
		Tiempo 8	-.00680	.007270	30	
		Tiempo 9	.00257	.004141	30	
		Total	-.00148	.006603	90	
	Total	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	-.00087	.004160	60
			Tiempo 8	-.00627	.005940	60
			Tiempo 9	.00208	.003470	60
			Total	-.00168	.005773	180
MAC		Tiempo 7	-.00360	.005727	30	
		Tiempo 8	-.00047	.003071	30	
		Tiempo 9	.00007	.003939	30	
		Total	-.00133	.004633	90	
Total		Tiempo 7	-.00178	.004882	90	
		Tiempo 8	-.00433	.005833	90	
		Tiempo 9	.00141	.003735	90	
		Total	-.00157	.005413	270	

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
6.230	8	261	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

- a. Diseño: Receptor+Solucion+Tiempo+Receptor \* Solucion+Receptor \* Tiempo+Solucion \* Tiempo+Receptor \* Solucion \* Tiempo

1º No pasa el test de homocedasticidad (Levene):  $0.000 < 0.05$ .

Se elimina el nivel MAC y sigue sin pasar, se elimina el nivel Tiempo 8 y tampoco pasa ( $0.019 < 0.05$ ).

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dY

Receptor	Solucion	Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Leica	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	-.00153	.004289	30
		Tiempo 9	.00160	.002621	30
		Total	.00003	.003862	60
	Total	Tiempo 7	-.00153	.004289	30
		Tiempo 9	.00160	.002621	30
		Total	.00003	.003862	60
Topcon	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	-.00020	.003986	30
		Tiempo 9	.00257	.004141	30
		Total	.00118	.004265	60
	Total	Tiempo 7	-.00020	.003986	30
		Tiempo 9	.00257	.004141	30
		Total	.00118	.004265	60
Total	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	-.00087	.004160	60
		Tiempo 9	.00208	.003470	60
		Total	.00061	.004092	120
	Total	Tiempo 7	-.00087	.004160	60
		Tiempo 9	.00208	.003470	60
		Total	.00061	.004092	120

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dY

F	gl1	gl2	Significación
3.434	3	116	.019

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

- a. Diseño:  
 Intersección+Receptor+Solucion+Tiempo+Receptor \*  
 Solucion+Receptor \* Tiempo+Solucion \* Tiempo

**2º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):**

No se pueden hacer estimaciones sobre los efectos principales e interacciones de cada factor, esto es sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles de cada factor).

Solo podemos afirmar que los factores y niveles: RECEPTOR (Leica+Topcon), TIEMPO (7,8,9) son significativos respecto a la media, esto es, afectan a la exactitud de las medidas.

## **5.4 - ESTADÍSTICAS CALIDAD TIEMPO REAL EN LA RED GNSS DESVIACIÓN EN "Z"**

### 1º: Estudio de normalidad:

Sobre una muestra poblacional de 2700 datos (ya eliminados los de Topcon de las soluciones J,K, por estar incompletas en el factor Lugar y además el MAC no estaba soportado ).

A la vista del histograma y el gráfico Q-Q de residuales se observa que sigue distribución normal con una ligera desviación, con lo que se concluye que no impide realizar el test del ANOVA (el ANOVA es bastante robusto frente a pequeñas desviaciones de la normalidad, no así de homocedasticidad). Esta conclusión es válida para todos los tests sobre las desviaciones en Z (de todos los factores), mientras no varíe la muestra.

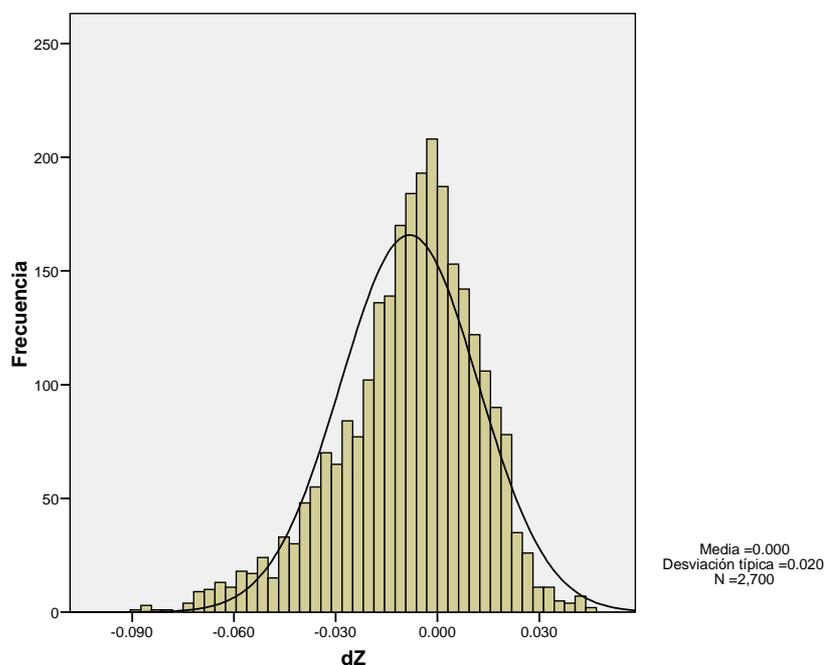
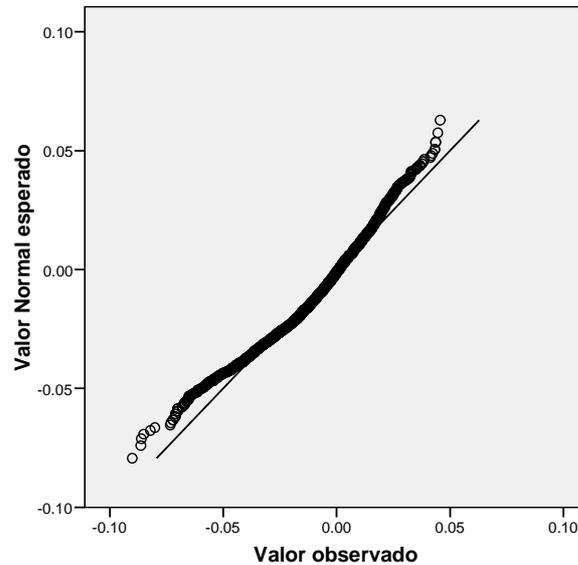


Gráfico Q-Q Normal de dZ



### 5.4.1 - Factor LUGAR:

1º : Estudio de homocedasticidad: No pasa el test de Levene (significación =valor p= 0.000 < 0.05) por lo tanto no cumple homocedasticidad. Comprobado con el gráfico de dispersión de residuales de cada nivel (adjunto a continuación).

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dZ

Lugar	Media	Desv. típ.	N
Cisneros	-.01934	.022963	900
Aranda	-.00232	.016219	900
Cabezón	-.00318	.016250	900
Total	-.00828	.020310	2700

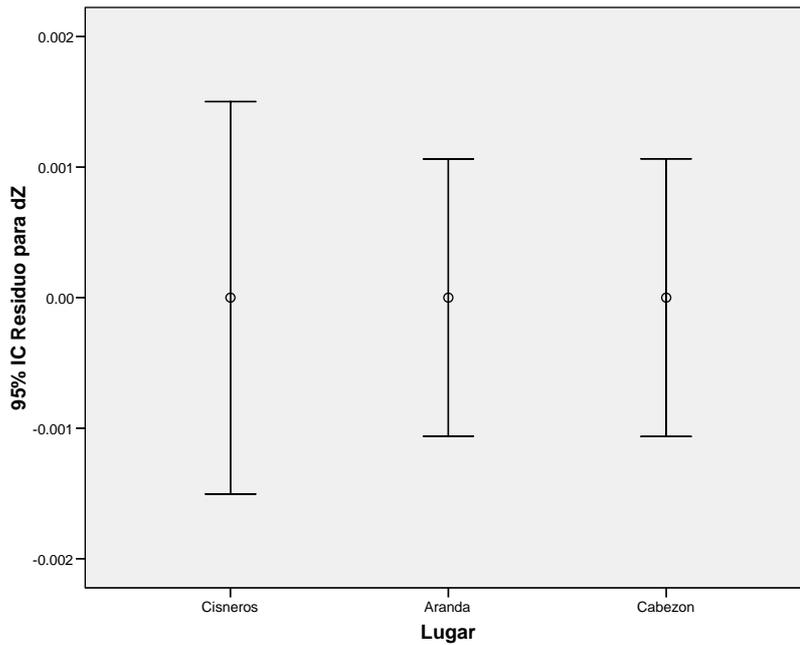
#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
70.521	2	2697	.000

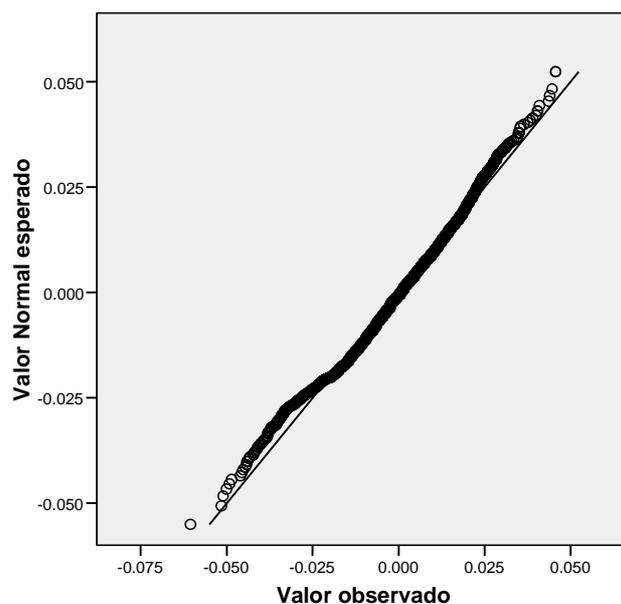
Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Lugar



2º Eliminación del nivel Cisneros del factor Lugar, que tiene mayor desv. típica. Una vez eliminado Cisneros, sí pasa el test de homocedasticidad para Aranda +Cabezón  $0.953 > 0.05$ , además este conjunto de datos se ajusta mejor a la distribución normal, según se ve en gráfico Q-Q.

Gráfico Q-Q Normal de Residuo para dZ



### 3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor LUGAR afecta significativamente a la dispersión de los datos, y no sigue la tendencia natural de a mayor cercanía de la base menor desviación, pues Cisneros está mas cerca que Aranda y sin embargo su desv. típica es mayor. Esto implica que otras fuentes de variación extrañas (ionosfera, caídas red, etc.) pueden aumentar la dispersión en zonas relativamente cercanas.

### 4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

Se ejecuta sobre los niveles Aranda +Cabezón, y resulta que el factor LUGAR no es significativo respecto a la media, esto es, ninguno de los niveles influye de manera significativa en la media = exactitud (diferencia dZ respecto al valor 0) de los datos.

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dZ

Lugar	Media	Desv. típ.	N
Aranda	-,00232	,016219	900
Cabezón	-,00318	,016250	900
Total	-,00275	,016236	1800

#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
,003	1	1798	,953

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Lugar

#### Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: dZ

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	,000 <sup>a</sup>	1	,000	1,269	,260
Intersección	,014	1	,014	51,605	,000
Lugar	,000	1	,000	1,269	,260
Error	,474	1798	,000		
Total	,488	1800			
Total corregida	,474	1799			

a. R cuadrado = ,001 (R cuadrado corregida = ,000)

### 5.4.2 - Factor RECEPTOR:

1º No pasa el test de homocedasticidad.  $0.000 < 0.05$ .

#### Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dZ

Receptor	Media	Desv. típ.	N
Leica	-.00918	.019542	1080
Topcon	-.00457	.023079	540
Trimble	-.00923	.019372	1080
Total	-.00828	.020310	2700

#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
12.161	2	2697	.000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Receptor

2º Eliminación del nivel Topcon, sí pasa el test de homocedasticidad para Leica + Trimble  $0.155 > 0.05$

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor RECEPTOR afecta significativamente a la dispersión de los datos (= hay diferencias significativas en la varianza entre los niveles :Leica, Topcon y Trimble), siendo el nivel Topcon el de mayor desv. típica, no habiendo diferencias significativas entre Topcon y Leica.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

Se ejecuta sobre los niveles Leica+Trimble, y resulta que el factor RECEPTOR no es significativo respecto a la media, esto es, ninguno de los niveles influye de manera significativa en la media = exactitud (diferencia dZ respecto al valor 0) de los datos.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dZ

Receptor	Media	Desv. típ.	N
Leica	-,00918	,019542	1080
Trimble	-,00923	,019372	1080
Total	-,00921	,019453	2160

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>**

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
2,024	1	2158	,155

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección+Receptor

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: dZ

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	1,72E-006 <sup>a</sup>	1	1,72E-006	,005	,946
Intersección	,183	1	,183	483,544	,000
Receptor	1,72E-006	1	1,72E-006	,005	,946
Error	,817	2158	,000		
Total	1,000	2160			
Total corregida	,817	2159			

a. R cuadrado = ,000 (R cuadrado corregida = ,000)

**5.4.3 - Factor SOLUCION:**

1 ° No pasa el test de homocedasticidad 0.000 < 0.05

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dZ

Solucion	Media	Desv. típ.	N
VRS sin GLONASS	-,00730	,021236	810
VRS con GLONASS	-,01547	,019427	540
MAC	-,00932	,018407	540
Individual sin GLONASS	-,00378	,019789	810
Total	-,00828	,020310	2700

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
7,308	3	2696	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Solucion

2º Eliminación del nivel con mayor desviación típica (VRS sin GLONASS= I), sigue sin pasar el test de homocedasticidad.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dZ

Solucion	Media	Desv. típ.	N
VRS con GLONASS	-,01547	,019427	540
MAC	-,00932	,018407	540
Individual sin GLONASS	-,00378	,019789	810
Total	-,00870	,019891	1890

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
13,127	2	1887	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Solucion

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor SOLUCION afecta significativamente a la dispersión de los datos, siendo el nivel de mayor desv. típica VRS sin GLONASS. Las diferencias de dispersión no siguen una tendencia definida.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

No se pueden realizar estudios sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles del factor SOLUCION).

**5.4.4 - Factor TIEMPO:**

1º No pasa el test de homocedasticidad.  $0.000 < 0.05$ .

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dZ

Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Tiempo 1	-,02062	,016807	300
Tiempo 2	-,02998	,028511	300
Tiempo 3	-,00741	,015233	300
Tiempo 4	-,00076	,014937	300
Tiempo 5	-,00139	,011014	300
Tiempo 6	-,00480	,020906	300
Tiempo 7	-,00103	,013335	300
Tiempo 8	,00308	,010084	300
Tiempo 9	-,01158	,019992	300
Total	-,00828	,020310	2700

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
63,944	8	2691	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Tiempo

2º Eliminación de los niveles con mayor desviación típica (Tiempo 1,2,3 = Cisneros; Tiempo 4,5,6 = Aranda), sigue sin pasar el test de homocedasticidad.

**Estadísticos descriptivos**

Variable dependiente: dZ

Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Tiempo 7	-,00103	,013335	300
Tiempo 8	,00308	,010084	300
Tiempo 9	-,01158	,019992	300
Total	-,00318	,016250	900

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
98,565	2	897	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Tiempo

3º Conclusiones respecto dispersión:

El factor TIEMPO afecta significativamente a la dispersión de los datos, siendo los tiempos de Cisneros los de mayor desv. típica.

4º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):

No se pueden realizar estudios sobre la contribución de cada nivel del factor TIEMPO a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad.

#### **5.4.5 - TEST DEL ANOVA MULTIFACTORIAL PARA dZ:**

Se realiza con los factores y niveles que pasaron el test de homocedasticidad:

-Factor LUGAR: niveles: Aranda , Cabezón

-Factor RECEPTOR: niveles: Leica, Trimble

-Factor SOLUCION: no pasó el test, se hace con VRS sin GLONASS.

-Factor TIEMPO: no pasó el test, se hace con los niveles 4,5,6,7,8,9

1º No pasa el test de homocedasticidad (Levene):  $0.000 < 0.05$ .

Se elimina el nivel Aranda (niveles de Tiempo 4,5,6) y sigue sin pasar.

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: dZ

Lugar	Receptor	Solucion	Tiempo	Media	Desv. típ.	N
Cabezon	Leica	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	,01168	,004719	30
			Tiempo 8	-,00462	,010009	30
			Tiempo 9	,00598	,013838	30
			Total	,00435	,012183	90
		Total	Tiempo 7	,01168	,004719	30
			Tiempo 8	-,00462	,010009	30
			Tiempo 9	,00598	,013838	30
			Total	,00435	,012183	90
	Trimble	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	,00472	,009881	30
			Tiempo 8	,01172	,008046	30
			Tiempo 9	,00385	,009870	30
			Total	,00676	,009859	90
		Total	Tiempo 7	,00472	,009881	30
			Tiempo 8	,01172	,008046	30
			Tiempo 9	,00385	,009870	30
			Total	,00676	,009859	90
Total	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	,00820	,008442	60	
		Tiempo 8	,00355	,012202	60	
		Tiempo 9	,00492	,011965	60	
		Total	,00556	,011117	180	
	Total	Tiempo 7	,00820	,008442	60	
		Tiempo 8	,00355	,012202	60	
		Tiempo 9	,00492	,011965	60	
		Total	,00556	,011117	180	
Total	Leica	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	,01168	,004719	30
			Tiempo 8	-,00462	,010009	30
			Tiempo 9	,00598	,013838	30
			Total	,00435	,012183	90
		Total	Tiempo 7	,01168	,004719	30
			Tiempo 8	-,00462	,010009	30
			Tiempo 9	,00598	,013838	30
			Total	,00435	,012183	90
	Trimble	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	,00472	,009881	30
			Tiempo 8	,01172	,008046	30
			Tiempo 9	,00385	,009870	30
			Total	,00676	,009859	90
		Total	Tiempo 7	,00472	,009881	30
			Tiempo 8	,01172	,008046	30
			Tiempo 9	,00385	,009870	30
			Total	,00676	,009859	90
	Total	VRS sin GLONASS	Tiempo 7	,00820	,008442	60
			Tiempo 8	,00355	,012202	60
			Tiempo 9	,00492	,011965	60
			Total	,00556	,011117	180
		Total	Tiempo 7	,00820	,008442	60
			Tiempo 8	,00355	,012202	60
			Tiempo 9	,00492	,011965	60
			Total	,00556	,011117	180

**Factores inter-sujetos**

		Etiqueta del valor	N
Lugar	L3	Cabezón	180
Receptor	A	Leica	90
		Trimble	90
Solucion	I	VRS sin	180
		GLONAS S	
Tiempo	7	Tiempo 7	60
	8	Tiempo 8	60
	9	Tiempo 9	60

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

Variable dependiente: dZ

F	gl1	gl2	Significación
6,678	5	174	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

- a. Diseño: Lugar+Receptor+Solucion+Tiempo+Lugar \* Receptor+Lugar \* Tiempo+Receptor \* Tiempo

**2º Conclusiones respecto exactitud (medias = Test del ANOVA):**

No se pueden hacer estimaciones sobre los efectos principales e interacciones de cada factor, esto es sobre la contribución de cada nivel a la exactitud de los datos (test del ANOVA = análisis de varianza = estudio sobre las medias) al no pasar el test de homocedasticidad (= no ser iguales las varianzas de los niveles de cada factor).

Solo podemos afirmar que los factores y niveles correspondientes que pasaron el test de homocedasticidad: LUGAR (Aranda +Cabezón), RECEPTOR (Leica +Trimble) no son significativos respecto a la media, esto es, no afectan a la exactitud de las medidas.

**5.5 Resumen de resultados:**

- **Consideraciones previas:**

-Respecto a la precisión (=dispersión), viene caracterizada por la desviación típica ( $1\sigma$  = intervalo de confianza del 68 %, esto es, la probabilidad de que un valor esté dentro de este margen es del 68 %).

-Respecto a la exactitud, considerando esta como la diferencia (o sesgo) respecto al valor de referencia en postproceso, viene caracterizada por la media, que debe ser lo más cercana a 0.

-Todos los valores en metros.

-Considerando que generalmente por las condiciones de trabajo: el lugar, tipo de receptor y tiempos de medición no se pueden elegir, nos vamos a centrar en evaluar el tipo de solución, que sí se puede elegir en algunos casos por el usuario.

- **En la componente X**

- Media: **-0.001** , Desviación típica: **0.009**
- Ningún factor completo pasa el test de homocedasticidad, esto es, en cada factor algún nivel tiene una desviación típica significativamente distinta, lo que implica que existe una gran variabilidad en la dispersión.
- Todos los factores por tanto afectan a la precisión (= desviación típica). Una vez eliminado el nivel Cisneros por presentar anomalías, el factor Solución presenta el nivel VRS sin GLONASS como el de menor desviación típica = 0.005.
- Respecto a la exactitud, no podemos hacer estimaciones globales sobre el efecto de cada factor en la media, al no pasar el test de homocedasticidad y no poder realizar por tanto el test del ANOVA. Eliminando parte de los datos, los factores parciales que sí pasaron el test de homocedasticidad fueron: Factor RECEPTOR (Leica+Topcon +Trimble), sí es significativo; factor Tiempo (4+5+6) no es significativo respecto a la media.
- La media de los datos es muy buena, inferior a 3 mm. de sesgo en todos los casos.

- **En la componente Y**

- Media: **-0.002** , Desviación típica: **0.010**

- Ningún factor completo pasa el test de homocedasticidad, esto es, en cada factor algún nivel tiene una desviación típica significativamente distinta, lo que implica que existe una gran variabilidad en la dispersión.
- Todos los factores por tanto afectan a la precisión (= desviación típica). El factor Solución de nuevo presenta el nivel VRS sin GLONASS como el de menor desviación típica = 0.008.
- Respecto a la exactitud, no podemos hacer estimaciones globales sobre el efecto de cada factor en la media, al no pasar el test de homocedasticidad y no poder realizar por tanto el test del ANOVA. Eliminando parte de los datos los factores parciales que sí pasaron el test de homocedasticidad fueron: Factor RECEPTOR (Leica+Topcon), sí es significativo; factor TIEMPO (7+8+9) sí es significativo; factor SOLUCION (I+K) no es significativo respecto a la media.
- La media de los datos es muy buena, inferior a 3 mm. de sesgo en todos los casos.

- **En la componente Z**

- Media: **-0.008** , Desviación típica: **0.020**
- Ningún factor completo pasa el test de homocedasticidad, esto es, en cada factor algún nivel tiene una desviación típica significativamente distinta, lo que implica que existe una gran variabilidad en la dispersión.
- Todos los factores por tanto afectan a la precisión (= desviación típica). El factor Solución presenta el nivel MAC como el de menor desviación típica = 0.018, lo cual no era lo esperado.
- Respecto a la exactitud, no podemos hacer estimaciones globales sobre el efecto de cada factor en la media, al no pasar el test de homocedasticidad y no poder realizar por tanto el test del ANOVA. Eliminando parte de los datos, los factores parciales LUGAR y RECEPTOR que sí pasaron el test de homocedasticidad dieron no

significativos en el ANOVA, lo que implica que dichos factores no afectan a la exactitud de los datos.

- La media de los datos, inferior a 15 mm. de sesgo en todos los casos.

## 6. Conclusiones

- Respecto a la precisión: todos los factores en las 3 componentes X, Y, Z, afectan significativamente a la precisión de los datos, sin destacar ningún nivel concreto muy por encima o debajo de la desviación típica global. Esto implica una gran variabilidad en la dispersión de los datos, que impide realizar test del ANOVA sobre el conjunto de toda la muestra.

- Respecto a la exactitud: no se pudieron hacer estimaciones globales sobre el efecto de cada factor en la media. Sobre los datos parciales sobre los que se pudo realizar el test del ANOVA, en las componentes X,Y el factor Receptor sí afecta a la exactitud de los datos, mientras en la componente Z este mismo factor Receptor no afecta a la exactitud. En general tampoco destaca ningún nivel muy por encima o por debajo de la media global.

- Los valores de desviaciones típicas y medias desglosados por factores no siempre siguen las tendencias esperadas: ej. en Z, la desviación típica en el nivel VRS sin GLONASS (que fue la menor en X e Y) es la mayor. También los datos de Cabezón, lugar más cercano a los receptores base que Aranda, y sin embargo con mayor desviación típica y mayor sesgo. Esto sugiere que hay otros factores que no se definen explícitamente en el modelo, como fluctuaciones ionosféricas, problemas puntuales de cortes de Red, etc. que están afectando a la dispersión y sesgo de los datos.

- Los valores de desviaciones típicas de  $\pm 1$  cm en X,Y y  $\pm 2$  cm en Z ( $1 \sigma = 68\%$  de intervalo de confianza) están dentro de lo esperado.

Reseñar que para la Z esto implica una posible variación de hasta 8 cm ( $\pm 4$  cm =  $2 \sigma = 95\%$  de intervalo de confianza) lo cual es coherente con los malos resultados de repetibilidad en Z obtenidos por los usuarios de campo. La manera de mejorar estas precisiones en Z pasaría por la reducción de la

distancia entre las estaciones de referencia, la mejora del software/ firmware, y la incorporación de nuevas constelaciones como Galileo.

- En cuanto a los valores de medias (sesgos) son de 1-2 mm. en X,Y, y 8 mm. en Z, también dentro de lo esperado, pues en la Z afecta en gran medida el modelo de calibración de antena utilizado, tanto en el cálculo de postproceso como en el receptor móvil.

- Resaltar por último que estas conclusiones, como ya se comento en la introducción, se han de entender dentro del ámbito de una configuración geométrica de Red concreta, con un software de Red, y un firmware de receptores concreto. Otras configuraciones físicas de Red o combinación de software/firmware podrían dar resultados ligeramente distintos.

## 7. Bibliografía

Euler, H.-J., Seeger, St., Zelzer, O., Takac, F., Zebhauser, B.E. Improvement of Positioning Performance Using Standardized Network RTK Messages, ION NTM, San Diego, CA ,January 26-28, 2004.

Montgomery, Douglas c., Runger, George C. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería (2ª ed.), Ed. Limusa, 2002

Pagina WEB de la Red GNSS de Castilla y León <http://gnss.itacyl.es>

Retscher, G., Accuracy Performance of Virtual Reference Station (VRS) Networks, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 1, No. 1: 40-47, 2002

Wübbena G., Bagge A.y Schmitz M., RTK Networks based on Geo++® GNSMART –Concepts, Implementation, Results. ION GPS-01, September 11.-14., 2001