



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA
PROYECTO FIN DE CARRERA

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA EN EL AJUSTE DE
OBSERVACIONES PARA LA DETECCIÓN DE ERRORES EN UNA RED BÁSICA TOPOGRÁFICA
SITUADA EN LA CIUDAD DE VALDELUZ, GUADALAJARA

ALUMNOS

Virginia Cazas Rojo
Virginia Sanz Ruiz

TUTORES

Ana M^ª Domingo Preciado
Juan Francisco Prieto Morín

AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores, Ana Domingo y Juan Francisco Prieto, por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto. Gracias por vuestro seguimiento y apoyo, sin vosotros todo esto hubiera sido prácticamente imposible.

A nuestras familias. Gracias a ellos hemos llegado a ser lo que somos hoy en día. Siempre habéis querido lo mejor para nosotras y nos habéis ayudado a conseguirlo.

A nuestras parejas, Víctor y Kechu. Muchísimas gracias por apoyarnos siempre en todo lo que nos hemos propuesto, por aguantar nuestros malos días y animarnos en los momentos más difíciles.

A nuestros compañeros y sobre todo, nuestros amigos de la Universidad por habernos acompañado y ayudado todo este camino. Sin vosotros no hubiera sido lo mismo.

Y por último pero no por ello menos importante, a LOS DE SIEMPRE. Vosotros sabéis a quienes me refiero, esos amigos de toda la vida. Gracias por ser parte de nuestro día a día y por estar a nuestro lado durante toda esta experiencia.

MUCHAS GRACIAS A TODOS.

ÍNDICE



Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	7
1.1. OBJETIVOS	8
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
1.3. LOCALIZACIÓN	9
Capítulo 2: RED TOPOGRÁFICA	11
2.1. INTRODUCCIÓN GENERAL A UNA RED	12
2.2. DISEÑO Y SITUACIÓN DE LA RED	12
2.3. MATERIALIZACIÓN DE LA RED	14
2.4. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN	15
2.4.1 TOPOGRAFÍA CLÁSICA	16
2.4.1.1. ESTACIÓN TOTAL	16
2.4.1.1.1. INSTRUMENTACIÓN	16
2.4.1.1.2. PROCESO DE OBSERVACIÓN	19
2.4.1.2. NIVELACIÓN	20
2.4.1.2.1. INSTRUMENTACIÓN	21
2.4.2.2.1. PROCESO DE OBSERVACIÓN	23
2.4.2. TÉCNICAS GNSS	26
2.4.2.1. INSTRUMENTACIÓN	26
2.4.2.2. PROCESO DE OBSERVACIÓN	28
2.5. CÁLCULO Y AJUSTE	30
2.5.1. GNSS	30
2.5.1.1. VOLCADO DE DATOS	30
2.5.1.2. CÁLCULO DE VECTORES DE LA RED	31
2.5.1.3. AJUSTE DE LA RED	33
2.5.2. OBSERVACIONES CLÁSICAS	34
2.5.2.1. VOLCADO DE DATOS	34
2.5.2.2. TRATAMIENTO DE DATOS	34
2.5.2.3. AJUSTE DE LA RED	35
I) PLANIMETRÍA	35
II) ALTIMETRÍA	39
III) COORDENADAS OBTENIDAS	41
2.5.2.4. TOPCAL	42
2.5.3. RED DE NIVELACIÓN	44
2.5.3.1. CÁLCULO DE CIERRES	44
2.5.3.2. AJUSTE DE LA RED DE NIVELACIÓN	49



2.6. COMPARATIVA DE RESULTADOS	52
2.6.1. PLANIMETRÍA	52
2.6.2. ALTIMETRÍA.....	53
Capítulo 3: TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA	54
3.1. CONCEPTOS BÁSICOS	55
3.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	55
3.1.2. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	55
3.1.2.1. DISTRIBUCIÓN NORMAL DE PROBABILIDAD	56
3.1.3. TEORÍA Y PROPAGACIÓN DE ERRORES	57
3.1.4. TÉCNICAS DE AJUSTE.....	59
3.1.4.1. AJUSTE MÍNIMOS CUADRADOS	60
3.2. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA ESTIMACIÓN ROBUSTA	64
3.3. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA	67
3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA	69
3.5. ESTIMADORES ROBUSTOS APLICADOS	71
3.5.1. GEMAN & McCLURE.....	71
3.5.2. MÍNIMA SUMA.....	72
3.2.3. MÉTODO DANÉS	73
Capítulo 4: CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	74
4.1. OBSERVACIONES ANGULARES	75
4.1.1. RESULTADO EN MEDIDAS ÁNGULARES	75
4.1.2. CONCLUSIONES	93
4.2. OBSERVACIONES DE DISTANCIA	94
4.2.1. RESULTADO EN MEDIDAS LONGITUDINALES	94
4.2.2. CONCLUSIONES	117
4.3. CONCLUSIONES GENERALES	118
4.4. LÍNEAS FUTURAS	119
Capítulo 5: PRESUPUESTO	120
5.1. INTRODUCCIÓN	121
5.2. COSTE TOTAL Y COSTES UNITARIOS.....	121
5.3. RELACIÓN DE PRECIOS DESCOMPUESTOS	122
5.4. PRESUPUESTO TOTAL Y BENEFICIO EMPRESARIAL.....	125



Capítulo 6: ANEXOS	126
6.1. RESEÑAS	127
6.2. VALORES OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN	140
6.3. INFORME DE RESULTADOS	146
6.4. COMPARATIVA DE RESULTADOS EN RESIDUOS ANGULARES.....	172
6.5. COMPARATIVA DE RESULTADOS EN RESIDUOS LONGITUDINALES.....	199
6.6. BIBLIOGRAFÍA.....	231

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN



1.1. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto consiste en verificar si existen métodos de ajuste que nos permitan corregir observaciones que llevan introducidas un cierto error grosero. Este error puede ser cometido por el operador al realizar la toma de datos.

Cuando se realiza el ajuste por el método clásico de una serie de observaciones que componen una red y éstas llevan incluidas un error grosero, el resultado del ajuste es totalmente inválido, ya que este método tiende a repartir los errores cometidos entre todas las observaciones dando como resultado residuos muy elevados.

Normalmente, ante este tipo de casos, el usuario responde invalidando las observaciones con mayor residuo y procediendo a realizar el ajuste sin contar con las observaciones que se anularon. Para llevar a cabo este proceso, debe haber redundancia en la toma de datos, ya que si no se dispusiera de la misma, no podrían eliminarse observaciones.

Nuestro objetivo real es llevar a cabo un estudio en el que demostrar que el método de ajuste por técnicas de estimación robusta tiene una capacidad infinitamente superior a los mínimos cuadrados en la detección de errores groseros en observaciones, permitiendo de esta forma al usuario corregir dicho error e incluir esa observación en el ajuste.

Este método de ajuste (estimación robusta) comenzó a emplearse en el campo de la fotogrametría. Es por ello que nuestra investigación irá encaminada al empleo de los estimadores robustos en aplicaciones topográficas en las que todavía no han sido utilizados.

Se decidió iniciar este estudio porque era un proyecto innovador que nunca había sido realizado y las conclusiones del mismo han sido muy favorables, como se puede comprobar más adelante.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consta de varias partes totalmente diferentes pero relacionadas entre sí:

- *Topografía de Gabinete*

En esta parte del proyecto se realizará un primer estudio de la zona de trabajo, obteniendo cartografía de la misma y tomando decisiones que repercutirán en el trabajo de campo como son el instrumental a utilizar, y la localización de los vértices que compondrán la red.

- *Topografía de campo*

Materialización de la red y toma de datos mediante estación total y técnicas GNSS, nivelación de la red.

- *Volcado de datos*

Obtención en formato digital de las observaciones realizadas en campo para su posterior tratamiento.

- *Realización de ajuste por mínimos cuadrados*

Obtención de coordenadas ajustadas de la red proyectada.

- *Estudio de introducción de errores*
Tras haber obtenido las coordenadas ajustadas procedemos a introducir errores groseros en las observaciones y realizar ajuste por MMCC y por tres métodos distintos de estimadores robustos, obteniendo diferentes resultados.
- *Análisis de resultados y comparativa entre los métodos de ajuste utilizados*
Comparación de coordenadas obtenidas por los diferentes métodos utilizados y análisis de las diferencias en los resultados obtenidos.

1.3. LOCALIZACIÓN

La zona elegida para la realización de este proyecto es el entorno urbano de Valdeluz, situado muy cerca de Guadalajara capital (*Imagen 1.3.1*), en el kilómetro 271 de la N-230. Valdeluz se inició en 2003 y se convirtió, en una de las ciudades de España que nacería desde cero, pensada para ofrecer un nuevo estilo de vida.



Imagen 1.3.1. Situación de la ciudad de Valdeluz

Valdeluz (*Imagen 1.3.2*) supone la creación de un avanzado concepto de núcleo urbano estructurado en torno a parques y paseos, con un gran lago central y un extenso carril bici.



Imagen 1.3.2. Entrada de la ciudad de Valdeluz

Se planeó para que se convirtiera en un importante núcleo de desarrollo económico y de empleo, cuidadosamente programado y planificado para cubrir las necesidades de sus futuros habitantes, que sumarían un total de 30.000 individuos.

Valdeluz supondría una gran oferta de servicios terciarios, comerciales, industriales y hoteleros, contando con todo tipo de equipamientos socioculturales, de ocio (creación de un parque temático), deportivos (carril bici, campo de golf y área deportiva), comerciales (66.560 m² de superficie de ventas), empresariales y de negocios (un parque empresarial y dos hoteles), sanitarios y asistenciales (dos centros de salud y dos centros geriátricos), educativos (9 colegios) y, en general, de calidad de vida, al contar con amplias zonas verdes y extensos parques públicos (*Imagen 1.3.3*).

Todo ello, al lado de la estación del AVE de Guadalajara-Yebes, lo que supone estar a 18 minutos de la estación de Madrid-Atocha. Las conexiones por carretera mediante la A-2 y la R-2, además de la futura autopista de la Alcarria, en ese momento, garantizaban el acceso a las grandes ciudades colindantes.



Imagen 1.3.3. Infografía de una parte del plan urbanístico de la ciudad de Valdeluz

Pero la burbuja inmobiliaria explotó y dio al traste con el plan. El proyecto, una inversión de 1.123 millones de euros, se sustentaba en la promesa de construcción de las lanzaderas del AVE. Era el reclamo perfecto para ocupar las 9.000 viviendas que la inmobiliaria Reyal Urbis, hoy al borde del concurso de acreedores, pensaba construir cuando colocó la primera piedra en 2004.

El Ministerio de Fomento jamás puso las lanzaderas, la estación del AVE está infrautilizada y en la urbanización se ven todavía muchos solares y las estructuras de algunos edificios. De las cuatro fases del proyecto inicial solo hay una construida, lo que supone que hoy en día, sólo habitan unas 3000 personas.

Periodistas de muchos medios nacionales e internacionales han visitado la urbanización y la han mostrado como ejemplo del despilfarro y la mala planificación. “Ciudad fantasma” es el calificativo más utilizado en algunos de esos reportajes.

CAPÍTULO 2: RED TOPOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN GENERAL A UNA RED

Para la realización de cualquier tipo de trabajo topográfico son necesarios puntos con coordenadas conocidas en los que apoyarse directa o indirectamente. Estos puntos se denominan **vértices**, y al conjunto de ellos y la serie de observaciones que los interrelacionan **red topográfica** o **red básica**.

La finalidad de las observaciones puede ser obtener las coordenadas de dichos puntos o crear la estructura topográfica necesaria para el desarrollo de trabajos cartográficos o fotogramétricos posteriores (*Imagen 2.1*).

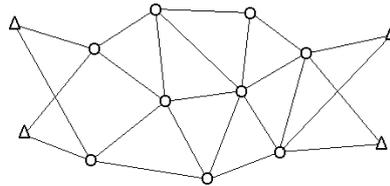


Imagen 2.1.1. Croquis de una red topográfica

En este caso se eligió diseñar una red topográfica con el fin de obtener diferentes observaciones angulares y longitudinales con las que realizar un estudio posterior de determinación de errores groseros por estimación robusta, gracias a la cantidad de datos y redundancia que se obtiene en la observación de las mismas.

2.2. DISEÑO Y SITUACIÓN DE LA RED

Tras tomar las primeras decisiones respecto al instrumental y los métodos de observación que se van a utilizar, se procede a diseñar la red sobre la que vamos a trabajar.

Para comenzar y como estudio previo del terreno se buscaron imágenes satélite en diferentes páginas de Internet, de zonas despejadas que permitieran una buena visibilidad entre vértices lejanos. Lo ideal para este proyecto, era una zona con viales diseñados y materializados, pero sin edificaciones alzadas entre los mismos y que dispusiera de una topografía sin grandes accidentes geográficos que facilitara la observación entre los distintos vértices de la red.

Por desgracia en nuestro país existen varias urbanizaciones denominadas fantasmas que son consecuencia del llamado “boom” inmobiliario. Extensiones de terreno en las que se comenzaron proyectos ambiciosos y de gran superficie, que a día de hoy siguen con las obras paralizadas y sin fecha de finalización.

Se descubrieron varias urbanizaciones colindantes a la ciudad de Madrid que reunían los requisitos previos para este proyecto. Finalmente y tras visitar algunas de ellas, se decidió que la mejor opción para la realización de este proyecto era la Ciudad de Valdeluz, Guadalajara (*Imagen 2.2.1*).



Imagen 2.2.1. Vista aérea actual de la ciudad de Valdeluz

Tras obtener diferentes cartografías de la zona existente, se pasó a definir los vértices de la red, localizando cada uno de los puntos y eligiendo los lugares más idóneos para su situación. Se comprobó que la triangulación que se formaba de la unión de los diferentes vértices cumplía las condiciones geométricas necesarias en una red. Se intentó que los vértices que definían los triángulos fueran de la misma longitud y con forma geométrica regular, para conseguir a posteriori un buen ajuste de la red.

Es muy importante que exista intervisibilidad como mínimo a tres vértices desde cada punto de la red para poder enlazar, posteriormente, los distintos puntos por topografía clásica. Los puntos de la red se definen de forma que queden situados en zonas estables.

Todos los vértices de una red básica han de cumplir las siguientes características:

- Estabilidad dimensional: que no varíen de forma o tamaño.
- Estabilidad material: que sus materiales sean resistentes a los agentes externos.
- Estabilidad espacial: que no varíe su situación o posición absoluta en el espacio.
- Materialización de forma adecuada, fina, precisa e inequívoca.
- Fácilmente estacionable.
- Fácilmente visible desde cualquier otro punto de la zona.
- Con visibilidad sobre la zona del proyecto.
- Fácilmente localizable.
- Fácilmente sustituible, en caso de desaparición.



2.3. MATERIALIZACIÓN DE LA RED

Tras determinar en gabinete cuales serían los puntos de la red, se pasó a la fase de reconocimiento del terreno, para lo cual se realizó un viaje a Valdeluz y se recorrió toda su extensión. En ese momento se tomaron las decisiones finales sobre el propio terreno y se comprobó la viabilidad del diseño establecido en la fase anterior.

Como es lógico y ocurre en la mayoría de casos, hubo que modificar la localización que se había dado inicialmente en gabinete a varios de los puntos de la red por diferentes motivos de visibilidad y topografía de la zona. Este tipo de modificaciones suelen ser frecuentes en la realización de estos proyectos, ya que es realmente en campo donde se puede comprobar el estado real del terreno y la visibilidad entre los distintos puntos.

El siguiente paso consistió en realizar la materialización de los vértices elegidos en sus respectivos emplazamientos. Para ello se utilizaron clavos y estacas en función de la dureza del terreno. Tras haber recorrido la zona con el anteproyecto verificado y todos los vértices materializados, se procedió a la elaboración de la reseña de cada uno de los puntos.

En esta fase del proyecto se concluyó que las dimensiones del mismo eran desproporcionadas para la realización del trabajo con solo dos operarios y se determinó que no era necesario abarcar toda la superficie para la realización del estudio que tiene como objetivo este trabajo. Se pretendía abarcar toda la extensión de la ciudad de Valdeluz y se comprobó en la primera visita, que la misma se estructuraba en 3 zonas claramente diferenciadas. Dos de esas zonas estaban cerradas; una de ellas para el tráfico rodado y peatonal y la otra solo para el tráfico rodado.

Todos estos condicionantes sumados a la dificultad para realizar las vueltas de horizonte con el número de operarios disponible y sin disposición de utilizar vehículos a motor que faciliten y optimicen el traslado entre los vértices de la red, fueron los motivos por los que se decidió, tras consultarlo con los supervisores del proyecto, minimizar la red diseñada inicialmente a una extensión de una de las zonas; la zona central, a la cual se podía acceder a pie y con vehículos de motor. También se incluyeron dentro de la zona de proyecto los enlaces de la misma con otra de las zonas, la que podíamos acceder a pie, unidas entre sí por dos pasos superiores que atraviesan las vías de alta velocidad.

Teniendo en cuenta que nuestra red es un proyecto ideado como base para un estudio de errores posterior, se decidió utilizar once puntos estratégicamente situados entre los vértices seleccionados anteriormente (*Imagen 2.3.1*).

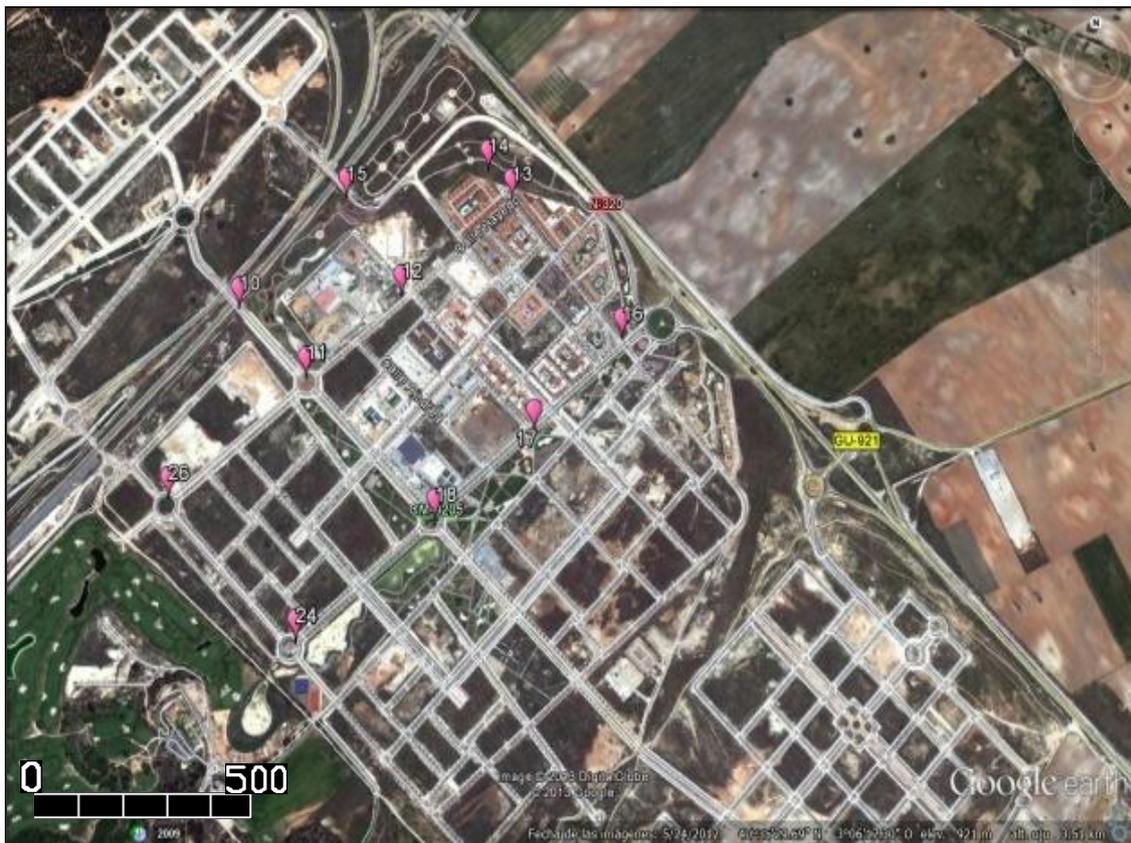


Imagen 2.3.1. Representación general de la red topográfica

2.4. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

En esta parte del proyecto se diferencié el tratamiento de la planimetría y la altimetría. Esta diferenciación es debida a que la precisión de las coordenadas altimétricas y planimétricas es distinta, al igual que son diferentes los cálculos necesarios para la obtención de las mismas y los métodos de observación utilizados para su medición.

Como metodologías generales de observación de redes, tanto altimétricas como planimétricas, encontramos tres opciones:

- Equipos de topografía clásica (estaciones totales y teodolitos) (E , N , H)
- Equipos GPS (X , Y , Z)
- Niveles (manuales y electrónicos) (H)

Las observaciones por topografía clásica de la parte planimétrica de la red, son la base del proyecto de estimación robusta. En estas medidas, tanto angulares como longitudinales, se introducirán errores groseros que comprobaremos si el sistema es capaz de detectar.

Se tomó la decisión de realizar las observaciones de todos los vértices también por técnicas GPS. De esta forma la red local de nueva implantación que se ha diseñado queda enlazada con la red oficial. La realización de este método de observación también permite disponer de unas coordenadas aproximadas para el comienzo del ajuste.

En los métodos clásicos de observación de redes con estación total, se calcula la planimetría recurriendo al método de triangulación, mientras que en la altimetría se opta por el método de nivelación trigonométrica.

Como la altimetría de la red medida con estación total no dispone de una alta precisión se determinó completar el proyecto creando una red de nivelación apoyada en la ya existente que se observó con nivel electrónico mediante el método de nivelación geométrica. Estas observaciones permitieron dar una mayor precisión en la coordenadas altimétricas de la red.

2.4.1. TOPOGRAFÍA CLÁSICA

2.4.1.1 ESTACIÓN TOTAL

Se denomina *estación total* al instrumento electro-óptico utilizado en Topografía cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de un sistema que trabaja continuamente ofreciendo lecturas instantáneas de ángulo horizontal y vertical que son corregidas automáticamente de cualquier «desnivelación» mediante un compensador de dos ejes centrado.

Las lecturas de distancias se realizan mediante una onda electromagnética portadora de distintas frecuencias que rebota en un prisma situado en el punto a medir y que regresa al instrumento, el cual se encarga de calcular la diferencia de fase entre ambas ondas.

2.4.1.1.1. INSTRUMENTACIÓN

El instrumental topográfico empleado para el levantamiento de la red consta de una estación total (*Imagen 2.4.1.2*) con la que se medirán los ángulos, tanto horizontales como verticales, y las distancias existentes entre cada uno de los vértices, usando para el caso de las distancias un prisma. Se necesitarán también elementos auxiliares como un flexómetro y un barómetro para medir la presión atmosférica.



Imagen 2.4.1.1. Jalón



Imagen 2.4.1.2. Estación total Leica TCS 1200+



Imagen 2.4.1.3. Tripode

En este caso también se necesitó un medio de soporte para la estación, trípode (*Imagen 2.4.1.3*) y otro para el prisma, jalón (*Imagen 2.4.1.1*).

Una estación total realiza las mismas funciones que un teodolito. El estacionamiento y nivelación de los aparatos es el mismo, aunque la estación total cuenta con niveles electrónicos que facilitan la tarea. Sus tres ejes y sus errores de calibración también están presentes.

Se tienen tres ejes de movimiento, que generan tres planos al producirse la rotación entorno a ellos (*Imagen 2.4.1.4*):

- Eje Principal: Es el eje de giro de la Alidada que es la parte móvil de la estación.
- Eje secundario o de Muñones: Su función es servir de eje de giro del anteojo. Le permite cabecear describiendo planos verticales. El eje secundario es perpendicular al principal.
- Eje de colimación: Se encuentra en el anteojo. Pasa por su centro y lo atraviesa longitudinalmente. Es perpendicular a su vez al eje secundario.



Imagen 2.4.1.4. Eje de colimación de una estación total.

Y tres errores de calibración a tener en cuenta:

- El de *verticalidad*, que con la doble compensación se ve reducida su influencia sobre las lecturas horizontales.
- El de *colimación* e *inclinación* del eje secundario, donde el primero debe ser corregido mediante software, mientras que el segundo la corrección debe realizarse por métodos mecánicos.

Este instrumento permite la obtención de coordenadas respecto de un sistema de referencia local o arbitrario, como también a sistemas oficiales actualmente definidos y materializados. Para la obtención de estas coordenadas el instrumento realiza una serie de lecturas y cálculos sobre ellas y demás datos suministrados por el operador, como son las correcciones de presión y temperatura.



ESTACIÓN TOTAL

La estación total elegida, dentro de las posibilidades de uso y de la precisión requerida para el trabajo, es el modelo TC 1202+ de la marca Leica. Esta estación se caracteriza por tener una tarjeta electrónica que permite el almacenamiento de los datos tomados en campo y su posterior volcado de forma totalmente automática. Esto permite reducir, notablemente, el número de equivocaciones que se cometen al hacer el mismo proceso de forma manual.

Presenta las siguientes características técnicas (*Tabla 2.4.1.1*):

Datos Generales

Telescopio

Aumentos:	30 x
Diámetro libre del objetivo:	40 mm
Campo visual:	1°30' (1.66 gon) / 2.7 m at 100 m
Alcance de enfoque:	1.7 m a infinito

Plomada láser

Precisión de Centrado:	1 mm a 1.5 m (desviación de la vertical)
Diámetro haz láser:	2 mm a 1.5 m

Medición de Angulo

Modelo 1202+

Precisión (desv. est., ISO 17123-3)

Hz, V:	2" (0.6 mgon)
Mínima lectura:	0.1" (0.1 mgon)

Método

Absoluto, continuo, promediado horizontal

Compensador

Rango de trabajo:	
Precisión ajuste:	0.5" (0.2 mgon)
Método:	Compensador centralizado de doble eje

Medición de Distancia

Alcance

Prisma Estándar (GPR1): 3500 m

Precisión (Desviación Estándar ISO 17123-4) / Tiempo medición

Modo normal. | 1 mm + 1.5 ppm / typ. 2.4 s

Método

Principio:	Medición de fase
Tipo:	Láser rojo visible, coaxial
COnda portadora:	660 nm
Sistema de medición:	Analizador de desplazamiento de fase especial ~ 100 MHz

Tabla 2.4.1.1. Características técnicas de la estación total Leica TC 1202+

PRISMA DE REFLEXIÓN TOTAL

Un prisma es un elemento de puntería para poder realizar medidas de distancia. Se trata de un prisma triple de vidrio al que se le han pulido las tres esquinas para que encaje correctamente en una carcasa circular.

La función del prisma es reflejar la señal en forma de onda electromagnética emitida por el distanciómetro.

Existen dos propiedades principales de los prismas. La primera es el tipo de prisma y su geometría general. La segunda es la constante del prisma, que define la relación existente entre la medida de distancias y el plano de medición mecánica del prisma (soporte).

El prisma circular utilizado para este trabajo es el modelo SP12A de la marca Sokkia de 64mm de diámetro (*Imagen 2.4.1.5*)



Imagen 2.4.1.5. Prisma SP12A y anclaje con rosca de 3/8 pulgadas

2.4.1.1.2. PROCESO DE OBSERVACIÓN

El método de observación angular más utilizado en una triangulación es el de vueltas de horizonte. La observación consistió en dos vueltas de horizonte con reiteración de 200g entre ellas. Cada vuelta se realizará primero en Circulo Directo (CD) y luego en Circulo Inverso (CI), tanto acimutal como cenitalmente (regla de Bessel), ya que para este trabajo se necesita una alta redundancia.

En cada serie se observó la vuelta de horizonte completa (CD y CI), comprobando que el error de cierre fuese inferior a la tolerancia calculada.

Se comenzó visando a una referencia lejana y claramente definida que permita realizar una buena puntería a bisección. A continuación se visaron los vértices restantes siguiendo el sentido de las agujas del reloj y se finalizó la vuelta de horizonte visando de nuevo a la referencia elegida.

La diferencia entre la lectura promediada inicial y la lectura promediada final a la referencia constituirá el error de cierre de la vuelta (ec). Error que debe ser inferior a la tolerancia angular (Tec) calculada a partir de la precisión del instrumento utilizado en la observación (σ_{ISO-HZ}) y fijada al 99.8% de probabilidad (3σ). En caso contrario se repetirá la serie de observación. De esta forma se confirma que el instrumento no ha sufrido ningún tipo de movimiento

La coincidencia entre las observaciones inicial y final no puede ser total, ya que las observaciones estarán afectadas de errores. La mayor diferencia admisible será:

Tolerancia angular de la vuelta de horizonte

$$\begin{aligned}\sigma_{H_{ISO}} &= \pm \sigma_{ISO-HZ} \sqrt{2} \\ \sigma_{H_{ref}} &= \pm \frac{\sigma_{H_{ISO}}}{\sqrt{2}} = \pm \frac{\sigma_{ISO-HZ} \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \pm \sigma_{ISO-HZ} = \\ T_{ec} &= \pm 3 \sigma_{H_{ref}} \sqrt{2} =\end{aligned}$$

En la actualidad la observación planimétrica de la red con estación total se complementa con la medida de distancias, las cuales se obtienen en la observación de las vueltas de horizonte.

En la medida de distancias se aplica la corrección meteorológica, introduciendo los parámetros de presión y temperatura en el equipo en el momento de realizar la observación.

2.4.1.2. RED DE NIVELACIÓN

Definido el desnivel como la cota de un punto referida a la superficie de nivel que pasa por otro punto, se entiende por nivelación el procedimiento mediante el cual se determina el desnivel existente entre dos (o más) puntos.

A efectos alimétricos, en Topografía se considera la Tierra esférica siendo las superficies de nivel también esféricas, además de concéntricas y equidistantes, tal y como se muestra en la *Imagen 2.4.1.6*.

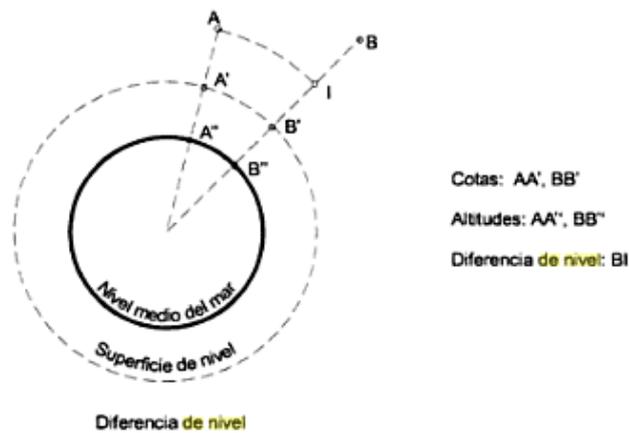


Imagen 2.4.1.6. Esquema desnivel entre dos puntos

2.4.1.2.1 INSTRUMENTACIÓN

Los instrumentos encargados de observar la diferencia de cotas entre puntos pueden ser manuales o electrónicos. La diferencia entre ambos consiste en que los manuales deben ser nivelados por el operador en cada punto, mientras que en el caso de los electrónicos, la línea de colimación queda automáticamente horizontal en cualquier punto gracias a un mecanismo compensador (activado mediante espejos compensadores, sistemas de péndulos y otros) de modo que la nivelación definitiva se realiza automáticamente.

El instrumental topográfico utilizado para la nivelación de la red consta de un nivel electrónico con el que se medirán los desniveles entre cada uno de los vértices (*Imagen 2.4.1.8*), así como la distancia entre los mismos. Se utilizó un trípode (*Imagen 2.4.1.9*) como medio de soporte y niveles esféricos (*Imagen 2.4.1.7*) con los que mantener la verticalidad de las miras electrónicas.



Imagen 2.4.1.7. Nivel esférico para mira



Imagen 2.4.1.8. Nivel electrónico Leica Sprinter 50



Imagen 2.4.1.9. Trípode

El nivel óptico consta de un anteojo similar al del teodolito con un retículo estadimétrico, para efectuar las correspondientes lecturas sobre las miras y un nivel de burbuja muy sensible (o un compensador de gravedad o magnético en el caso de los niveles automáticos), que permita mantener la horizontalidad del eje óptico del anteojo. Ambos están unidos solidariamente de manera que cuando el nivel está desnivelado, el eje del anteojo no mantiene una perfecta horizontalidad, pero al nivelar el nivel también se horizontaliza respecto al eje óptico.

En los últimos treinta años se ha producido un cambio en estos instrumentos. A principios de la década de los 80, casi todos los instrumentos que se utilizaban eran del tipo "manual" pero en este momento es raro encontrar uno de aquellos instrumentos, incluso son raras las marcas que aun los fabrican ya que las técnicas de fabricación se han perfeccionado tanto que los automáticos son tan precisos y fiables como los manuales.

Este instrumento debe tener unas características técnicas especiales para poder realizar su función, tales como burbuja para poder nivelar el instrumento, anteojo con los suficientes aumentos para poder ver las divisiones de la mira y un retículo con hilos para poder hacer la puntería y tomar las lecturas. También es muy probable que consten de un compensador para asegurar su perfecta nivelación y horizontalidad del plano de comparación.

La precisión de un nivel depende del tipo de nivelación para el que se utilice. Lo normal es un nivel de entre 20-25 aumentos y miras centimetradas o de doble milímetro. Con este nivel y la metodología apropiada se pueden hacer nivelaciones con un error de aproximadamente 1,5 mm por kilómetro de nivelada.

Para trabajos más exigentes existen niveles con nivel de burbuja partida, retículo de cuña, placas plano-paralelas con micrómetro y miras INVAR milimetradas, con los que se pueden alcanzar precisiones de unos 1,5 mm por kilómetro de nivelada.

El nivel electrónico o digital elegido para la realización de este proyecto fue el modelo Leica Sprinter 50. Es un nivel preciso que proporciona mediciones y lecturas con errores por debajo del milímetro.

Este aparato permite hacer puntería en la mira, enfocar y medir las distancias y desniveles con solo pulsar una tecla, visualizándose los datos casi al instante.

Presenta las siguientes características técnicas (Tabla 2.4.1.2):

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Precisiones de altura	Desviación típica en medición de altura por km de doble nivelación (ISO 17123-2)		Medición electrónica Medición óptica
	Lectura de mira sencilla	Desviación Típica	Electrónica Óptica
Precisiones de distancia	Desviación Típica		D ≤ 10m D ≥ 10m
	Alcance		10mm m x 0,001 2-100 m
Compensador	De péndulo con amortiguación magnética		rango ± 10min < 3seg
Tiempo para medida aislada	Aumento (óptico)		24x
Anteojo	Pilas secas AA		IP55 4 x LR6/AA/AM3 1.5V
Condiciones ambientales			< 2,5 kg
Fuente de alimentación			
Peso			

Tabla 2.4.1.2. Características técnicas del nivel electrónico Leica Sprinter 50

MIRAS ELECTRÓNICAS

En Topografía, una estadia o mira estadimétrica es una regla graduada que permite mediante un nivel topográfico, medir desniveles.

Son reglas graduadas en metros y decímetros, generalmente fabricadas de madera, metal o fibra de vidrio. Usualmente, para trabajos normales, vienen graduadas con precisión de 1 cm y apreciación de 1 mm. En el caso de este proyecto al tratarse de miras electrónicas (Imagen 2.4.1.10), la graduación sólo viene reflejada en una de las caras de la mira y la apreciación de la magnitud se hace de forma automática ya que el nivel registra directamente las lecturas.

Comúnmente, este tipo de miras se fabrican con longitud de 4 m divididas en 4 tramos plegables para facilidad de transporte y almacenamiento.



Imagen 2.4.1.10 .Miras electrónicas



2.4.1.2.2. PROCESO DE OBSERVACIÓN

Se realizó la nivelación de la red mediante el método de nivelación geométrica que es un método de obtención de desniveles entre dos puntos que utiliza visuales horizontales. Los equipos que se emplean son los niveles o equialtímetros.

Se utilizó un método de nivelación que se denomina **compuesta**, ya que las distancias entre los puntos de la red eran grandes para una sola nivelada y hubo que hacer un encadenamiento de nivelaciones.

Antes de realizar la observación topográfica se efectuó la comprobación del estado del nivel. Para ello se colocaron dos miras de código de barras perfectamente aplomadas separadas aproximadamente unos 80 metros entre ellas. Entre ambas y la mitad de distancia, se colocó el nivel. Se hicieron 2 lecturas a cada mira separadas del nivel unos 40 metros cada uno y se calculó el nivel existente entre ambas. Este desnivel se encuentra libre de errores aun estando descorregido, debido a la perfecta simetría de la observación.

Posteriormente desplazamos el nivel lo más cerca posible de uno de los extremos y se efectuamos de nuevo lecturas a ambas miras, calculando de nuevo su desnivel y realizamos la misma maniobra desde el otro extremo.

Los desniveles obtenidos fueron idénticos lo que puso de manifiesto que el aparato no se encontraba descorregido. Si existiera diferencia entre los desniveles obtenidos debería llevarse el nivel al servicio técnico correspondiente.

Los métodos de nivelación nos dan diferencias de nivel. Para obtener altitudes, cotas absolutas, habría que referir aquellos resultados al nivel medio del mar en un punto, que en España es el nivel medio del mar en Alicante.

En este caso se ha utilizado el método del punto medio que se explica a continuación.

- Sean A y B dos puntos cuyo desnivel se quiere determinar, consiste en estacionar el nivel entre A y B, de tal forma que la distancia existente a ambos puntos sea aproximadamente la misma; es decir $EA = EB$. La igualdad de distancias entre el punto de estación y las miras, que caracteriza a este método de nivelación, se realizó contando pasos, siempre que previamente se haya verificado el equipo.
- En A y B se situaron miras verticales, sobre las que se efectúan las visuales horizontales con el nivel, registrando las lecturas m_A , m_B . A la mira situada en A se le denomina mira de espalda y a la mira situada en B mira de frente.
- El punto de estación no está materializado por ningún tipo de señal. Los puntos sobre los que se sitúan las miras tampoco, excepto los que pertenecen a los vértices de la red.

El esquema de observación es el siguiente (*Imagen 2.4.1.11*):

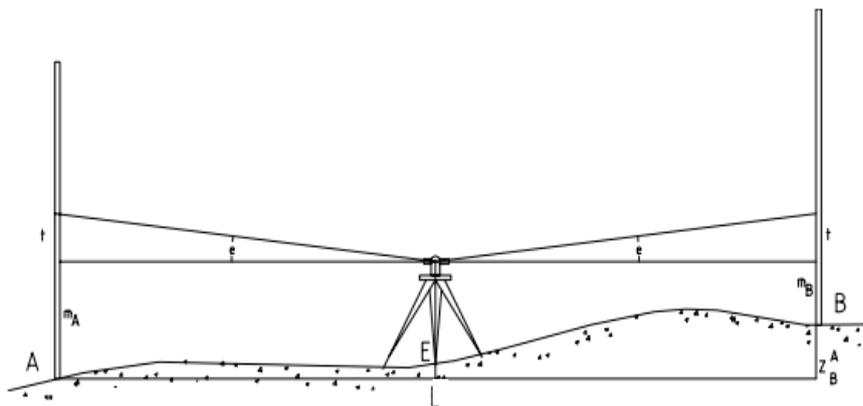


Imagen 2.4.1.11. Esquema gráfico de observación

Supongamos que el instrumento tiene un error residual de corrección (e). En este caso las visuales no serán exactamente horizontales. La influencia de este error en las alturas de mira (t) será igual en ambas miras, al cumplirse la equidistancia de la estación respecto de A y B. Al ser iguales los errores que afectan a m_A y m_B , su diferencia, que es el desnivel, será correcto. El desnivel está exento de errores sistemáticos y de la influencia de la esfericidad y refracción atmosférica, debido a la igualdad de distancias entre miras.

Como las distancias entre vértices son superiores a los 100 metros en la mayoría de los casos, necesitaremos varias niveladas para calcular el desnivel total entre los puntos. Para ello mantendremos la mira en la que hacemos lectura de frente en su sitio y moveremos el nivel y la mira de espalda a su nueva posición, consiguiendo que la mira de frente pase a ser la lectura que se hace de espalda y viceversa.

El esquema realizado para la nivelación de la red consiste en tres anillos cerrados entre sí y dos líneas de nivelación doble que comunican con los vértices 10 y 15 situados en los puentes. Como estos tramos no tenían comprobación se determinó realizar dos líneas de nivelación por cada tramo, una de ida y otra de vuelta, como podemos observar en la figura siguiente (*Imagen 2.4.1.12*).



Imagen 2.4.1.12. Croquis de la red de nivelación realizada.



2.4.2. TÉCNICAS GNSS

El objetivo de la red GNSS en este proyecto consiste en la obtención de coordenadas referidas a un sistema oficial de todos los puntos que componen la red topográfica, observada ya por métodos clásicos y su correspondiente comparación de resultados.

Además, como ya hemos comentado anteriormente, la obtención de estas coordenadas nos permite usarlas como aproximadas en el ajuste de la red por el método de MMCC y el método de estimación robusta.

La recopilación de datos obtenidos por técnicas GPS es mucho más rápida que las técnicas convencionales de topografía y cartografía, ya que reduce la cantidad de equipos y la mano de obra que se requiere. Un solo operador puede lograr en un día lo que antes le tomaba varias semanas a todo un equipo, motivo por el que en muchos casos y siempre dependiendo de la precisión que se desee obtener, este tipo de mediciones han sustituido a los métodos clásicos.

A diferencia de las técnicas convencionales, la topografía mediante el sistema GPS no está sometida a restricciones como la línea de visibilidad directa entre las estaciones topográficas. Las estaciones se pueden desplazar a mayores distancias entre una y otras, y pueden funcionar en cualquier lugar con buena vista del cielo, en vez de limitarse a cimas remotas, como se requiere en los métodos clásicos.

Para lograr el máximo nivel de precisión, la mayoría de los receptores de categoría topográfica utilizan dos frecuencias de radio GPS: L1 y L2.

2.4.2.1. INSTRUMENTACIÓN

La metodología de los receptores GPS se basa en la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre, apoyándose en la información radioeléctrica enviada por satélites.

La principal diferencia entre unos equipos GPS y otros, atiende a la precisión que permiten alcanzar. En este caso el receptor utilizado es de doble frecuencia, ya que son los equipos que proporcionan una mayor precisión.

Estos equipos están compuestos por:

- ANTENA: recibe y amplifica la señal recibida de los satélites.
- RECEPTOR: procesador que decodifica la señal recibida por la antena y registra las observaciones.
- TERMINAL: interface de usuario que permite conocer el estado de la recepción, el proceso de cálculo y llevar a cabo la edición de los datos del receptor.

Para el cálculo de la red de nuestro proyecto con técnicas GPS utilizamos cuatro receptores modelo Leica System 500 (*Imagen 2.4.2.1*), además de elementos auxiliares, como el trípode (*Imagen 2.4.2.2*) para el estacionamiento de los receptores configurados en modo estático relativo por diferencia de fase.

El tipo de receptor incorporado fue una antena AT 502 de doble frecuencia, con posibilidad de uso en tiempo real (RTK).



Imagen 2.4.2.1. Gps Leica System 500 y Antena AT 502



Imagen 2.4.2.2. Trípode

Las precisiones nominales de este equipo son:

- **Precisión RTK**

Vertical: 10 mm + 2 ppm

Horizontal: 20 mm + 2 ppm (cinemática)

- **Post-proceso**

Vertical: 5 mm + 1 ppm

Horizontal: 10 mm + 1 ppm (estática)

Debemos tener en cuenta que las precisiones finales en posición y altura dependen de varios factores como pueden ser: el número de satélites, la geometría, el tiempo de observación y la precisión de las efemérides, las perturbaciones por la ionosfera y el efecto multi-trayectoria entre otros.

El Plano Mecánico de Referencia (MRP) o datum del cual se mide la altura de antena en el modelo AT 502, y a partir del cual se calculan las excentricidades del centro de fase corresponde a la parte inferior de la inserción metálica de la rosca (*Imagen 2.4.2.3*).

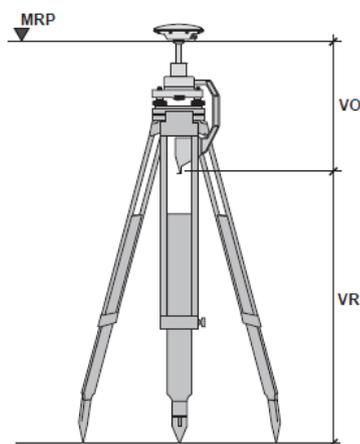


Imagen 2.4.2.3. Esquema medición de altura de antena

VO Offset Vertical
VR Lectura de Altura Vertical
MRP Plano Mecánico de Referencia

En el caso de estacionamiento sobre trípode, que es el utilizado en este proyecto, la lectura de Altura Vertical (VR) se mide con el gancho de alturas (*Imagen 2.4.2.4*).

El valor del Offset Vertical (VO) se incluye en el registro de tipos de antena, y para un montaje en trípode con gancho de alturas como se muestra, es de 0,36 m.



Imagen 2.4.2.4. Gancho de alturas

2.4.2.2. PROCESO DE OBSERVACIÓN

Dos de los receptores GPS fueron configurados en modo estático relativo por diferencia de fase y otros dos en modo tiempo real (RTK- Real Time Kinematic) que fueron comprobados previamente antes de ser trasladarlos a la zona de trabajo. Al comenzar las mediciones, uno de los receptores configurados en estático no conectaba correctamente, por lo que sólo se utilizó un equipo.

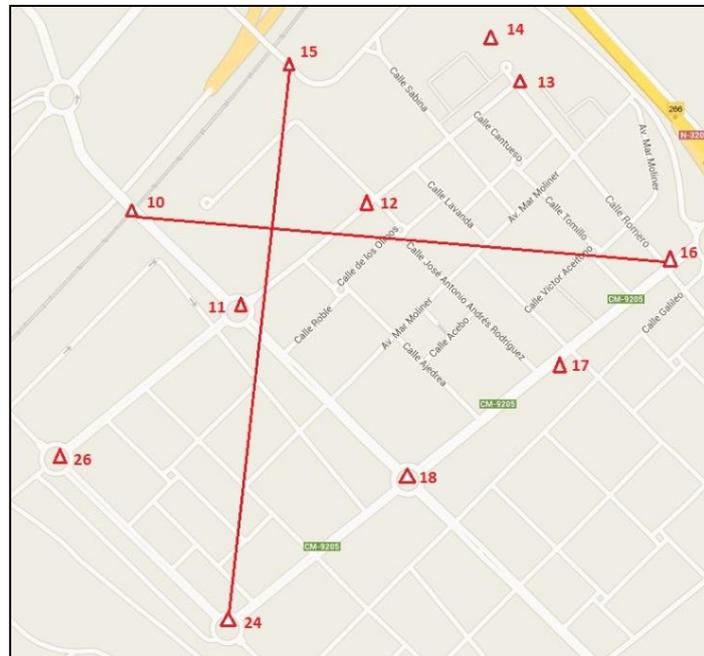


Imagen 2.4.2.5. Diseño de la red de puntos implantada en Valdeluz

Se definieron inicialmente 3 puntos que tendrían coordenadas fijas en la red. Elegimos los puntos 10, 16 y 24 por la posición que ocupaban en el conjunto del sistema de puntos (*Imagen 2.4.2.5*), siendo éstos los que definen de una forma muy abstracta la extensión y forma de la red.

Se estacionó el receptor configurado en modo estático relativo por diferencia de fase en el vértice 16 y se inició la toma de datos controlando en todo momento el tiempo de exposición, la posible pérdida de satélites y el GDOP (que determina la precisión con la que se toman los puntos).



Mientras el punto 16 registraba los datos, dos operarios recorrieron toda la extensión de la red con los dos GPS configurados en modo RTK y fueron tomando los datos de los restantes puntos que componen la red (10 puntos, de los 11 existentes).

Se tardó unos 40 minutos en realizar esta operación, con los dos operarios registrando puntos simultáneamente y utilizando un vehículo a motor para los desplazamientos entre los mismos. Ese tiempo fue el que se estuvo registrando datos el equipo GPS posicionado en el punto 16 en modo estático relativo por diferencia de fase.

Este proceso se realizó 2 veces más estacionando el receptor GPS configurado en modo estático relativo por diferencia de fase en los otros dos puntos fijos escogidos con anterioridad (10 y 24).

Finalmente y tras haber terminado la fase de la toma de datos, los resultados obtenidos se pueden resumir en:

- 3 puntos de coordenadas fijas obtenidos en modo estático relativo con diferencia de fase (10, 16 y 24)
- 3 resultados obtenidos en modo RTK del resto de puntos de la red.

Posteriormente a la realización de este proceso se concretó que sería interesante y muy conveniente establecer también el vértice 15 como punto fijo en la red, quedando mejor definida la misma y dándonos un punto fijo importante en el cálculo de la altimetría.

Por este motivo hubo que regresar a la zona de trabajo y estacionar uno de los receptores configurados en modo estático relativo por diferencia de fase en el vértice 15, manteniendo la toma de datos unos 40 minutos, al igual que en el resto de puntos fijos.

De esta forma la red está dotada finalmente de 4 puntos fijos (10, 16, 24 y 15) que se introducirán posteriormente en el ajuste como coordenadas fijas. El resto de coordenadas obtenidas en tiempo real se utilizarán como valores aproximados de las incógnitas que calcularemos en el ajuste.

Una vez finalizado el trabajo procedemos a la descarga de los datos obtenidos.



2.5. CÁLCULO Y AJUSTE

En esta fase se va a proceder al detallado del proceso seguido de los datos recogidos con el instrumental ya comentado en la sección 2.4.3.2. Esta fase comprende el procesado de los datos GNSS, así como los datos clásicos obtenidos con la estación total y el nivel electrónico.

2.5.1. GNSS

Para el procesado de los datos GNSS se ha seguido la metodología consistente en el volcado directo de los datos en el programa Leica Geo Office, donde se van a ser procesados y editados y donde se va a realizar el cálculo de vectores o líneas-base, el ajuste de la red y el cálculo de coordenadas en el Sistema Geodésico de Referencia correspondiente.

En esta fase del proceso se dará una primera forma a la red topográfica observada, ya que se tratará de obtener un posicionamiento terrestre real para cada uno de los vértices que componen dicha red.

2.5.1.1. VOLCADO DE DATOS

El procesado de los datos GNSS se ha realizado, como ya se ha comentado, con el programa Leica Geo Office. Se han incorporado a él los datos almacenados en las tarjetas de memoria Compact Flash del propio instrumental empleado en la fase de observación en campo. En este caso se han incorporado dos tipos de datos: los datos brutos de código y fase obtenidos por técnicas GNSS estáticas y los vectores RTK obtenidos también por observación GNSS, esta vez, en tiempo real, con su correspondiente matriz varianza-covarianza.

Los datos de código y fase han sido convenientemente tratados a fin de obtener, como producto final, vectores entre los puntos observados que componen la red, así como coordenadas de los mismos y sus precisiones.

Estas primeras coordenadas que se han obtenido tras el volcado de datos son *de navegación*; es decir, se trata de coordenadas calculadas para cada vértice de forma estática con técnicas GNSS, a partir de unas pseudodistancias de código como se puede ver en la *imagen 2.5.1*.

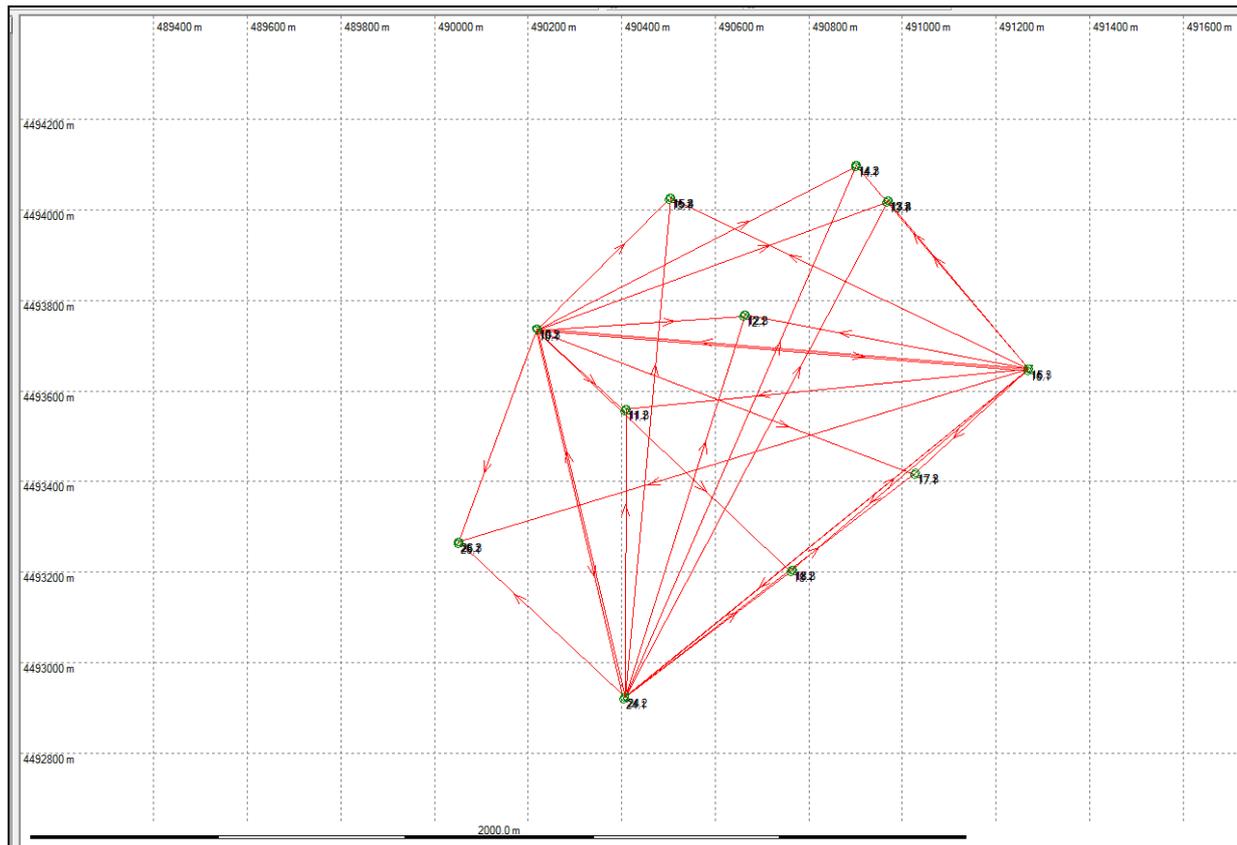


Imagen 2.5.1. Gráfico sin tratar de la red tras el volcado de datos extraída del programa de cálculo Leica Geo Office.

2.5.1.2. CÁLCULO DE LOS VECTORES DE LA RED

En esta fase se ha procedido a la edición de los datos brutos de campo (código y fase) corrigiendo las alturas de antena a los valores obtenidos en campo y siendo debidamente nombrados.

Además, para efectuar el enlace con la Red Geodésica Nacional, se han incorporado al programa de cálculo GNSS, los datos RINEX de la estación permanente que el IGN tiene en Yebes, Guadalajara (YEBE). Los datos incorporados son los archivos registrados cada intervalo horario de 10 segundos, los cuales se recolectaron durante una media de 40 minutos por sesión.

Desde la estación permanente de Yebes se han calculado los vectores que unen dicha estación permanente con los vértices 10, 15, 16 y 24. La distancia media entre tales vértices con la estación permanente es de 6,66 km.

Se incluyeron además, los datos de calibración de las antenas utilizadas; la Leica ATX1202 para los puntos levantados, y la Trimble modelo TRM29659.00 NONE para la estación de Yebes. Estos datos se han obtenido de la propia página del IGN (<ftp://ftp.geodesia.ign.es>) y del National Geodetic Survey (NGS) en la dirección <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL>, en formato ANTEX.

En todo momento se fijaron las ambigüedades de fase tanto en L1 como en L2. Esto quiere decir que se ha calculado con suficiente precisión la distancia existente entre los satélites y el receptor estático en el momento de la observación, de modo que se puede decir que los resultados obtenidos son fiables, pues se encuentran por debajo del centímetro de precisión, como podrá observarse más adelante.

Una vez depuradas las observaciones, se ha procedido al cálculo de los vectores que unen la estación YEBE con el resto (*imagen 2.5.2*). Se han usado las coordenadas de partida de la estación YEBE que están disponibles en el Sistema Geodésico de Referencia (SGR) ETRS89. Así todo el trabajo posterior va a quedar referenciado en este SGR, tal como obliga el RD 1071/2007.

Por otro lado, se han calculado las coordenadas planimétricas en el sistema de coordenadas UTM zona 30 y, para la obtención de una altitud ortométrica, se ha incorporado al proceso de datos GNSS el modelo de geode EGM08-REDNAP, también del IGN. De esta forma se han calculado altitudes ortométricas a partir de las elipsoidales.

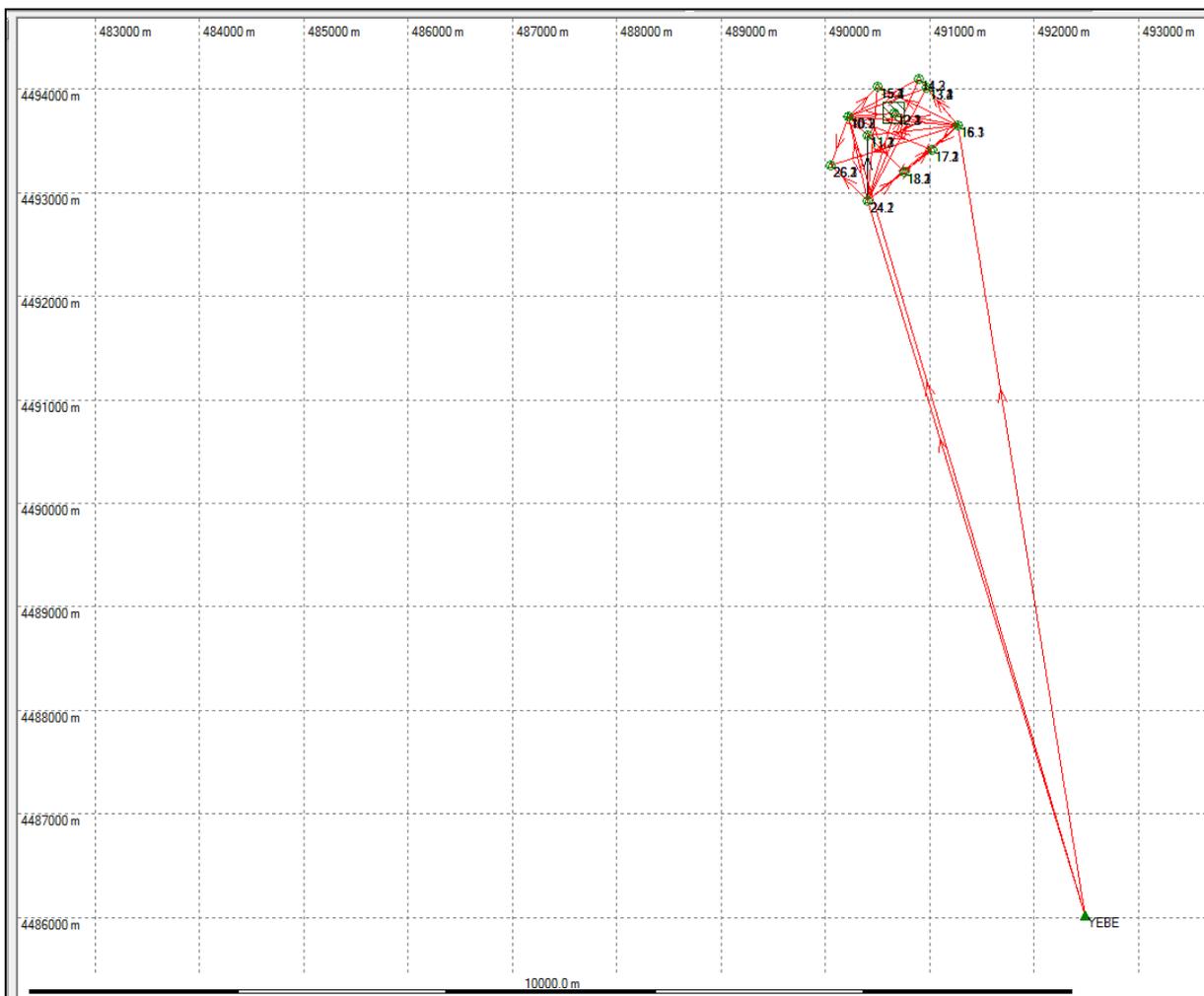


Imagen 2.5.2. Gráfico de la red enlazada a la estación permanente de Yebe tras el cálculo de los vértices

2.5.1.3. AJUSTE DE LA RED

El objetivo principal del ajuste de la red a través de este programa es el de obtener unas coordenadas ajustadas para los puntos que forman el proyecto, proceso realizado por mínimos cuadrados.

Una vez calculados los vectores estáticos desde la estación YEBE, se unieron éstos a los vectores RTK calculados en campo e integrados en la red en la sección 2.5.1.1. en un ajuste conjunto. Se tuvieron en cuenta, además de las componentes del vector espacial RTK, la información completa de sus matrices de varianza-covarianza.

El ajuste se realizó constreñido a las coordenadas ETRS89 de la estación de Yebes. Una vez realizado el ajuste, todas las estaciones observadas de la red, ya sea en estático o en RTK, disponen de coordenadas ETRS89. Es en este momento cuando ya se ha formado la red completa, obteniendo el resultado que se incluye en las *tablas 2.5.1.* y *2.5.2* que muestran tanto las coordenadas como sus precisiones:

COORDENADAS GNSS (UTM30-ERTS89)						
Vértice	E (m)	N (m)	H (m)	φ	λ	h (m)
10	490217,849	4493734,063	930,455	40° 35' 39,65967" N	3° 06' 56,18776" W	982,458
11	490406,613	4493556,628	914,916	40° 35' 33,91304" N	3° 06' 48,14701" W	966,918
12	490661,762	4493765,158	913,562	40° 35' 40,68656" N	3° 06' 37,30288" W	965,569
13	490966,930	4494015,970	916,695	40° 35' 48,83305" N	3° 06' 24,33233" W	968,706
14	490900,386	4494095,172	916,152	40° 35' 51,39914" N	3° 06' 27,16762" W	968,163
15	490502,536	4494022,903	934,569	40° 35' 49,03922" N	3° 06' 44,09126" W	986,576
16	491268,558	4493645,773	918,599	40° 35' 36,83858" N	3° 06' 11,48034" W	970,608
17	491026,701	4493415,831	918,805	40° 35' 29,37179" N	3° 06' 21,75846" W	970,810
18	490762,888	4493200,504	916,669	40° 35' 22,37783" N	3° 06' 32,97073" W	968,670
24	490405,039	4492918,523	913,818	40° 35' 13,21801" N	3° 06' 48,17901" W	965,815
26	490050,584	4493261,658	912,124	40° 35' 24,33147" N	3° 07' 03,27731" W	964,121
YEBES	492492,886	4486022,150	920,823	40° 31' 29,63168" N	3° 05' 19,06498" W	972,778

Tabla 2.5.1. Coordenadas obtenidas para los vértices de la red por técnicas GNSS

PRECISIONES OBTENIDAS			
Vértice	φ (m)	λ (m)	h (m)
10	0,023	0,017	0,041
11	0,021	0,015	0,037
12	0,033	0,023	0,057
13	0,026	0,020	0,048
14	0,022	0,015	0,039
15	0,002	0,002	0,003
16	0,002	0,002	0,003
17	0,021	0,015	0,037
18	0,022	0,017	0,039
24	0,002	0,002	0,004
26	0,022	0,016	0,039

Tabla 2.5.2. Precisiones obtenidas para los vértices de la red por técnicas GNSS



2.5.2 OBSERVACIONES CLÁSICAS

Además de las observaciones GNSS, como ya se ha comentado en el apartado anterior, también se han realizado diversas observaciones, en los mismos puntos, mediante estación total y nivel con los que se han obtenido medidas clásicas para el levantamiento de una red, como lo son los ángulos, distancias y desniveles.

En esta fase del proyecto se reajustarán las coordenadas obtenidas en la sección 2.5.1.3 por técnicas GNSS, las cuales se tomarán como coordenadas aproximadas.

2.5.2.1. VOLCADO DE DATOS

Durante el proceso de observación de la red topográfica, los datos recogidos se fueron almacenando en las tarjetas de memoria Compact Flash del propio instrumental empleado en la fase de observación en campo. En este caso se han incorporado dos tipos de datos: angulares y longitudinales.

Estos datos, por la forma en que han sido obtenidos y registrados, no requieren ningún tipo de tratamiento especial como sucedía con los datos del instrumental GNSS. Solo es necesario corregir, en el listado de datos que se extraen de las tarjetas, cualquier error de anotación cometido en campo como puntos medidos de más.

2.5.2.2. TRATAMIENTO DE DATOS

Una vez importado el fichero se realizó la media entre las visuales recíprocas registradas en el trabajo de campo para eliminar los errores sistemáticos que posee el propio instrumental. La magnitud obtenida para dichos errores se encuentra en un intervalo de:

- $0^{\text{cc}} < \text{error sistemático horizontal} < 41^{\text{cc}}$
- $1^{\text{cc}} < \text{error sistemático cenital} < 49^{\text{cc}}$

Del mismo modo se realizaron las medias aritméticas de las distancias geométricas observadas en campo entre las mismas estaciones, obteniendo un rango de desviación en distancias de 2cm aproximadamente.

Como se ha comentado en el apartado 2.4.1.2, la observación de la red constó de dos vueltas de horizonte por cada punto de estación. Pudiendo haber realizado un promedio de las observaciones ya corregidas de errores sistemáticos, así como de distancias y alturas de instrumento y jalón, se decidió emplear todos los datos medidos a fin de poseer una redundancia lo más elevada posible.

2.5.2.3. AJUSTE DE LA RED

Una vez que se obtuvieron unas medidas exentas de errores sistemáticos se procedió al cálculo de un ajuste por MMCC para obtener unas correcciones a aplicar a las coordenadas aproximadas empleadas. Como coordenadas aproximadas se han tomado las obtenidas por técnicas GNSS, como ya se ha comentado.

Se ha trabajado en dos fases diferenciadas, calculando de forma independiente las coordenadas E, N (UTM) de los vértices y la coordenada H de los mismos. No se calculó la red como si fuera tridimensional, sino que se dividió en ajuste planimétrico y ajuste altimétrico como se puede ver a continuación.

1) RED PLANIMÉTRICA:

Al tratarse de una triangulación, ya que se han medido ángulos y distancias, será necesaria la orientación de una base. Para ello, se decidió emplear las coordenadas obtenidas en el sistema de referencia oficial (ETRS89) calculadas con técnicas GNSS de cuatro de los puntos, por lo tanto, conocíamos sin error las líneas base que los unían. Dichos puntos han sido los medidos en post-proceso durante la observación GNSS de la red.

Conociendo los puntos fijos procederemos al ajuste por mínimos cuadrados, que nos permitirá conjugar las observaciones angulares con las de distancia teniendo claro qué parámetros serán los que se quieren determinar y qué serie de datos se introducirán en el ajuste.

En este caso, los factores que plantearemos como incógnitas serán:

- Las correcciones a aplicar a nuestras coordenadas iniciales que no sean fijas.
- Las desorientaciones de cada punto de estación, incluidos los puntos fijos.
- El factor de escala, que representa la relación de proporcionalidad entre el patrón de medida definido por el marco de referencia (ETRS 89) y el del distanciómetro utilizado en la observación.

Por un lado, se plantearon las ecuaciones de condición para cada tipo de observación realizada y que siguieron la siguiente estructura:

Ecuaciones de observación

$$V_{\alpha} = \frac{\rho^{cc}}{D(utm)^2} * ((\Delta N \partial E_v - \Delta E \partial N_v - \Delta N \partial E_e + \Delta E \partial N_e) + \Sigma - (\theta_{calc} - \theta_{obs}))$$

- $\rho^{cc}=636620$ (coeficiente de homogeneización con el que expresar en segundos las ecuaciones de observación).
- $D(utm)$ (distancia calculada a partir de las coordenadas iniciales en el sistema UTM).

- ΔN y ΔE (incrementos de coordenadas UTM entre el punto de estación y visado).
- ∂E y ∂N (variaciones diferenciales de las coordenadas que se pretenden calcular).
- Σ (desorientación de la vuelta de horizonte de la estación).
- θ_{calc} y θ_{obs} (acimut calculado y observado entre vértices de la red, respectivamente).

Ecuaciones de distancia

$$V_d = \frac{1}{D(utm)} * ((\Delta E \partial E_v - \Delta E \partial E_e + \Delta N \partial N_v - \Delta N \partial N_e) - \mu + (D_{calc} - D_{obs}))$$

- μ (factor de escala comentado más arriba).

Debido a la diferente naturaleza y precisión de las observaciones, fue necesario ponderar tales ecuaciones con el objetivo de homogeneizarlas. Para ello se empleó una matriz de pesos compuesta por una matriz diagonal formada por la inversa del error medio cuadrático "a priori" obtenida en el proceso de observación. Esta precisión la obtendremos de las características del propio instrumental ya descrito en la sección 2.4.1.1.

$$\text{Para Ángulos: } \sigma_\alpha = \sqrt{e_\alpha^2 + \sqrt{\frac{e_e^2 + e_s^2}{D(utm)^2}}}$$

$$\text{Para Distancias: } \sigma_d = \sqrt{e_e^2 + e_s^2 + (a + b * D(utm))^2}$$

Donde:

- e_α (precisión angular de la estación total empleada en la observación).
- e_e (error cometido en el estacionamiento del instrumento).
- e_s (error cometido en el calado del prisma).
- $a + b * D(utm)$ (error cometido con el distanciómetro).

De esta forma podemos crear la matriz de pesos con la que homogeneizar todas las ecuaciones de observación. Seguirá el siguiente modelo:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma_\alpha^2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{1}{\sigma_d^2} \end{pmatrix}$$

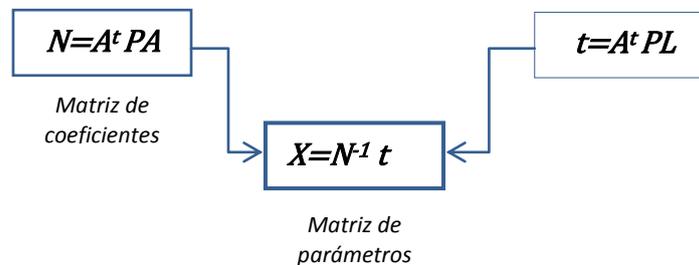
Como se comentará en apartados posteriores, el peso queda definido por el cociente entre la varianza de referencia "a priori" (σ_o^2) y la precisión de las observaciones. En este caso se ha tomado la varianza de referencia "a priori" igual a la unidad.

Para el ajuste de la red se ha empleado el método paramétrico, cuyo modelo matemático viene dado por:

$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} V_a \\ \vdots \\ V_d \end{pmatrix}$ <p>VECTOR RESIDUOS</p>	=	A	*	$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \partial E \\ \partial N \\ \vdots \\ \partial \Sigma \\ \mu \end{pmatrix}$ <p>PARÁMETROS</p>	-	$\mathbf{L} = \begin{pmatrix} \theta_1 - \theta_0 \\ \theta_n - \theta_0 \\ \vdots \\ D_1 - D_0 \\ D_n - D_0 \end{pmatrix}$ <p>OBS - CALC</p>
---	---	----------	---	--	---	--

A continuación se calculó el sistema de ecuaciones normales, con el que obtener la matriz de parámetros necesaria para corregir las coordenadas aproximadas iniciales.

De este modo se tiene:



Cálculo de precisiones “a posteriori”:

Una vez se obtuvo el vector de parámetros $\hat{\mathbf{X}}$ se pudo calcular el vector de residuos ($\hat{\mathbf{V}}$), que dará una estimación de la calidad de las observaciones tomadas en campo, calculando a partir de él la desviación estándar “a posteriori” ($\hat{\sigma}_o$):

$$\hat{\sigma}_o = \sqrt{\frac{V^t P V}{r}} = 8.2134 \quad \text{Siendo } r \text{ la redundancia del sistema}$$

A partir de este valor y de los elementos que componen la diagonal principal de la matriz \mathbf{N}^{-1} se fueron calculando las precisiones con que realmente ha sido obtenida la red, empleando la siguiente ecuación:

$$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_\Sigma = \sqrt{N_{ij}^{-1}} * \hat{\sigma}_o$$

Siendo $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_\Sigma$ la precisión obtenida para cada magnitud calculada; coordenadas y desorientaciones en este caso.

Los resultados que se muestran a continuación son fruto de una segunda iteración, con la cual se comprobó que las correcciones a aplicar a las coordenadas aproximadas iniciales son prácticamente de cero (*tabla 2.5.4 y 2.5.5*). Por este motivo, se decide tomar como coordenadas aproximadas para el estudio por métodos de estimación robusta las obtenidas con las correcciones de la primera iteración, las cuales se muestran a continuación (*tabla 2.5.3*), junto a sus precisiones.

COORDENADAS AJUSTADAS UTM30		
VÉRTICE	E (m)	N (m)
10	490217,849	4493734,063
11	490406,608	4493556,626
12	490661,765	4493765,157
13	490966,931	4494015,986
14	490900,385	4494095,180
15	490502,536	4494022,903
16	491268,558	4493645,773
17	491026,705	4493415,824
18	490762,879	4493200,486
24	490405,039	4492918,523
26	490050,570	4493261,647

Tabla 2.5.3. Coordenadas ajustadas por MM.CC

X		σ	
0.000	±	0.008	m
0.000	±	0.007	
0.000	±	0.009	
0.000	±	0.006	
0.000	±	0.008	
0.000	±	0.007	
0.000	±	0.007	
0.000	±	0.007	
0.000	±	0.005	
0.000	±	0.006	
0.000	±	0.005	
0.000	±	0.005	
0.000	±	0.006	
0.000	±	0.008	
-0.0002	±	10.3267	cc
0.0002	±	11.2457	
0.0002	±	10.2033	
0.0001	±	8.7916	
-0.0001	±	9.4187	
-0.0001	±	7.8914	
-0.0001	±	9.6529	
0.0000	±	7.5891	
0.0003	±	11.1186	
0.0000	±	7.9696	
0.0000	±	6.9271	
-4.54E-05	±	7.56E-06	ppm

Tablas 2.5.4 y 2.5.5. Parámetros obtenidos en la 2ª iteración y su correspondiente precisión

Se puede observar que la precisión alcanzada en la observación y el cálculo de la red topográfica está en torno al centímetro.

II) RED ALTIMÉTRICA:

Como se ha dicho anteriormente, se trata de una triangulación en la que se miden gran cantidad de variables, entre otras las necesarias para obtener los desniveles existentes entre todos los vértices visados.

Del mismo modo que en planimetría, se empleará el criterio de los mínimos cuadrados para el cálculo altimétrico, el cual presentará el mismo número de ecuaciones de condición como observaciones haya hechas; es decir que se seguirá el modelo paramétrico para la resolución del problema.

Partiendo de las cotas ortométricas obtenidas por técnicas GNSS como cotas aproximadas y teniendo en cuenta el vértice 15 como punto fijo, se fueron realizando una serie de cálculos que permitieran establecer las matrices de cálculo para obtener el modelo matemático, el cual sigue la siguiente estructura:

V		X		L
$\begin{pmatrix} V_{\Delta h_1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{\Delta h_n} \end{pmatrix}$	=	A	*	$\begin{pmatrix} \Delta h_1 - \Delta h_0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta h_n - \Delta h_0 \end{pmatrix}$
VECTOR RESIDUOS		MATRIZ DE COEFICIENTES		PARÁMETROS
				OBS - CALC

La matriz **A** está formada por la inversa de la distancia reducida a la estación, mientras que la matriz **L** está formada por la diferencia entre el desnivel calculado mediante diferencia de altitudes y el desnivel observado obtenido a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta h = \frac{D_{est}}{\tan V} + i - m - 0,42 * \frac{D_{est}^2}{R}$$

- **D_{est}** (distancia reducida a la superficie de nivel de cada estación).
- **V** (ángulo cenital observado).
- **i** (altura del instrumento).
- **m** (altura de la mira).
- **$R=6378km$** (radio terrestre).

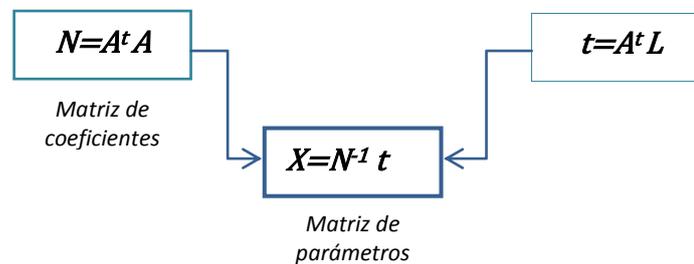
El último término de la ecuación anterior corresponde a la corrección por esfericidad y refracción, para poder corregir la influencia de dichos fenómenos en las visuales.

Mientras que para planimetría se empleó una matriz de pesos con la que ponderar las observaciones de distinta precisión, en este caso se ponderó proporcionalmente a través de las distancias. Estas distancias han sido aplicadas directamente en las matrices de cálculo, multiplicando tales matrices por el peso aplicado en este caso:

$$P = \frac{\sigma_0^2}{D_{est}^2} = \frac{1}{D_{est}^2}$$

- Del mismo modo que en planimetría, se ha tomado la varianza de referencia "a posteriori" (σ_0^2) igual a la unidad.

A continuación se calculó el sistema de ecuaciones normales, con el que obtener la matriz de parámetros necesaria para corregir las cotas aproximadas iniciales. En esta matriz no habrá corrección para el punto 15, ya que se toma como punto sin error.



Cálculo de precisiones "a posteriori":

Una vez se obtuvo el vector de parámetros \hat{X} se pudo calcular el vector de residuos (\hat{V}), que dará una estimación de la calidad de las observaciones tomadas en campo, calculando a partir de él la desviación estándar "a posteriori" ($\hat{\sigma}_0$):

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{v^t p v}{r}} = 3,2104 \quad \text{Siendo } r \text{ la redundancia del sistema}$$

A partir de este valor y de los elementos que componen la diagonal principal de la matriz N^{-1} se fueron calculando las precisiones con que realmente han sido obtenidas las altitudes de la red, empleando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\Delta dh} = \sqrt{N_{ij}^{-1}} * \hat{\sigma}_0$$

Siendo $\sigma_{\Delta dh}$ la precisión obtenida para cada magnitud calculada; desniveles en este caso.

De este modo se obtienen los siguientes parámetros de corrección (\hat{X}) y la precisión con que han sido obtenidos (tabla 2.5.6 y 2.5.7). Con dichos parámetros se obtendrán unas altitudes corregidas (tabla 2.5.8):

X		σ	
-0.007	±	0.042	m
0.018	±	0.038	
-0.010	±	0.036	
0.017	±	0.045	
0.027	±	0.045	
0.005	±	0.058	
-0.004	±	0.055	
0.016	±	0.054	
-0.018	±	0.062	
-0.003	±	0.055	

Tablas 2.5.6 y 2.5.7. Correcciones obtenidas y su correspondiente precisión

ALTITUDES CORREGIDAS	
VÉRTICE	H (m)
10	930.449
11	914.929
12	913.540
13	916.708
14	916.174
16	918.607
17	918.798
18	916.680
24	913.771
26	912.121

Tabla 2.5.8. Altitudes ajustadas por MM.CC

Se puede observar que las precisiones obtenidas son bastante superiores a lo que se podría esperar. Esto se puede deber a que en la obtención de los desniveles observados influyen muchas magnitudes afectadas de errores accidentales. Al tratarse de un valor obtenido de forma indirecta, no se podrá obtener la misma precisión que si se obtuviera de forma directa. Es por este motivo por el que se decidió completar la altimetría de la red observando una red de nivelación, como bien se ha comentado en el apartado 2.4.

III) COORDENADAS OBTENIDAS

A continuación se muestra la tabla 2.5.9 donde se presenta un resumen de las coordenadas planimétricas y altimétricas de la red obtenidas por técnicas clásicas de ajuste, en el plano de proyección UTM30.

COORDENADAS AJUSTADAS UTM30				PRECISIONES (m)		
VÉRTICE	E (m)	N (m)	H (m)	σ_E	σ_N	σ_H
10	490217.849	4493734.063	930.449	0.000	0.000	0.042
11	490406.608	4493556.626	914.929	0.005	0.005	0.038
12	490661.765	4493765.157	913.540	0.005	0.006	0.036
13	490966.931	4494015.986	916.708	0.008	0.007	0.045
14	490900.385	4494095.180	916.174	0.009	0.006	0.045
15	490502.536	4494022.903	934.567	0.000	0.000	0.000
16	491268.558	4493645.773	918.607	0.000	0.000	0.058
17	491026.705	4493415.824	918.798	0.008	0.007	0.055
18	490762.879	4493200.486	916.680	0.007	0.007	0.054
24	490405.039	4492918.523	913.771	0.000	0.000	0.062
26	490050.570	4493261.647	912.121	0.006	0.008	0.055

Tabla 2.5.9. Coordenadas y precisiones obtenidas con observaciones clásicas para la red observada

Como se puede apreciar, aquellos vértices introducidos como puntos fijos (10, 15, 16 y 24) poseen una precisión de $\pm 0,000$ m, pues son puntos que se obtienen sin error.



2.5.2.4. TOPCAL

Este apartado está dedicado al cálculo de la red, pero haciendo uso del programa de cálculo topográfico TopCal. Este programa permite realizar cualquier tipo de cálculo topográfico, partiendo de las observaciones clásicas tomadas en campo y de unas coordenadas aproximadas. Estas coordenadas aproximadas serán las obtenidas por técnicas GNSS, como se hizo para el ajuste por MMCC a través del Excel.

Una vez exportadas las observaciones y las coordenadas iniciales, se procede al ajuste por MMCC. En este caso, como sucedía en la sección 2.5.1, se calculará la red completa; es decir que se obtendrán las coordenadas planimétricas y altimétricas a la vez. Al final del proceso se obtendrá un informe donde quedará reflejado todos los parámetros que intervienen en el ajuste, como pueden ser las características de la red, los valores residuales de las observaciones y las elipses de error estándar.

Topcal también proporciona un croquis de la red donde se muestran las elipses de error estándar comentadas, las cuales están relacionadas con la precisión obtenida en el proceso de ajuste. Tales precisiones tienen un rango entre los 3-4mm tanto en E como en N. En el caso de la altimetría, el intervalo de error está entre los 7-12mm.

A continuación se muestran una tabla (2.5.10) con los resultados obtenidos:

COORDENADAS ETRS89			
VÉRTICE	E (m)	N (m)	H (m)
10	490217,849	4493734,063	930,463
11	490406,605	4493556,623	914,893
12	490661,769	4493765,158	913,557
13	490966,928	4494015,991	916,672
14	490900,383	4494095,187	916,118
15	490502,536	4494022,903	934,567
16	491268,558	4493645,773	918,596
17	491026,710	4493415,827	918,804
18	490762,879	4493200,483	916,647
24	490405,039	4492918,523	913,806
26	490050,562	4493261,652	910,125

Tabla 2.5.10. Resultados obtenidos para la red a través del programa de cálculo topográfico TopCal.

La imagen siguiente (2.5.5) muestra un croquis de la red con las elipses de error asociadas. Junto al croquis se encuentra una tabla (2.5.10) con el valor de los semiejes de las elipses de error estándar de cada estación no fija y su orientación.

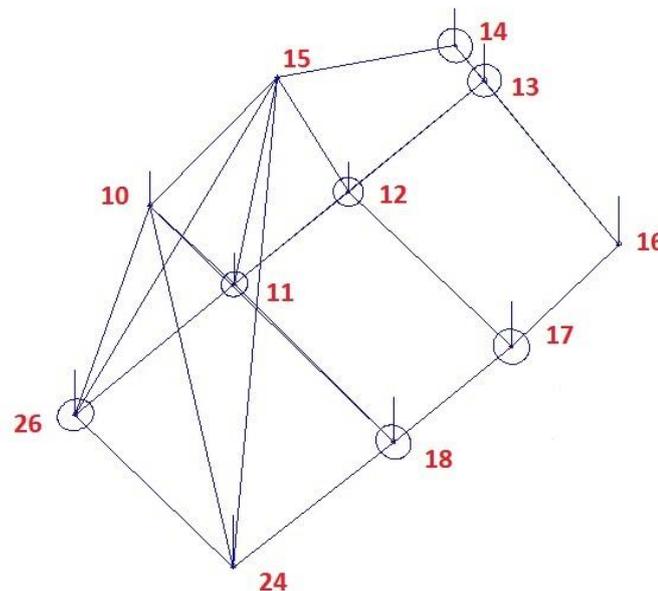


Imagen 2.5.5. Croquis representativo de las elipses de error obtenidas en el ajuste.

VÉRTICE	PARÁMETROS ELIPSES DE ERROR		
	MAYOR (m)	MENOR (m)	ORIENTACIÓN (g)
11	0,003	0,003	72,9245
12	0,003	0,003	119,3433
13	0,004	0,004	70,5467
14	0,004	0,004	145,8606
17	0,004	0,004	138,8801
18	0,004	0,004	145,7746
26	0,004	0,003	75,1856

Tabla 2.5.11. Resultados obtenidos para cada parámetro que define la elipse de error estándar.

2.5.3. RED DE NIVELACIÓN

Aunque se obtuvieron altitudes ortométricas (H) de los puntos de los vértices de la red mediante técnicas GNSS y el modelo del geode, también se procedió a realizar una nivelación geométrica entre todos estos vértices, como bien se ha explicado en la sección 2.4.2.2.1.

El primer trabajo de gabinete consistió en efectuar el control de los datos de campo registrados en las tarjetas de memoria Compact Flash para poder darlos por válidos y proceder al cálculo de las líneas o anillos de nivelación correspondientes.

2.5.3.1. CÁLCULO DE DESNIVELES

Posteriormente se procedió al cálculo de los desniveles entre las diferentes estaciones a partir de los datos recogidos en campo. Debido a que se observaron, en función de las posibilidades que ofrecía el terreno tanto líneas como anillos de nivelación, la comprobación de los desniveles será diferente.

El cierre de estos anillos o líneas de nivelación debe de ser igual a cero, aunque esto nunca se cumplirá debido a la existencia de errores aleatorios inevitables de cometer. Las visuales podrían no ser exactamente horizontales debido a algún problema de tipo sistemático del aparato. Realizando la nivelación por el método del punto medio se consigue eliminar la influencia del error de esfericidad y refracción como el error de colimación.

El error de cierre de cada itinerario debe ser tolerable. La tolerancia (T) en el cierre de un itinerario es función del error kilométrico (σ_k) y la longitud del itinerario (K) en kilómetros, teniendo la siguiente expresión:

$$T = \sigma_{km} * \sqrt{2} * \sqrt{K} \quad \text{Para itinerarios de doble nivelación}$$

$$T = \sigma_{km} * \sqrt{K} \quad \text{Para itinerarios de nivelación simple}$$

Dicho error kilométrico viene dado en la tabla de las especificaciones técnicas del nivel empleado que se muestra en el apartado 2.4.1.2. Según la NORMA ISO 17123-2:

$$\sigma_{km} = \sigma_{ISO-17123} = 2mm \quad \text{Para itinerarios de doble nivelación}$$

$$\sigma_{km} = \sigma_{ISO-17123} * \sqrt{2} \quad \text{Para itinerarios de nivelación simple}$$

Dicho cierre también es función de la inclinación de la mira, que viene dado por:

$$\sigma_m = (m \left(\sec \frac{\beta}{3} \right) - 1); \quad \text{siendo } \beta \text{ los grados que se inclina la mira}$$

Como se ha empleado nivel esférico durante el proceso de nivelación, se puede concluir que dicha inclinación es muy pequeña, del orden de la milésima de milímetro, por lo que puede despreciarse.

A continuación se muestran las tablas con el cálculo de desniveles, así como el error kilométrico cometido en cada itinerario, comprobando si es o no tolerable.



Itinerarios de doble nivelación:

Se comprobó que el sumatorio los desniveles de ida y de vuelta fuera de cero. Esto nunca se cumplirá debido a la existencia de errores aleatorios inevitables de cometer.

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

NIVELADA	ESPALDA		FRENTE		Lectura	Desnivel	Δdh
	Lectura	Distancia	Lectura	Distancia			
13-14	1,648	53,199			1,648	-0,544	0,0001
			2,192	50,556	-2,192		
14-15	1,992	49,010			1,992	18,430	0,011
	1,992	42,780	0,326	47,981	1,666		
	2,557	40,433	2,006	40,430	0,552		
	2,725	24,361	0,447	37,015	2,278		
	2,780	17,883	0,149	20,710	2,631		
	2,897	15,433	0,135	16,257	2,762		
	2,949	15,740	0,160	14,453	2,790		
	2,482	11,942	0,256	16,496	2,226		
	2,655	11,757	0,586	12,605	2,069		
			0,535	11,733	-0,535		
15-14	0,547	11,542			0,547	-18,419	0,011
	0,306	15,420	2,655	11,793	-2,349		
	0,224	15,774	3,035	16,377	-2,811		
	0,082	15,405	3,002	16,797	-2,920		
	0,236	15,762	2,833	16,112	-2,597		
	0,511	16,072	2,484	16,076	-1,973		
	0,445	33,143	2,351	15,905	-1,906		
	0,909	33,599	2,432	32,215	-1,522		
	1,263	32,271	0,752	30,829	0,512		
	0,407	29,090	2,351	33,303	-1,943		
		1,458	30,626	-1,458			
14-13	2,010	49,853			2,010	0,544	
		1,466	53,820	-1,466			

Tabla 2.5.12. Datos y resultados obtenidos para la primera línea doble de nivelación entre los vértices 13-14-15. (Datos dados en metros)

NIVELADA	ESPALDA		FRENTE		Lectura	Desnivel	Δdh
	Lectura	Distancia	Lectura	Distancia			
11-10	1,797	43,513			1,797	15,558	0,0003
	2,749	25,044	0,127	33,513	2,622		
	2,540	15,799	0,169	21,000	2,371		
	2,310	10,481	0,287	15,763	2,023		
	2,370	11,825	0,572	11,661	1,798		
	2,282	10,958	0,533	11,598	1,749		
	3,684	17,508	0,470	12,210	3,214		
			0,015	18,244	-0,015		
10-11	0,015	18,230			0,015	-15,558	0,0003
	0,578	11,240	3,685	17,531	-3,107		
	0,509	11,916	2,318	11,060	-1,809		
	0,196	16,289	2,268	10,655	-2,073		
	0,496	13,144	2,708	16,048	-2,212		
	0,516	15,316	2,511	16,207	-1,995		
	0,670	16,067	2,284	16,088	-1,615		
0,439	25,892	2,033	15,472	-1,594			
		1,167	28,444	-1,167			

Tabla 2.5.13. Datos y resultados obtenidos para la segunda línea doble de nivelación entre los vértices 11-10. (Datos dados en metros)

Se puede comprobar que en la primera línea de nivelación el error cometido es bastante superior al resto, pudiendo achacarlo al gran desnivel existente entre esos puntos (14-15). También se puede decir que el resultado resulta poco fino en comparación a la distancia que hay entre tales puntos. Debido a la imposibilidad de regresar a campo, se decidió dar el punto 15 como *fijo*.

Cálculo de precisiones "a posteriori"

Aplicando los parámetros descritos anteriormente para el cálculo del error kilométrico y, por tanto, para el cálculo de la tolerancia en el cierre de un itinerario se han obtenido los siguientes resultados:

ITINERARIO DOBLE (13-14-15)			ITINERARIO DOBLE (11-10)		
K	1,093	km	K	0,519	km
σ_{km}	2,0	mm	σ_{km}	2,0	mm
Tol	3,0	mm	Tol	2,0	mm

Se puede comprobar que ambas líneas de doble nivelación son tolerables ya que el error máximo admisible es superior al error cometido en la observación del desnivel.

Itinerarios de nivelación simple:

Se comprobó que el sumatorio de todos los desniveles obtenidos dentro de un mismo anillo fuera cero. Como ya se ha comentado, es poco probable obtener tal resultado debido a los inevitables errores aleatorios del aparato.

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

NIVELADA	ESPALDA		FRENTE		Lectura	Desnivel	Δh
	Lectura	Distancia	Lectura	Distancia			
11-26	0,611	70,559			0,611		0,002
	0,858	83,416	2,069	73,677	-1,212	-2,780	
	0,915	71,340	2,148	84,393	-1,233		
			0,946	80,049	-0,946		
26-24	1,168	79,731			1,168		
	1,329	77,072	1,562	75,468	-0,233	1,670	
	2,050	75,199	1,015	73,072	1,035		
	1,347	21,840	0,568	75,695	0,779		
		1,079	16,518	-1,079			
24-18	1,383	75,197			1,383		
	1,749	76,915	0,398	76,282	1,352	2,863	
	1,851	76,194	1,064	76,226	0,787		
			0,659	76,112	-0,659		
18-11	1,300	47,083			1,300		
	1,129	74,464	1,817	44,077	-0,688	-1,751	
	1,083	77,881	1,706	75,595	-0,623		
	1,158	54,410	1,871	72,244	-0,713		
		1,026	59,036	-1,026			

Tabla 2.5.14. Datos y resultados obtenidos para el primer anillo de nivelación entre los vértices 11-26-24-18. (Datos dados en metros)



NIVELADA	ESPALDA		FRENTE		Lectura	Desnivel	Δdh
	Lectura	Distancia	Lectura	Distancia			
11-12	0,708	72,197			0,708		0,003
	1,344	41,441	1,826	73,156	-0,482	-1,353	
	1,492	48,716	1,607	42,024	-0,115		
			1,463	52,254	-1,463		
12-17	0,789	40,629			0,789		
	1,299	57,515	0,421	42,776	0,878	5,246	
	1,504	52,466	2,156	59,647	-0,653		
	2,849	51,651	0,355	53,276	2,494		
	2,488	46,163	0,218	52,042	2,270		
		0,532	50,853	-0,532			
17-18	1,001	72,262			1,001		
	1,013	50,306	2,258	73,461	-1,246	-2,139	
	1,249	46,289	2,022	51,089	-0,773		
		1,121	47,475	-1,121			
18-11						-1,751	

Tabla 2.5.15. Datos y resultados obtenidos para el primer anillo de nivelación entre los vértices 11-12-17-18.
(Datos dados en metros)

NIVELADA	ESPALDA		FRENTE		Lectura	Desnivel	Δdh
	Lectura	Distancia	Lectura	Distancia			
12-13	2,029	68,994			2,029		0,005
	2,002	70,683	0,904	72,225	1,097	3,128	
	2,045	53,325	0,819	75,142	1,226		
			1,224	55,028	-1,224		
13-16	1,879	75,852			1,879		
	1,582	51,738	2,237	75,680	-0,655	1,917	
	2,899	53,333	0,950	51,227	1,949		
	1,218	58,116	1,064	55,636	0,153		
		1,409	56,582	-1,409			
16-17	1,900	76,605			1,900		
	1,544	37,319	1,361	76,503	0,183	0,205	
	1,328	42,197	1,486	41,363	-0,158		
		1,719	61,054	-1,719			
17-12						-5,246	

Tabla 2.5.16. Datos y resultados obtenidos para el primer anillo de nivelación entre los vértices 12-13-16-17.
(Datos dados en metros)

Es necesario aclarar que los desniveles tomados en los tramos 18-11 del segundo anillo y 17-12 del tercer anillo han sido cogidos de los desniveles observados en el primer y segundo anillo respectivamente.



Cálculo de precisiones "a posteriori"

Aplicando los parámetros descritos anteriormente para el cálculo del error kilométrico y, por tanto, para el cálculo de la tolerancia en el cierre de un itinerario se han obtenido los siguientes resultados:

ITINERARIO SIMPLE (11-26-35-18)		
K	1,920	km
σ_{km}	2,8	mm
Tol	3,9	mm

ITINERARIO SIMPLE (11-12-17-18)		
K	1,682	km
σ_{km}	2,8	mm
Tol	3,7	mm

ITINERARIO SIMPLE (12-13-16-17)		
K	1,716	km
σ_{km}	2,8	mm
Tol	3,7	mm

Se puede afirmar que los tres anillos de nivelación son tolerables porque el error máximo admisible es superior al error cometido en la observación del desnivel.

2.5.3.2. AJUSTE DE LA RED DE NIVELACIÓN

Una vez obtenidos los cierres de las niveladas, se pasa al ajuste de los desniveles medidos en campo. Para ello, se empleará el *método paramétrico* con el que se obtienen directamente las cotas ajustadas de los puntos medidos en el proceso de ajuste.

Al igual que en planimetría hay que tener en cuenta los puntos fijos tomados, de los cuales no se obtendrá ningún valor ajustado, pues son datos exentos de error; en este caso se dio como punto fijo para la red de nivelación el vértice 15, como bien se ha comentado en el apartado 2.4.3.2.

Para comenzar, se plantearon tantas ecuaciones de observación como observaciones realizadas en campo siguiendo el siguiente esquema (*Imagen 2.5.6*):

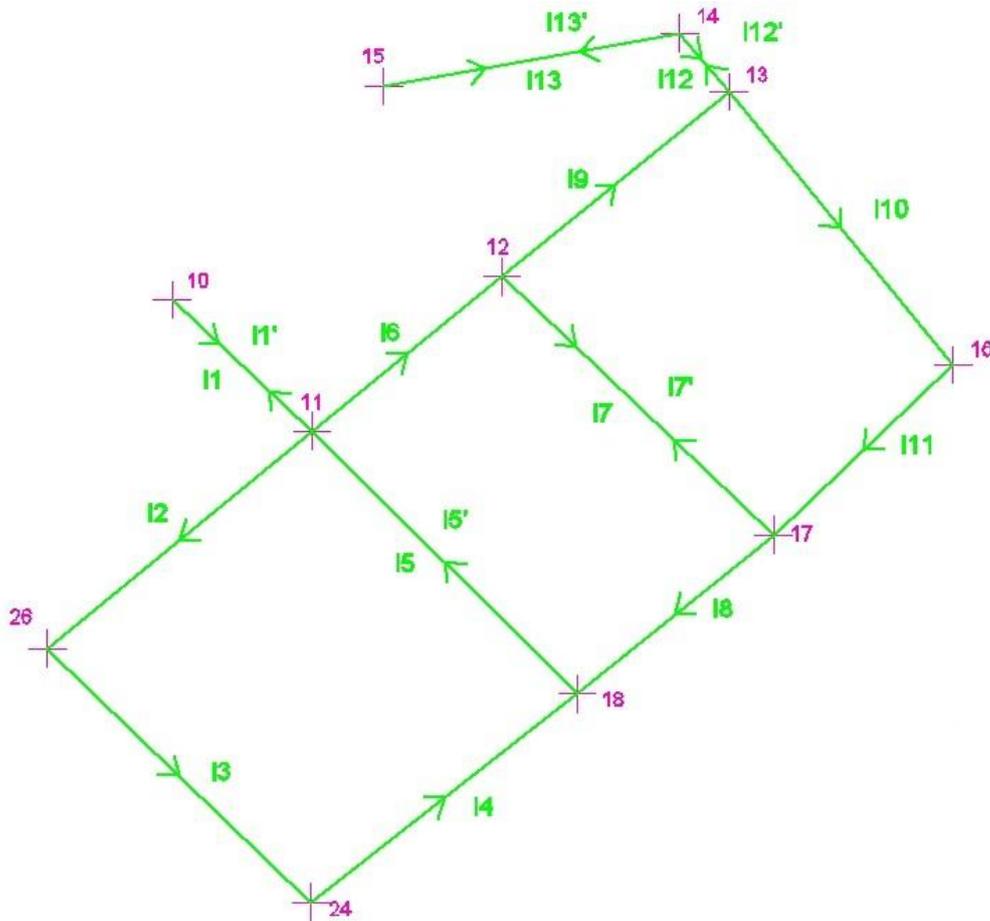


Imagen 2.5.6. Croquis de la red de nivelación

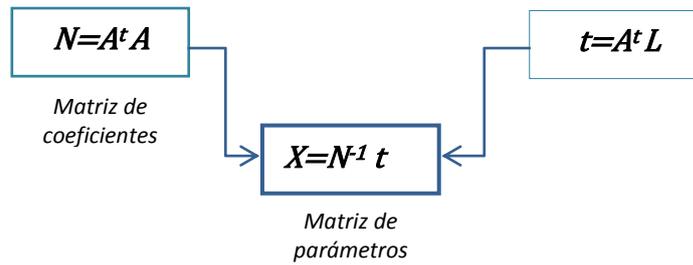
Ecuaciones de observación

$l1' + v1' = H_{10} - H_{11}$	→	$v1' = H_{10} - H_{11} - l1'$
$l1 + v1 = H_{11} - H_{10}$	→	$v1 = H_{11} - H_{10} - l1$
$l2 + v2 = H_{26} - H_{11}$	→	$v2 = H_{26} - H_{11} - l2$
$l3 + v3 = H_{24} - H_{26}$	→	$v3 = H_{24} - H_{26} - l3$
$l4 + v4 = H_{18} - H_{24}$	→	$v4 = H_{18} - H_{24} - l4$
$l5 + v5 = H_{11} - H_{18}$	→	$v5 = H_{11} - H_{18} - l5$
$l6 + v6 = H_{12} - H_{11}$	→	$v6 = H_{12} - H_{11} - l6$
$l7 + v7 = H_{17} - H_{12}$	→	$v7 = H_{17} - H_{12} - l7$
$l8 + v8 = H_{18} - H_{17}$	→	$v8 = H_{18} - H_{17} - l8$
$l5' + v5' = H_{11} - H_{18}$	→	$v5' = H_{11} - H_{18} - l5'$
$l9 + v9 = H_{13} - H_{12}$	→	$v9 = H_{13} - H_{12} - l9$
$l10 + v10 = H_{16} - H_{13}$	→	$v10 = H_{16} - H_{13} - l10$
$l11 + v11 = H_{17} - H_{16}$	→	$v11 = H_{17} - H_{16} - l11$
$l7' + v7' = H_{12} - H_{17}$	→	$v7' = H_{12} - H_{17} - l7'$
$l12 + v12 = H_{14} - H_{13}$	→	$v12 = H_{14} - H_{13} - l12$
$l13 + v13 = H_{15} - H_{14}$	→	$v13 = H_{15} - H_{14} - l13$
$l13' + v13' = H_{14} - H_{15}$	→	$v13' = H_{14} - H_{15} - l13'$
$l12' + v12' = H_{13} - H_{14}$	→	$v12' = H_{13} - H_{14} - l12'$

Una vez planteadas las ecuaciones de observación se procede al ajuste de los desniveles, para lo que se usará el método paramétrico, tal y como se ha venido haciendo hasta ahora con todos los cálculos realizados.

$\begin{pmatrix} V \\ V_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_n \end{pmatrix}$	=	A	*	$\begin{pmatrix} X \\ H_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ H_{n_o} \end{pmatrix}$	-	$\begin{pmatrix} L \\ \Delta H_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta H_n \end{pmatrix}$
VECTOR RESIDUOS		MATRIZ DE COEFICIENTES		PARÁMETROS		DESNIVELES OBSERVADOS

Se calculó el sistema de ecuaciones normales, con el que obtener la matriz de parámetros necesaria para corregir las cotas aproximadas iniciales.



En este caso, lo que se obtiene como resultados son directamente las cotas de todos los vértices, a excepción del punto 15 que se ha introducido en el ajuste como punto fijo.

Para la creación del sistema de ecuaciones de observación, se deberá de tener en cuenta este dato, pues en aquellos desniveles donde interviene el punto fijo, se tendrá que introducir el valor de la cota de ese vértice.

Una vez planteadas las matrices de cálculo y resuelto el método paramétrico, se han obtenido los siguientes resultados:

H (m)				
VÉRTICE	X		σ	
10	930.472	±	0.005	m
11	914.914	±	0.005	
12	913.560	±	0.004	
13	916.686	±	0.003	
14	916.142	±	0.002	
16	918.602	±	0.004	
17	918.806	±	0.004	
18	916.665	±	0.005	
24	913.803	±	0.005	
26	912.133	±	0.005	

Tabla 2.5.17. Altitudes y precisiones obtenidas en el ajuste de la red de nivelación.

Debido a la peor precisión que presenta la altimetría de la red con observaciones clásicas, se decidió realizar una red de nivelación, para obtener altitudes lo más precisas posibles, ya que todo el estudio posterior no se centra en esta parte del cálculo.

2.6. COMPARATIVA DE RESULTADOS

En esta sección se realizará una comparativa de todos los resultados obtenidos para la red topográfica mediante las diferentes técnicas utilizadas, diferenciando la planimetría de la altimetría.

2.6.1. PLANIMETRÍA

A continuación se muestra una tabla de resultados obtenidos tanto por técnicas GNSS, por observaciones clásicas y por Topcal, así como la precisión con la que han sido obtenidas y las diferencias obtenidas entre coordenadas. De esta forma se puede comprobar la mala o buena observación realizada en campo.

	GPS		MM.CC.		TOPCAL	
	E	N	E	N	E	N
10	490217,849	4493734,063	490217,849	4493734,063	490217,849	4493734,063
11	490406,613	4493556,628	490406,608	4493556,626	490406,605	4493556,623
12	490661,762	4493765,158	490661,765	4493765,157	490661,769	4493765,158
13	490966,930	4494015,970	490966,931	4494015,986	490966,928	4494015,991
14	490900,386	4494095,172	490900,385	4494095,180	490900,383	4494095,187
15	490502,536	4494022,903	490502,536	4494022,903	490502,536	4494022,903
16	491268,558	4493645,773	491268,558	4493645,773	491268,558	4493645,773
17	491026,701	4493415,831	491026,705	4493415,824	491026,710	4493415,827
18	490762,888	4493200,504	490762,879	4493200,486	490762,879	4493200,483
24	490405,039	4492918,523	490405,039	4492918,523	490405,039	4492918,523
26	490050,584	4493261,658	490050,570	4493261,647	490050,562	4493261,652

Tabla 2.6.1. Resultados planimétricos obtenidos para la red por diferentes técnicas (en metros)

GPS-MM.CC.		GPS-TOPCAL		MM.CC -TOPCAL	
ΔE	ΔN	ΔE	ΔN	ΔE	ΔN
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,005	0,002	0,008	0,005	0,003	0,003
-0,003	0,001	-0,007	0,000	-0,004	-0,001
-0,001	-0,016	0,002	-0,021	0,003	-0,005
0,001	-0,008	0,003	-0,015	0,002	-0,007
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-0,004	0,007	-0,010	0,004	-0,005	-0,003
0,008	0,018	0,009	0,021	0,000	0,003
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,014	0,010	0,022	0,005	0,008	-0,005

Tabla 2.6.2. Diferencias de coordenadas entre los diferentes métodos (en metros)

Como se puede observar en la *tabla 2.6.2*, la tercera comparación entre MM.CC y Topcal es la que menos diferencias presenta, siendo la máxima de 8mm. Se puede deber a que en ambas se han partido de las mismas coordenadas iniciales y se han ajustado, empleando los mismos parámetros y errores sistemáticos en ambos casos.

2.6.2. ALTIMETRÍA

A continuación se muestra la *tabla 2.6.3* con los resultados obtenidos tanto por técnicas GNSS, por observaciones clásicas, Topcal y nivelación.

	GPS	EST. TOTAL	NIVELACION	TOPCAL
	H			
10	930,456	930,449	930,472	930,463
11	914,911	914,929	914,914	914,893
12	913,549	913,540	913,560	913,557
13	916,691	916,708	916,686	916,672
14	916,147	916,174	916,142	916,118
15	934,567	934,567	934,567	934,567
16	918,602	918,607	918,602	918,596
17	918,802	918,798	918,806	918,804
18	916,664	916,680	916,665	916,647
24	913,789	913,771	913,803	913,806
26	912,124	912,121	912,133	912,125

Tabla 2.6.3. Resultados obtenidos para la altimetría de la red por diferentes técnicas (en metros)

Seguidamente se muestran otras tablas que reflejan la diferencia entre altitudes obtenidas por las técnicas ya descritas en los primeros apartados del capítulo.

GPS-MM.CC.	GPS-TOPCAL	GPS-NIVELACION
-0,007	0,007	-0,015
0,018	-0,018	-0,002
-0,010	0,008	-0,010
0,017	-0,019	0,005
0,027	-0,029	0,004
0,000	0,000	0,000
0,005	-0,006	0,000
-0,004	0,002	-0,004
0,016	-0,017	-0,001
-0,018	0,017	-0,014
-0,003	0,001	-0,010

NIVELACION-MM.CC.	NIVELACION-TOPCAL	TOPCAL- MM.CC.
-0,022	-0,009	0,014
0,015	-0,021	-0,036
-0,020	-0,003	0,017
0,022	-0,014	-0,036
0,032	-0,024	-0,056
0,000	0,000	0,000
0,005	-0,006	-0,011
-0,008	-0,002	0,006
0,015	-0,018	-0,033
-0,032	0,003	0,035
-0,013	-0,008	0,004

Tabla 2.6.4. Diferencias de altitudes entre los diferentes métodos (en metros)

CAPÍTULO 3: MÉTODOS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA



3.1. CONCEPTOS BÁSICOS

En este primer apartado se tratará de hacer un repaso de todos aquellos conceptos que permitirán, posteriormente, llevar a cabo el estudio sobre las técnicas de estimación robusta aplicadas a un conjunto de datos clásicos obtenidos de la observación de una red topográfica.

3.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La *estadística* es la herramienta fundamental que permite llevar a cabo el proceso relacionado con la investigación científica y que estudia la captura, organización, análisis y presentación de un conjunto de datos, tanto para la deducción de conclusiones como para la toma de decisiones.

Tal conjunto de datos se denomina *población*, que puede ser finita o infinita, y de ella se observa una pequeña parte que es la *muestra*. Como en dicha muestra no se estudia el total de datos recopilados, no se puede estar seguro de las conclusiones obtenidas a partir de ella, por lo que a menudo se emplea el término de *probabilidad*. Constituyen una rama de las matemáticas que se ocupa de medir o determinar cuantitativamente la posibilidad de que un suceso o experimento produzca un determinado resultado.

En estadística descriptiva sólo se describe y analiza una muestra de datos, sin sacar conclusiones de la población de donde se extrae, pues de ello se encarga la estadística inferencial.

Cuando se dispone de gran número de datos es útil distribuirlos en clases o categorías y determinar la cantidad de datos que pertenecen a cada clase; esta cantidad se llama *frecuencia de clase*. Una ordenación tabular de los datos en clases asociadas a sus frecuencias se llama ***distribución de frecuencia***.

- ***Distribuciones de frecuencia relativa***: La frecuencia relativa de una clase es la frecuencia de la clase dividida por el total de frecuencias de todas las clases y se expresa como porcentaje.

3.1.2. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD

Se considera un *suceso aleatorio* un evento cuya frecuencia relativa de ocurrencia se aproxima a un límite estable cuando el número de observaciones del espacio muestral se incrementa hasta infinito. Es, precisamente, dicho límite lo que en estadística se considera la ***probabilidad*** de dicho suceso

- Para su aplicación en observaciones topográficas, es más conveniente describir la probabilidad de un suceso aleatorio como una función algebraica, que constituirá el modelo de probabilidad del evento.

- Siendo X una *variable aleatoria*; es decir, una variable estadística cuyos valores se obtienen de mediciones en algún tipo de experimento aleatorio, y $p(x)$ su función de probabilidad, se podrá construir el modelo de probabilidad de dicho experimento.

$$F(x) = P[X \leq x]; \quad \text{Para todo } x$$

Esta es la función de distribución de la probabilidad de X , o simplemente la **función de distribución**.

En caso de tratarse de un de un modelo de probabilidad cuya función de distribución es continua, la correspondiente función de probabilidad $p(x)$ valdrá 0 en todos los puntos. Es por ello que se utiliza otra función en lugar de $p(x)$. Esta función se llama función de densidad de probabilidad $f(x)$.

Como $F(x)$ es no decreciente, su pendiente debe ser no negativa. Por tanto:

$$f(x) = F'(x) = \frac{dF(x)}{dx}; \quad \text{Para todo } x: f(x) \geq 0$$

3.1.2.1. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL

La distribución normal anteriormente citada, se caracteriza por ser una de las distribuciones de probabilidad que más puede aparecer relacionada con fenómenos reales, ya sean naturales, sociales o psicológicos. Tales fenómenos están influenciados por una enorme cantidad de variables incontrolables, por lo que el uso del modelo normal puede justificarse asumiendo que cada observación se obtiene con la suma de unas pocas causas independientes.

A la distribución normal, se le asocian dos funciones:

- La *función densidad de probabilidad*

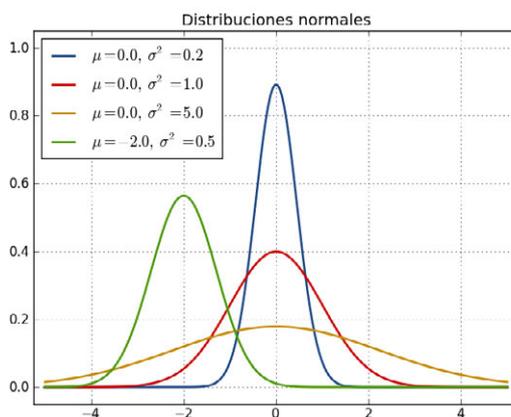


Imagen 3.1.1. Gráfico de la función densidad en una distribución normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2} * \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

$$-\infty < x < \infty$$

Las cantidades μ , σ son los parámetros de la distribución y se llaman media y desviación estándar, respectivamente.

- La función distribución de probabilidad

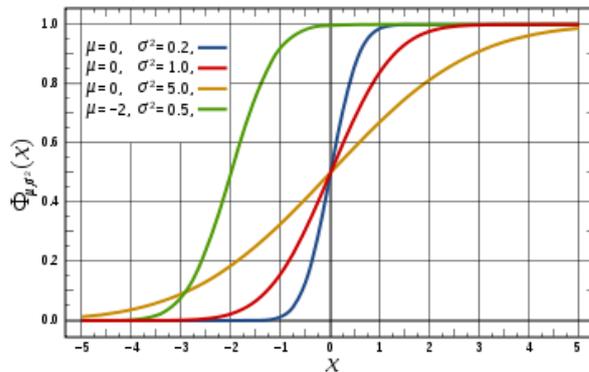


Imagen 3.1.2. Gráfico de la función distribución de probabilidad en una distribución normal.

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}*\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} * dx$$
$$-\infty < X < \infty$$

La función densidad que representa a la distribución normal es muy característica, debido a que en su representación gráfica presenta una forma acampanada y una clara simetría respecto a un *parámetro estadístico* que, en este caso, es la media (μ). Ver figura 3.1.1.

La teoría de errores está muy relacionada con la distribución normal. De hecho, esta distribución se usa como modelo de probabilidad para un error que se considera una variable aleatoria y que tiene varias componentes.

- *PROPIEDAD: Si el error resultante en una medida es la suma de varias componentes y cada una tiene su propia distribución de probabilidad, se puede demostrar que el error total también sigue una distribución normal, estén o no sus componentes distribuidas normalmente.*

3.1.3. TEORÍA Y PROPAGACIÓN DE ERRORES

En todas las ciencias experimentales se opera con valores numéricos obtenidos por observación, los cuales siempre estarán afectados de una serie de errores que hacen que en distintas observaciones de una misma magnitud se obtengan resultados diferentes.

Como todos los datos están sujetos a variaciones, ninguna cantidad medida es completamente determinable, aunque sí se puede considerar un valor fijo para una cantidad que se considerará el **valor verdadero**, pero lo que en realidad se tiene es una **estimación** de ese valor.

Como existe variación en la medida de una cantidad, existirán diferencias entre dicho valor medido y el valor verdadero fijado. Esta diferencia se llama **error verdadero** en el valor medido.



- Como el valor verdadero no se conoce, pero sí una estimación, no se puede decir que se pueda obtener el valor del error verdadero, aunque sí una estimación de dicho error; es lo que se conoce como **residuo**.

Es por ello que se establece una *teoría de errores* que permita decidir el valor final que se va a asignar a cada magnitud y con qué precisión se hace.

CLASIFICACIÓN DE ERRORES:

Existen tres tipos de errores que se pueden encontrar en las observaciones:

- I) **SISTEMÁTICOS:** Son aquellos errores que siempre que se realice una observación de una misma magnitud, en idénticas condiciones, se presenta con el mismo valor y mismo sentido; en este caso, se trataría de un error constante.
Vienen dados por alguna relación establecida de antemano, en función de alguna de las variables que intervienen en la observación; siguen una determinada ley matemática.
- II) **ACCIDENTALES:** Son errores de los cuales no se conoce su sistema o relación funcional. Después de haber detectado y eliminado los errores groseros y se han corregido las medidas de errores sistemáticos, todavía queda alguna variación. Esta variación se debe a errores aleatorios, porque incluye algunos componentes de error que tienen comportamiento aleatorio. Así, los propios errores aleatorios, han de considerarse variables aleatorias, y éstos deben estudiarse usando modelos de probabilidad.
- III) **GRAVES o de TIPO I:** Son el resultado de imperfecciones debidas a la falta de cuidado del observador.

Estos errores no pertenecen a la muestra aleatoria, por lo que no seguirán una distribución de tipo normal. Deben detectarse y eliminarse de las medidas antes de que éstas sean usadas.

Este tipo de errores serán, posteriormente, el objeto de nuestro estudio.

3.1.4. CONCEPTO DE AJUSTE

Las medidas que se realizan en topografía, como ángulos o distancias, son muchas veces necesarias para determinar otras cantidades como por ejemplo el área de una figura.

Las relaciones generales que conectan las medidas con otras cantidades de interés, constituyen lo que se conoce por **modelo matemático**, pues se tratan de representaciones matemáticas de ciertas condiciones geométricas o físicas.

Es muy importante determinar el número mínimo de elementos (variables) necesarios para determinar de forma única el modelo (n_0). Teniendo ese número mínimo de observaciones, se decide qué medidas se realizarán, pero si se comete un error en una medida, no habrá forma de detectarlo; por ello conviene hacer más medidas que el mínimo establecido.

- Cada observación que se haga en exceso se llama *medida redundante*. Si se hace un total de n medidas, la *redundancia* o grados de libertad es:

$$r = n - n_0$$

Como se ha dicho anteriormente, las observaciones vienen dotadas de errores, lo que supondrá diferentes resultados por cada subconjunto de tamaño n_0 de las n medidas y, por tanto, diferentes determinaciones del modelo matemático. De esta forma, las n observaciones no conseguirán determinar inequívocamente el modelo exactamente. Es por ello que se reemplazarán las observaciones por sus valores estimados (\hat{l}), para que éste conjunto determine el modelo exactamente y así, cualquier subconjunto de tamaño n_0 del conjunto de las n estimaciones, obteniendo el mismo resultado.

Cada observación estimada (\hat{l}) puede ser considerada como una observación corregida, obtenida a partir del valor medido (l) más una corrección (v).

\hat{l}	l	v
$\begin{pmatrix} \hat{l}_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \hat{l}_n \end{pmatrix}$	$=$	$\begin{pmatrix} l_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ l_n \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} v_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ v_N \end{pmatrix}$
OBSERVACIONES AJUSTADAS	OBSERVACIONES	VECTOR RESIDUOS

Los residuos o correcciones (v) no se conocen y deben ser determinados antes de calcular las estimaciones.

Hay un número infinito de posibles conjuntos de residuos v que proporcionarían unas observaciones corregidas que ajustarían el modelo. La operación de encontrar ese conjunto de estimaciones, se llama **ajuste**. Pero sólo una proporcionará una solución óptima.

Para obtenerla, hay que usar un criterio adicional; el más usado es el conocido como PRINCIPIO DE MÍNIMOS CUADRADOS.

Habitualmente, en los procesos de ajuste, se usan distribuciones de probabilidad sencillas para los errores, como puede ser la *distribución normal* de la que ya se ha hablado.

Este procedimiento es aplicado de forma frecuente en diferentes ámbitos donde se miden determinadas magnitudes que componen un conjunto de observaciones redundantes, como puede ser la Topografía, la Fotogrametría o la Geodesia entre otras.

3.1.4.1. AJUSTE MÍNIMOS CUADRADOS

Suponiendo que todas las observaciones son incorreladas y de igual precisión, el método se basa en el siguiente criterio:

- "LA SUMA DE LOS CUADRADOS DE LOS RESIDUOS DEBE SER MINIMA"

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = \min$$

- Sin embargo, si se trata de observaciones de distinta precisión

$$\Phi = p_1 v_1^2 + \dots + p_n v_n^2 = \sum_{i=1}^n p_i v_i^2 = \min$$

Donde $p_1 \dots p_n$ son los pesos asignados a cada observación. Con estas medidas de precisión se tratará de homogeneizar dichas observaciones con el fin de poder aplicar el criterio de los mínimos cuadrados aunque parta de observaciones de diferente precisión.

CONCEPTO DE PESO:

Siendo la *precisión* de una medida el grado de proximidad entre medidas repetidas de la misma cantidad y la *dispersión* de la distribución un indicador de la precisión de la medida, se puede afirmar que una pequeña dispersión indica una alta precisión y viceversa.

Una medida de la precisión es la **desviación estándar** (σ) una magnitud inversamente proporcional a la precisión de la medida. Es por esto que existe otra medida de precisión, el **peso** de una cierta observación, cuyo valor sí tiene el mismo sentido que la precisión.

El peso (P) de una cierta observación se define como la cantidad inversamente proporcional a su varianza, siendo la varianza el cuadrado de la *desviación típica* (σ^2).

$$P = \frac{k}{\sigma^2} \quad ; \quad \text{Siendo } k \text{ una constante de proporcionalidad.}$$

Si una observación tiene peso igual a la unidad, la varianza correspondiente se representa por σ_0^2 y se denomina *varianza de referencia* o *varianza de la unidad de peso* entonces:

$$P = \frac{k}{\sigma^2} ; \quad 1 = \frac{k}{\sigma_0^2} ; \quad k = \sigma_0^2$$

$$\text{Por lo tanto;} \quad P = \frac{\sigma_0^2}{\sigma^2}$$

Cuando entre dos o más observaciones existe una cierta relación, además de la varianza, existen otras cantidades llamadas **covarianzas** que expresan tal interdependencia o correlación.

Como ya se han supuesto incorreladas, para un conjunto de observaciones ($x_1 \dots x_n$) con varianzas ($\sigma_1^2 \dots \sigma_n^2$), la matriz varianza se define de la siguiente forma:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n^2 \end{pmatrix}$$

Los pesos correspondientes serán:

$\left[P_1 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_1^2} \dots P_n = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_n^2} \right]$, que forman la matriz de pesos, como se muestra a continuación.

$$P = \begin{pmatrix} P_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & P_n \end{pmatrix} = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{pmatrix} = \sigma_0^2 * \Sigma^{-1}$$

Existen dos técnicas muy utilizadas en el ajuste por mínimos cuadrados de observaciones topográficas que proporcionan la misma solución al aplicarlas al mismo problema.

- I) **MÉTODO DE ECUACIONES DE CONDICIÓN**, en el que el número de ecuaciones es igual a la redundancia (r). Estas ecuaciones constan de residuos, observaciones y constantes. Dichas ecuaciones de condición en forma matricial presentarán la siguiente estructura:

$$\mathbf{B} * \begin{pmatrix} V_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ D_n \end{pmatrix} = 0 \quad ; \text{ Donde } D = B \cdot d$$

COEFICIENTES NUMÉRICOS DE LOS RESIDUOS **VECTOR RESIDUOS** **CONSTANTES NUMÉRICAS**

- II) **MÉTODO PARAMÉTRICO** o de observaciones indirectas. En este caso, el número de ecuaciones es igual al número de observaciones (n). Estas ecuaciones contienen observaciones y parámetros y el número de parámetros o variables desconocidas que incorporan es igual a n_0 . Tales ecuaciones a plantear se conocen como *Ecuaciones de Observación*.

Desarrollando el caso general en el que suponemos observaciones de distinta precisión, se puede escribir la expresión anterior de la siguiente forma:

$$\Phi = v^t P v \quad ; \text{ cuyo modelo de ecuaciones de observación es:}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_n \end{pmatrix} = \mathbf{A} * \begin{pmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n_0} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} l_1 - l_0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_n - l_0 \end{pmatrix}$$

VECTOR RESIDUOS **MATRIZ DE COEFICIENTES** **PARÁMETROS** **OBS - CALC**

Sustituimos este valor de V en:

$$\Phi = (Ax - L)^t P (Ax - L) = (-L^T + x^T A^T) P (Ax - L) = (-L^T P + x^T A^T P) (Ax - L)$$

$$\Phi = L^T P L - x^T A^T P L - L^T P A x + x^T A^T P A x$$

Como Φ es un escalar, cada término es también un escalar. Si se transpone un escalar, el resultado es el mismo escalar. Por lo tanto el segundo y el tercer término son iguales.

$$\Phi = L^T P L - 2L^T P A x + x^T (A^T P A) x$$

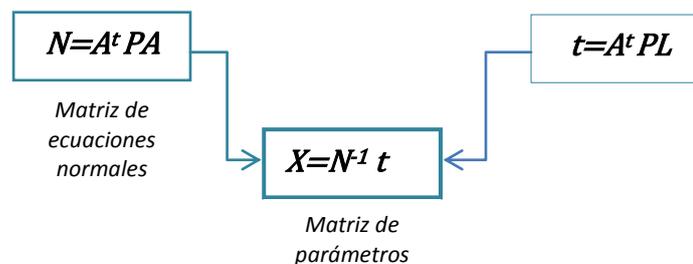
A continuación hay que calcular su derivada parcial con respecto a x , para minimizar la expresión:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x} = -2L^T P A + 2x^T (A^T P A) = 0 \qquad x^T (A^T P A) = L^T P A$$

y transponiendo los dos términos de la igualdad se obtiene:

$$(A^T P A) x = A^T P L$$

Si llamamos $N = A^T P A$ y $t = A^T P L$, se tendrá de forma simplificada el **sistema de ecuaciones normales**.



De esta forma se ha obtenido el vector de parámetros como producto de la inversa de la matriz de ecuaciones normales y el vector t .

Es ahora cuando se podría calcular el vector de residuos:

$$V = Ax - L$$

De esta forma, se han obtenido los valores de los parámetros y de los residuos de las observaciones, pudiendo calcular también las observaciones ajustadas (\hat{l}).

Este método es el más empleado en una gran multitud de situaciones, pues lo más normal es la medición u observación de una serie de datos, a partir de los cuales obtener, indirectamente, los resultados realmente buscados.



3.2. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA ESTIMACIÓN ROBUSTA

La llegada de los grandes ordenadores y de la programación, permitió desarrollar una serie de rutinas que eran capaces de estimar los valores de un conjunto de incógnitas a partir de un número casi ilimitado de ecuaciones de observación.

Hoy, es posible estimar los valores de las coordenadas de cientos de estaciones de una red de triangulación y trilateración, pudiendo eliminar durante el proceso aquellas observaciones de dudosa precisión, así como expresar los resultados en diferentes proyecciones. Esto es posible debido a que también se pueden obtener los límites de confianza de las desviaciones estándar que representan la precisión con que se han obtenido las coordenadas finales.

Hasta aquí se ha expuesto un breve resumen de lo que ha sido el desarrollo de los métodos de ajuste clásicos a lo largo de la historia. Pero esta exposición no estaría completa sin analizar el desarrollo y las tendencias de los métodos de ajuste en la actualidad.

Todos los desarrollos actuales en este campo apuntan a la resolución de un problema básico que se ha detectado en los métodos de ajuste incluidos dentro del nombre genérico de *Mínimos Cuadrados*. Cuando las observaciones realizadas o una parte de ellas, se desvían del modelo de distribución normal a causa de la existencia de errores de *tipo I*, denominados también errores groseros, los procedimientos clásicos de ajuste son poco eficientes en el momento de compensar esos datos, ofreciendo resultados poco fiables.

El estadístico Tukey (1960) fue el encargado de hacer la primera referencia básica a este fenómeno a través de una serie de investigaciones realizadas en la Universidad de Princeton (Nueva Jersey, EE.UU). Estudios posteriores (Andrews, 1972) confirmaron, con la evidencia, experimental estos hechos, haciendo que muchos usuarios de ajustes mínimos cuadráticos se replantearan su aplicación directa y “robustecieran” sus algoritmos con intuitivos test sobre las observaciones para detectar este tipo de errores.

Esto llevó en muchas ocasiones a poner en entredicho los resultados de la aplicación de los estadísticos matemáticos, como el teorema de Gauss-Markov, que establece que la media aritmética es el valor óptimo incluso sin conocer nada acerca de la distribución de errores. En este caso siempre se intenta estimar el valor esperado de las observaciones, sin tener en cuenta lo correctas o incorrectas que estas sean.

El dogma de que los errores de medida deberían distribuirse según una distribución normal lleva a ciertas contradicciones pues el método de los mínimos cuadrados presenta algunos problemas dado que casi todas las variaciones estadísticas son debidas a los errores de medida. Estas variaciones se consideran una “molestia” a eliminar por lo que el objetivo está en encontrar la combinación de observaciones que esté más próxima al valor verdadero.

De hecho la estadística ya forma parte de las ciencias experimentales, donde los diferentes métodos de ajuste (no mínimos cuadrados) pueden ser estudiados de forma experimental así como su eficiencia.



En el campo de la fotogrametría se conocen, por experiencia, los efectos de estos errores en el método de los mínimos cuadrados, utilizando métodos de aerotriangulación que permiten la detección de desviaciones de la distribución normal en la primera fase de la triangulación.

Una forma de abordar los errores graves es rechazar todos los errores que no se ajusten a la suposición de normalidad. Pero este asunto es complicado por el hecho de que sólo conocemos estimaciones de los errores después del ajuste por mínimos cuadrados, en el cual los errores son enmascarados y distribuidos por todas las observaciones, y por tanto, difíciles de reconocer. **Es por esto que los residuos de mayor magnitud no indican necesariamente la correcta posición del error.**

Para localizar un error de este tipo, un estadístico utilizado es el residuo normalizado el cual se distribuye según una distribución *t de Student* con un grado de libertad. Sólo los errores más significantes se rechazan como posibles errores graves, y este proceso (el ajuste y el test) se repiten hasta que ya no se localicen. Este test es una herramienta de la estadística clásica (Wilks, 1962) y fue utilizado y modificado para ser aplicado en el campo de la geodesia por Baarda (1968) y Pelzer (1976).

El objetivo sería por tanto, según lo expuesto, disponer de métodos de estimación, que siempre proporcionaran los valores óptimos, independientemente de la distribución de los errores. En particular, los estimadores no deberían ser influidos por los errores de gran tamaño y deberían ser construidos como valores centrales del conjunto total de los datos.

El concepto de *estimación robusta* fue formalmente definido por Kendall (1948), aunque en realidad ya había sido utilizado por Laplace (1793), quien propuso utilizar la mediana (valor central de las observaciones según su tamaño), como un estimador de la media. El concepto de estimación robusta fue desarrollado especialmente en la Universidad de Zurich por Huber (1964) y Hampel (1973) y en Princeton por Andrews y otros en 1972 como se ha mencionado anteriormente.

El término "*robusto*" no pertenecía a las clásicas definiciones estadísticas, hasta que en 1971, Kendall y Buckland lo describieron de la siguiente manera:

"Robustez: Muchos procedimientos de test incluyen niveles de probabilidad que dependen en su exactitud de suposiciones relativas a su mecanismo de generación, por ejemplo, que las variaciones son de tipo Normal (gaussiana). Si las inferencias son ligeramente afectadas, por ejemplo que la población se aleje de la normalidad, los test sobre las inferencias se consideran robustos. De una forma más general, un procedimiento estadístico es considerado como robusto si no es muy sensible al alejamiento de las suposiciones iniciales de las cuales depende".



Para conseguir una idea clara sobre este término, se han resumido los trabajos de mayor importancia en el pasado más reciente:

- Las investigaciones de Von Mises (1947) y Prokhorov (1956) aclararon las relaciones existentes entre la teoría asintótica de la estimación y las situaciones prácticas de tamaño finito. Construyeron una base sobre la cual ha sido desarrollada toda la teoría de la robustez.
- Quenouille (1956) propuso un artificio matemático desarrollado por Tukey (1958): la técnica *Jackknife*, permite reducir el sesgo y estimar la varianza de la mayoría de los estimadores sin considerar la distribución subyacente del conjunto de datos.
- Anscombe (1960) estimuló las investigaciones teóricas y experimentales de cómo considerar observaciones que aparecen en los extremos de las distribuciones muestrales con una revisión de los principios relativos al rechazo de observaciones erróneas.
- Huber, en 1964, escribió un artículo que supuso el origen de todas las respuestas a la cuestión de cómo diseñar procedimientos estadísticos robustos. Introdujo los llamados *M-estimadores* y caracteriza una familia de mayor robustez entre ellos para la estimación en la localización, cuando la distribución subyacente es una normal contaminada.
- Una tesis realizada por Hampel (1968) introduce la curva de influencia como una herramienta que manifiesta la sensibilidad de un estimador a los valores de las observaciones. De esta forma, se puede modificar el procedimiento de estimación de modo que no dependa de las observaciones erróneas, o de alguna otra característica específica de las observaciones.
- Para concluir con la lista de las principales contribuciones teóricas, es interesante mencionar que existen muchas cuestiones fundamentales que quedan abiertas. Entre ellas, la cuestión de qué es lo que realmente se está estimando, abordada por Jaeckel (1971) y qué estimadores son admisibles, analizado por Berger (1976).

Se puede decir que la principal motivación para usar este tipo de métodos es el gran poder de nuestras facilidades de cálculo. Es tan sencillo realizar análisis estadístico con los ordenadores que, muy frecuentemente se procesan los conjuntos de datos con software no apropiados. La comparación de los resultados obtenidos con los métodos robustos hace detenerse en el estudio de las posibles deficiencias de los datos así como en las limitaciones de los procedimientos estadísticos aplicados.

De esta forma, parece claro que los métodos robustos son esenciales por ser complementarios a los métodos estadísticos clásicos. Unos y otros deben contribuir a la elaboración y validación de las conclusiones estadística



3.3. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA

En estadística robusta, una *regresión robusta* es una forma de análisis de la regresión diseñada para eludir algunas limitaciones tradicionales de los métodos paramétricos y no paramétricos.

El análisis de regresión busca encontrar la relación entre una o más variables independientes y una variable dependiente. Algunos métodos utilizados de regresión, como los mínimos cuadrados ordinarios, tienen propiedades favorables si las suposiciones de las que se parten se cumplen para los datos estudiados, pero pueden dar soluciones engañosas si dichas suposiciones no son ciertas.

- Tal suposición es la de que obtendremos el conjunto de observaciones sin haber cometido ningún error de tipo I y en caso de que se hubiera cometido, la magnitud del error se distribuirá de forma homogénea entre todos los observables residuales, obteniendo datos poco fiables.

En particular, las estimaciones con los mínimos cuadrados son altamente *no robustos* a los valores atípicos; es decir, no están diseñados para un conjunto de observaciones que no siguen el patrón del resto de observaciones. Esto no se plantea como un problema si el valor atípico es simplemente una observación extrema extraída de un conjunto de medidas definidas bajo una distribución normal, sin estar afectado de errores de Tipo I. Pero si los resultados atípicos de error no están bajo dicha distribución normal, entonces la validez del método de los mínimos cuadrados estándar o clásico se ve comprometida, teniendo que recurrir a las técnicas de regresión robusta.

Los métodos para realizar una estimación usan relaciones matemáticas predefinidas que permiten determinar la información específica tomando en cuenta los errores y demás efectos perturbadores en las observaciones o mediciones, así como tomar acciones de control sobre el sistema considerado. El modelo funcional utilizado para realizar las estimaciones son los llamados *estimadores* o *estadísticos*.

- Un *estimador* puede ser una expresión matemática o un algoritmo de cálculo para obtener un valor *estimado* de los parámetros de población en una base a una muestra de la misma, considerando las condiciones y las características del sistema empleado.
- Un *valor estimado* es el valor que toma el *estimador* para una muestra específica de su población.

Los estimadores pueden ser divididos en dos clases:

- a) Estimadores clásicos o Paramétricos;** los cuales están asociados a un tipo de distribución de la población expresado por medio de las llamadas *Normas Mínimas* o *Condiciones Mínimas*, basados en la existencia de errores exclusivamente accidentales en las mediciones. Son estimadores clásicos la moda y la media aritmética entre otros

b) Estimadores no Paramétricos o Robustos; los cuales no tiene asociados ninguna distribución y ninguna *Norma óptima*. Son aquellos que sufren pequeños cambios en la estimación cuando existen cambios en la distribución de observaciones.

Los principales objetivos de usar los estimadores robustos son:

- I. Construir una medida de seguridad en contra de una insospechada cantidad de errores groseros (los que se salen de una tolerancia).
- II. Poner un límite a la influencia de la contaminación escondida por la existencia de este tipo de errores.
- III. Aislar de manera clara los errores groseros para un tratamiento especial.
- IV. Seguir, de la forma más estricta, modelo paramétrico.

Son estimadores robustos: la Mínima Suma, el Método Danés o el estimador de Geman & McClure entre otros.

Las técnicas de estimación robusta se han revelado como una alternativa efectiva al ajuste clásico en aquellas situaciones en las que las observaciones iniciales estén afectadas de algún error grosero o una equivocación, los cuales provocan que las técnicas clásicas de ajuste resulten poco eficientes para ajustar o compensar el conjunto de datos medidos.

En el caso de cometer algún error de estas características, el conjunto de observaciones ya no seguirá una distribución de probabilidad normal, sino que se tratará de una *distribución normal contaminada*, cuya función densidad seguirá el siguiente modelo:

$$f(x) \approx (1-\eta) N(\mu, \sigma^2) + \eta N(a, \sigma^2)$$

Como se ha comentado en la introducción histórica a los métodos de estimación robusta, existen una serie de mecanismos habituales para la detección de dichos errores una vez realizado el ajuste clásico por mínimos cuadrados. Entre dichas técnicas estadísticas alternativas encontramos:

TEST DE BAARDA

Este test asume que los errores son distribuidos normalmente y que es conocida la desviación estándar “a priori” (σ_0). Este test se apoyará en el cálculo de los residuos normalizados, para lo que se deberá normalizar el vector de residuos (V). Para ello será necesario conocer la varianza de referencia “a posteriori” ($\sigma_{v_i}^2$) para dividir dicho vector entre su correspondiente precisión.

$$\bar{V}_i = \frac{|V_i|}{\sigma_{v_i}}$$

El residuo, una vez normalizado, podrá presentar una estructura de distribución normal ($N(0,1)$)



A continuación, se aplicará el test de hipótesis estadístico basado en la varianza de referencia “a posteriori” a los residuos normalizados para compararlo con la varianza de referencia “a priori”. Se trata de una técnica de inferencia estadística que permite comprobar si la información que proporciona una muestra observada concuerda (o no) con la hipótesis estadística formulada sobre el modelo de probabilidad en estudio.

- Si existe un solo error grosero en las observaciones, su residuo normalizado será el mayor del conjunto.
- Si existe más de una observación con error, se deberán de seguir los siguientes pasos:
 1. Determinar una solución global utilizando todas las observaciones.
 2. Aplicar el test de hipótesis a los residuos normalizados.
 3. Eliminar la observación sospechosa de tener errores según el test anterior.
 4. Determinar de nuevo una solución global sin incluir la observación errónea.

3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN ROBUSTA

Un procedimiento estadístico es considerado como *robusto* si no es muy sensible al alejamiento de las suposiciones iniciales de las cual depende; es decir, el hecho de que la muestra no siga exactamente una Distribución Normal. Es por esto que la característica en común de los métodos de estimación robusta que se explicarán a continuación es que no se minimiza el sumatorio de los cuadrados de los residuos, como sucedía en los mínimos cuadrados, sino otra función diferente introducida sobre 1965 y que supuso una revolución y que variará en función del método de estimación empleado.

Se pueden distinguir los siguientes métodos de estimación robusta:

1) MÉTODO JACKKNIFE:

Fue presentado en 1949 por Quenouille y se basa en toma diferentes muestras de una muestra dada y hacer una estimación de un parámetro en cada una de ellas. Posteriormente, relacionando todas las estimaciones se obtiene un nuevo estimador que con frecuencia tiene mejores propiedades que el estimador inicial.

Consiste en:

Suponiendo una muestra aleatoria (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) y un estimador (t) del parámetro (ϑ) basado en la muestra anterior.

Sea t_i el estimador t evaluado en los $n-1$ elementos que quedan después de separar el k -ésimo elemento de la muestra: $t_k = t(Y_1, Y_2, \dots, Y_{k-1}, Y_{k+1}, \dots, Y_n)$

Se construye la expresión:

$$S_k = nt - (n-1) t_k,$$

donde $k=1, 2, \dots, n$ y que recibe el nombre de **pseudovalor**.

Quenouille define el estimador de Jackknife t_j simple de ϑ asociado al estimador y a la muestra aleatoria como el promedio de los pseudovalores.

$$t_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n S_k = nt - \frac{n-1}{n} \sum_{k=1}^n t_k$$

II) TIPO L:

Los L-Estimadores son combinaciones lineales de estadísticos del orden, los cuales hacen referencia y proporcionan un estimador del centro de los datos. La simetría de la distribución se enfatiza para simplificar y porque el centro de simetría es el que mejor describe el centro de gravedad.

Un parámetro ϑ es de localización para la variable aleatoria X si $f(x; \theta, \lambda)$ que es la *función de probabilidad o densidad*, se puede escribir como una función de $(x - \theta)$; por lo que la variable aleatoria $(X - \theta)$ no depende de ϑ .

III) TIPO M:

Un estimador M es un estimador de máxima verosimilitud que minimiza una función objetivo $\rho(V)$ constituida por los residuales de las observaciones, sujeta a las restricciones dadas por las ecuaciones de las propias observaciones.

Se produjo una evolución de los estimadores tipo M haciendo factible la detección y eliminación automática de la influencia de mediciones cuyos residuales cambien rápidamente.

El algoritmo general de aplicación de los *M - estimadores* es el siguiente:

- Elección de la función objetivo, que haga mínimo el sumatorio de los residuos al cuadrado. En caso de un ajuste por MMCC dicha función objetivo es:

$$\phi(V) = V^t P V = \text{mínimo}$$

- Construcción de la función de influencia:

$$\psi(V) = d\phi(V)/dV$$

- Construcción de la función de pesos:

$$P(V) = d\psi(V)/V$$

Esta función de pesos se verá envuelta en un proceso iterativo que relaciona la matriz de residuos anterior con la iteración consecutiva.

$$P(V) = P(V_i^{(k-1)}); \quad \text{Donde } K = n^\circ \text{ de iteración e } i = n^\circ \text{ de residuo.}$$

3.5. ESTIMADORES ROBUSTOS APLICADOS

En este apartado se explicarán los diferentes métodos empleados en las técnicas de estimación robusta para que los resultados del ajuste no sean influidos por los errores de tipo I, como ocurre en la metodología clásica.

En la práctica, el uso de estimadores robustos solamente se diferencia del método clásico en la formación de la matriz de pesos. Esto quiere decir que según el tipo de estimador que se emplee, la función objetivo será diferente y, por lo tanto, la matriz de pesos también lo será.

Actualmente existen diferentes propuestas para la elección de la función objetivo $\phi(V)$, pero aún falta una teoría que clasifique, unifique y compare todos los métodos.

La solución numérica para de estos principio de ajuste se realiza por sucesiva aplicación del método de los mínimos cuadrados ponderados.

Se comienza la iteración con unos valores dados a priori para los pesos de las observaciones y un ajuste convencional, en el que suponemos que todas las observaciones tienen o no el mismo peso, teniendo en cuenta su carácter angular o longitudinal. En la siguiente iteración se calculan nuevos pesos para cada observación individual a partir de los residuos obtenidos en el ajuste anterior, repitiendo el ajuste mínimos cuadrático con estos nuevos pesos.

Es en este momento donde entran en juego los diferentes estimadores robustos *tipo M* empleados, que se pasan a describir a continuación.

El proceso iterativo se repite hasta que se logre la convergencia; normalmente entre tres y diez iteraciones.

3.5.1. GEMAN & McCLURE

La suposición inicial para el desarrollo de este estimador es minimizar una función de los residuos distinta a la propuesta por el método de los mínimos cuadrados. En este caso, la función objetivo a minimizar es:

$$\phi(V) = \frac{\frac{v^2}{2}}{1 + v^2}$$

La función de influencia correspondiente en este caso es:

$$\psi(V) = \frac{d\phi(V)}{dV} = \frac{v}{(1 + v^2)^2}$$

Y por tanto la función de pesos a aplicar es:

$$P(V) = \frac{\psi(V)}{V} = \frac{1}{(1 + v^2)^2}$$



- Los algoritmos de los estimadores robustos tienen un carácter muy general y hay que particularizarlo y modificarlo para un problema concreto. En este caso se ha empleado una modificación del método Geman & McClure, conocida como Método de Cauchy, en el que el peso queda definido del siguiente modo:

$$P(V) = \frac{1}{(1 + v^2)}$$

3.5.2. MÍNIMA SUMA

A continuación se analiza el estimador robusto llamado de la *mínima suma*, en el que la alternativa planteada es sustituir la función a minimizar. Para el método clásico, es la suma de los residuos al cuadrado, pero en este caso la función objetivo es la suma de los valores absolutos de los residuos. Sin embargo se ha optado por aplicar el método de los mínimos cuadrados reponderados. De esta forma una vez linealizadas las ecuaciones de observación, el problema queda muy simplificado. Se ha tratado de programar un algoritmo de mínimos cuadrados reponderados donde la matriz de pesos ya no es una matriz de constantes, sino una más bien una “función” de pesos. En cada iteración sus valores variarán, puesto que el vector de residuos varía también.

En este método, la función objetivo es:

$$\phi(V) = |V|$$

La función de influencia correspondiente en este caso es:

$$\psi(V) = \frac{d\phi(V)}{dV} = \text{sgn}(V)$$

Y por tanto la función de pesos a aplicar es:

$$P(V) = \frac{\psi(V)}{V} = \frac{1}{|V|}$$

Esta función de pesos sería una combinación del método de la mínima suma con el estimador de Huber, eliminando el análisis sobre el residuo.

3.5.3. MÉTODO DANÉS

Con el fin de contrastar la potencia y eficacia de la estimación robusta frente al método clásico de ajuste mínimo cuadrático, se analizó también el llamado *Método Danés*.

El primer problema que plantea este algoritmo es que no existe un Método “general” Danés, sino que dicho método ha de ser estudiado y modificado a las propias necesidades. Partiendo de la fórmula básica para la función de influencia y la función de pesos, se hicieron una serie de pruebas y experimentos hasta llegar al algoritmo más interesante para este caso.

Siendo la función de influencia:

$$\psi(V) = \begin{cases} \frac{v^2}{2}, & |v| \leq 2\sigma \\ xe^{-cv^2}, & |v| > 2\sigma \end{cases}$$

Y su correspondiente función de pesos:

$$P(V) = \begin{cases} 1, & |v| \leq 2\sigma \\ e^{-cv^2}, & |v| > 2\sigma \end{cases}$$

Como se ha comentado antes, los algoritmos de los estimadores robustos tienen un carácter muy general y hay que particularizarlo y modificarlo para un problema concreto. Para este estimador se ha programado el *Método Danés Modificado*, que emplea la siguiente función de pesos:

$$P(V) = \frac{\psi(V)}{V} = \frac{1}{e^{v^2}}$$

En principio se utilizó la fórmula clásica del método, incluyendo un parámetro como puede ser la precisión de los datos observados y construyendo la función de pesos en dos trozos. Pero las diversas pruebas realizadas mostraron que la introducción del parámetro, en este caso, no proporcionaba buenos resultados. En cambio utilizando la función anterior, los resultados eran positivos sea cual fuera el error introducido en las observaciones. Tampoco se vio necesario dividir la función pues con esta definición la convergencia se conseguía rápidamente.

- Este estimador fue llevado a la práctica, aunque se decidió descartarlo ya que al crear la matriz de pesos, empleando la función anterior, los elementos de la diagonal principal de la matriz no todos son valores lógicos.
Esto ocurre cuando el residuo angular que se usa en la función de pesos es superior a 27^{cc} . Como el peso es inversamente proporcional a la varianza de referencia de las observaciones, cuanto mayor sea el residuo, más pequeño será el peso, dándose el caso de que algunos elementos de la diagonal sean extremadamente pequeños.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

4.1 OBSERVACIONES ANGULARES

Para comprobar la efectividad del ajuste mediante estimadores robustos frente a los métodos clásicos conocidos (MM.CC) simularemos una serie de errores en el conjunto de datos reales medidos en campo.

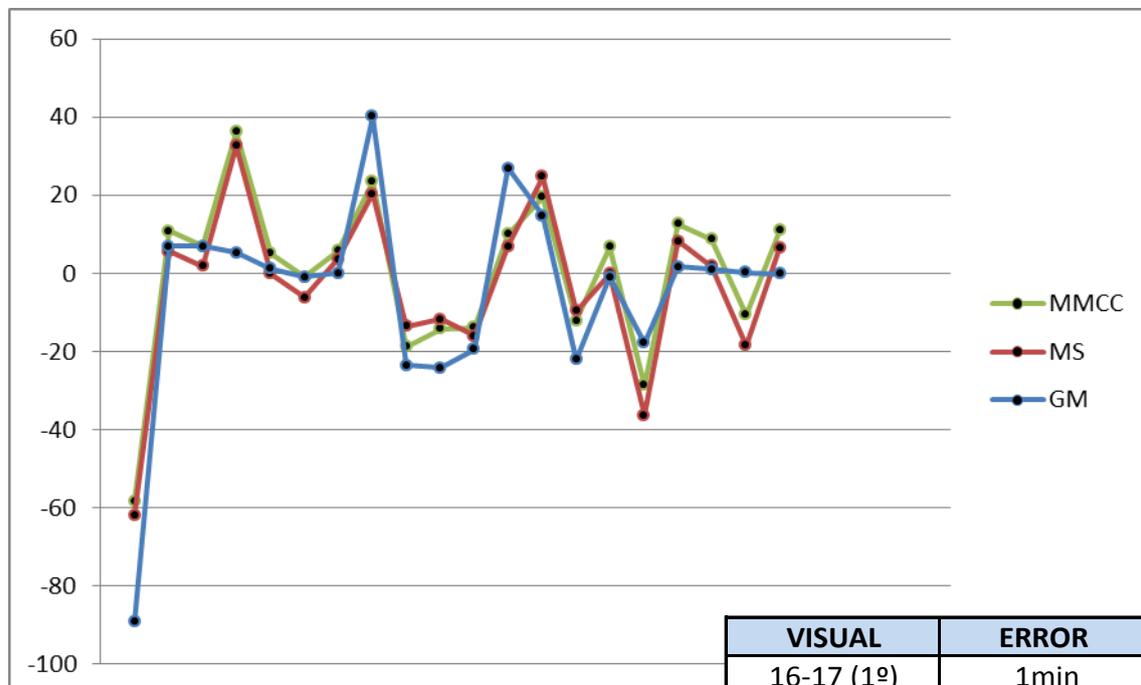
A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en estas simulaciones, en las que se han introducido una serie de errores, con diferentes magnitudes y signos, en diferentes observaciones de la red. En este caso el error se introduce en las observaciones angulares horizontales recogidas durante el trabajo de campo.

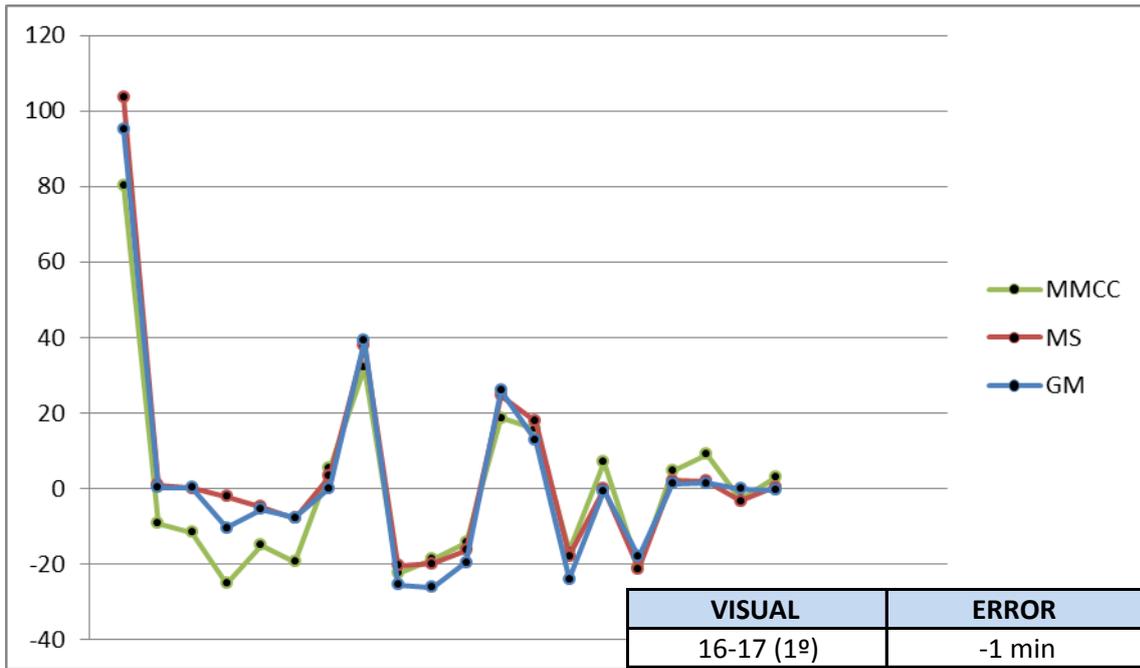
Por cada simulación, aparecerá una representación gráfica de dispersión en la que se muestran los residuos de las observaciones angulares con el fin de comprobar la diferencia en el comportamiento de los métodos robustos y la metodología clásica de ajuste por mínimos cuadrados. Además se mostrará una tabla con el valor del error introducido y la observación que lo representa.

4.1.1. RESULTADO EN MEDIDAS ÁNGULARES

Los resultados obtenidos son claramente representativos y como comprobaremos en los gráficos que veremos a continuación, la capacidad de los estimadores robustos para la detección de errores groseros es muy amplia, detectando errores con magnitudes muy distintas hasta en 20 observaciones diferentes.

Error introducido en una observación

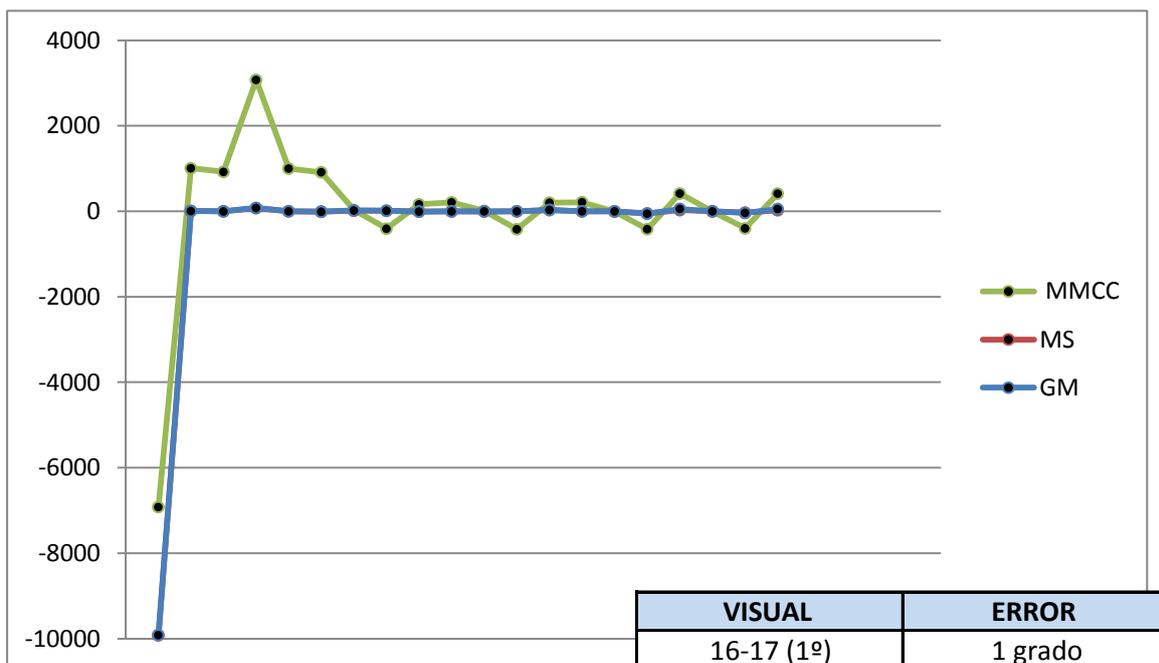


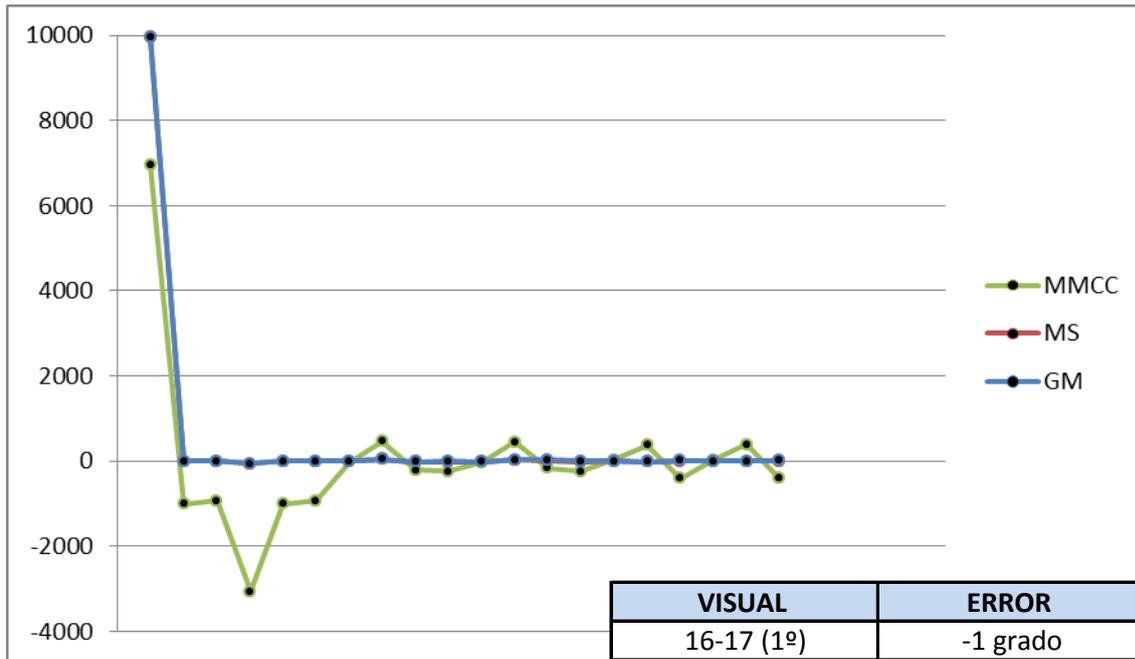


El mayor residuo reflejado en el ajuste planimétrico de la red por MM.CC sin la introducción de ningún error grosero es de una magnitud de 36 segundos centesimales.

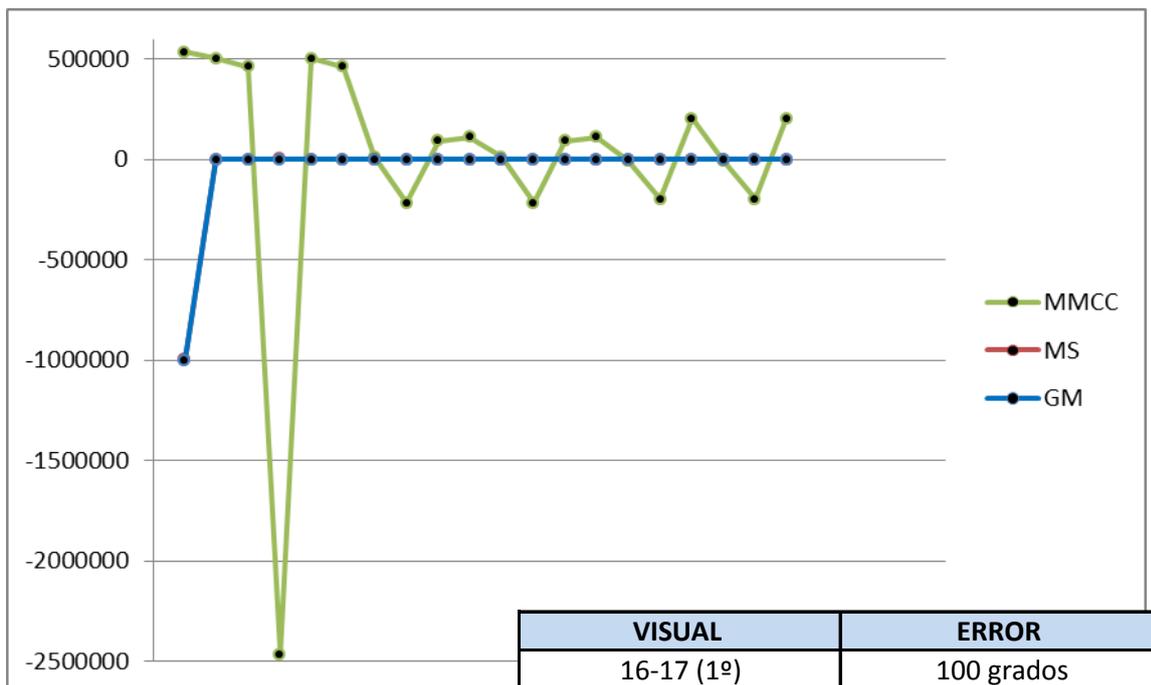
Como podemos comprobar introduciendo un error muy próximo a esta magnitud (1 minuto) el ajuste detecta el error junto con los residuos propios del mismo, pero éste no destaca del resto debido a su proximidad.

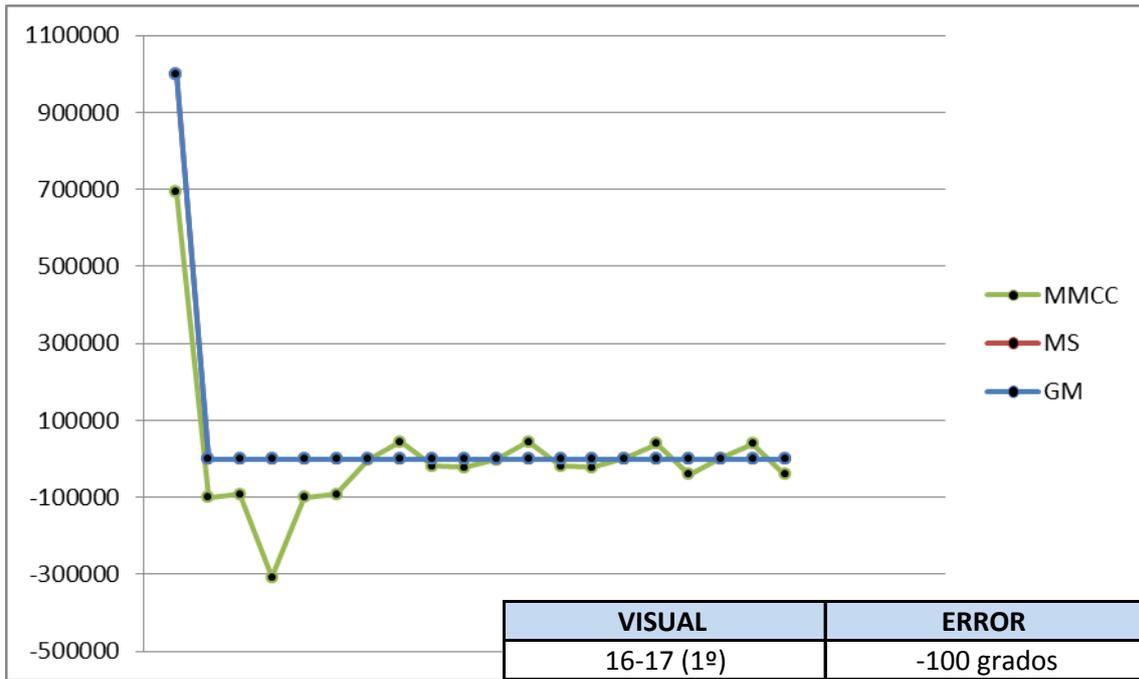
Al aumentar la magnitud del error introducido podemos observar como los dos estimadores robustos son capaces de detectar el mismo sin alterar los residuos del resto de observaciones, mientras que el ajuste por mínimos cuadrados desvirtúa toda la red.





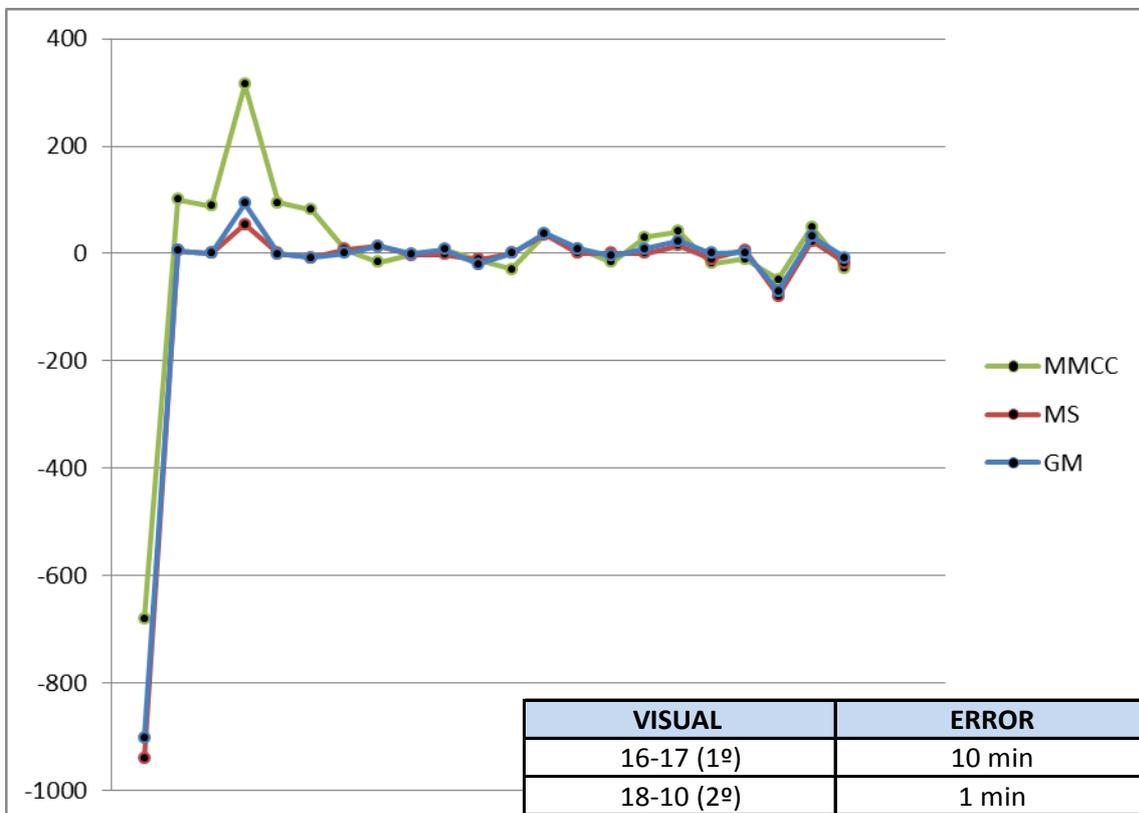
Llegamos a introducir errores con magnitudes muy elevadas (100 grados) y comprobamos que el ajuste por estimadores robustos sigue funcionando.





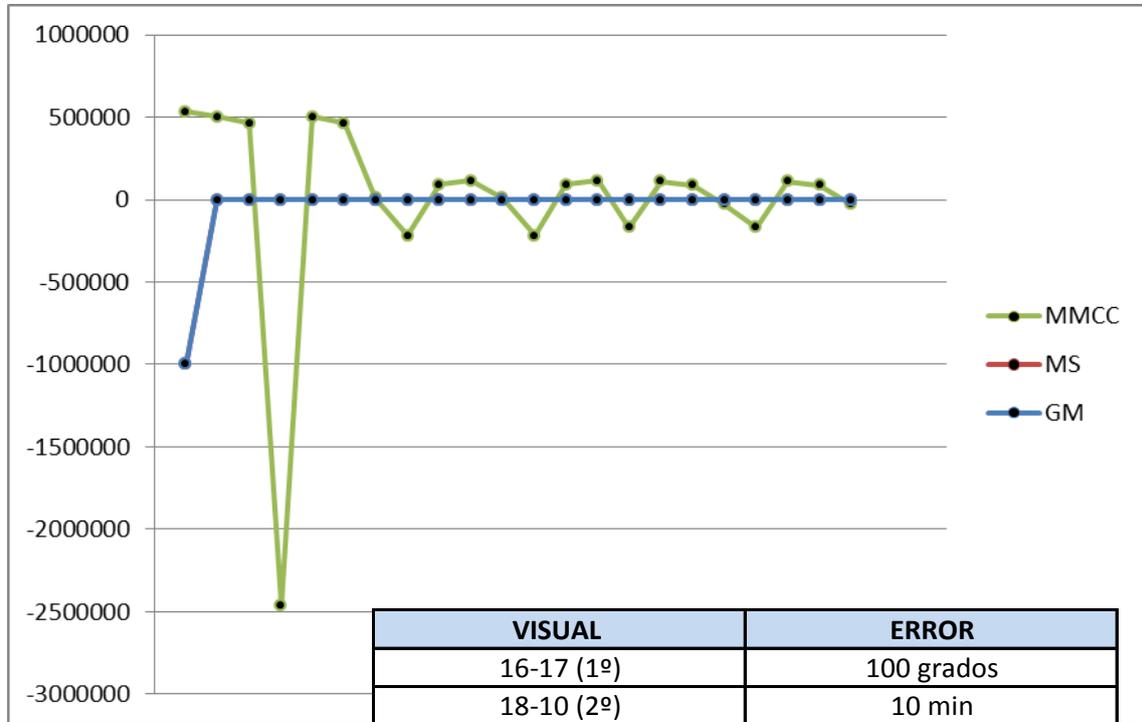
Error introducido en dos observaciones

Pasamos a introducir dos errores en las observaciones angulares horizontales, jugando con las magnitudes de los mismos, de manera que combinamos errores pequeños, grandes y la combinación de los dos anteriores.

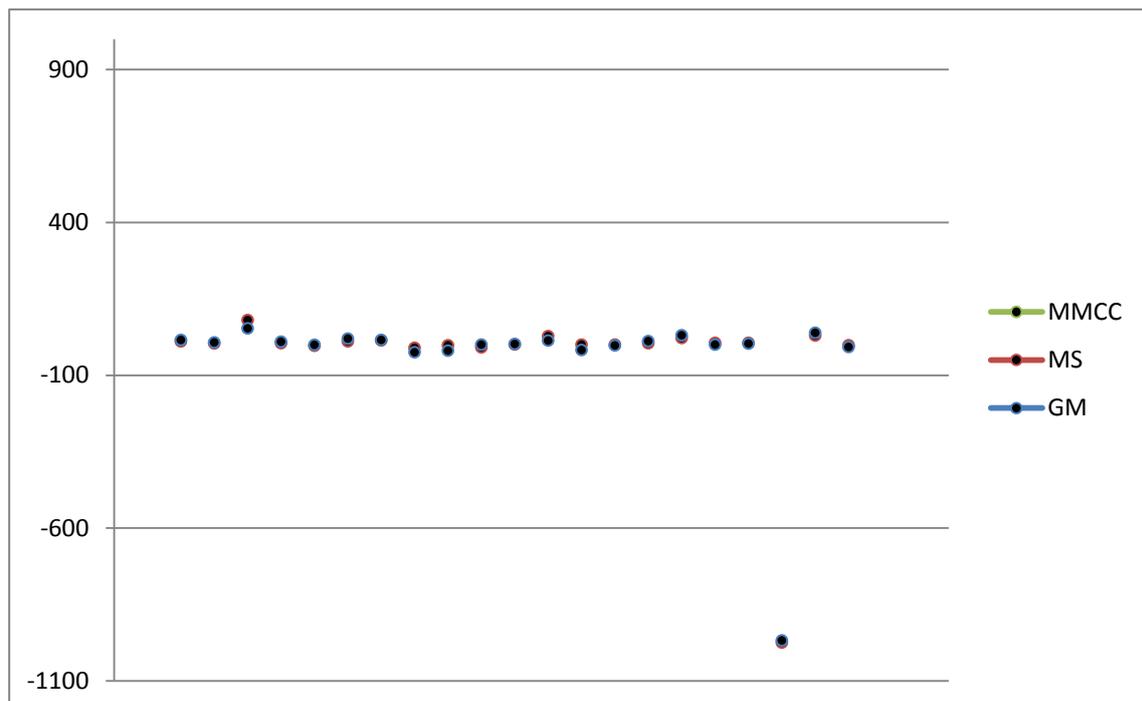


Como hemos comentado anteriormente, el error introducido de 1 minuto queda dentro de los errores propios del ajuste, no distinguiéndose demasiado del resto de errores, aunque si queda reflejado. Los 10 minutos se visualizan a primera vista.

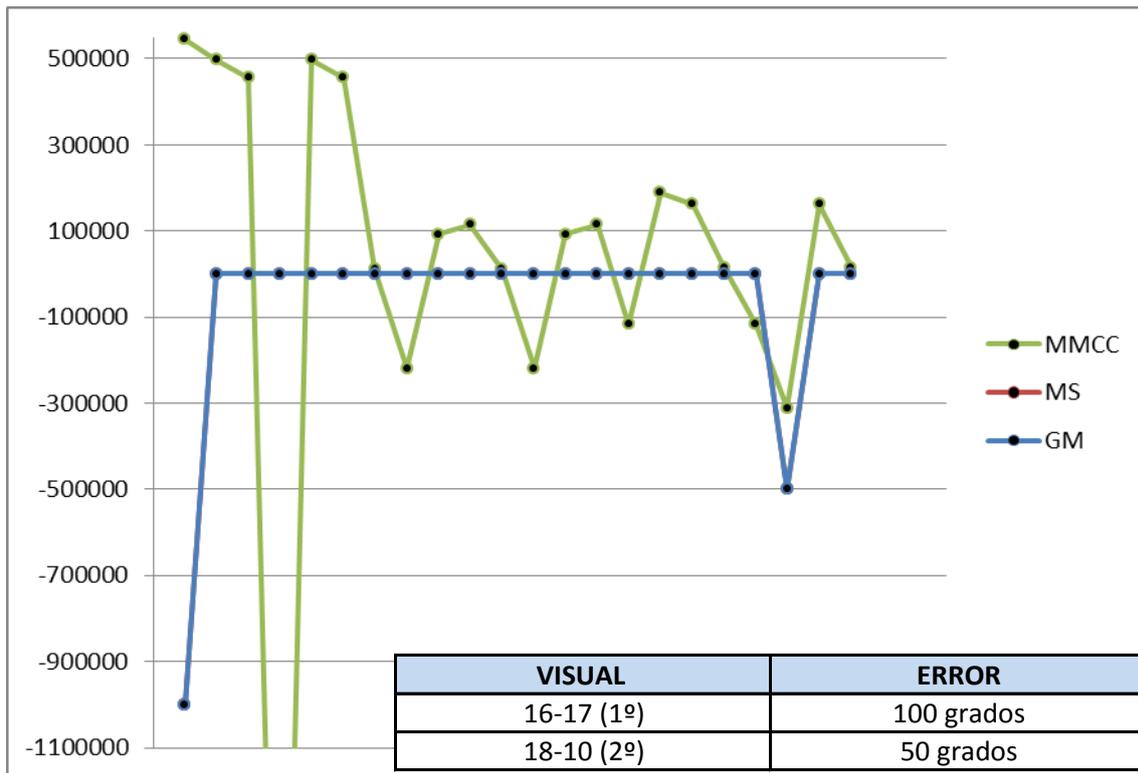
Probamos con un error de magnitud amplia y los 10 minutos vistos anteriormente.



El error de 100 grados resalta en los estimadores robustos respecto a los MMCC, si ampliamos la escala del gráfico podemos comprobar como también los estimadores son capaces de detectar los 10 minutos sin alterar el resto de observaciones.

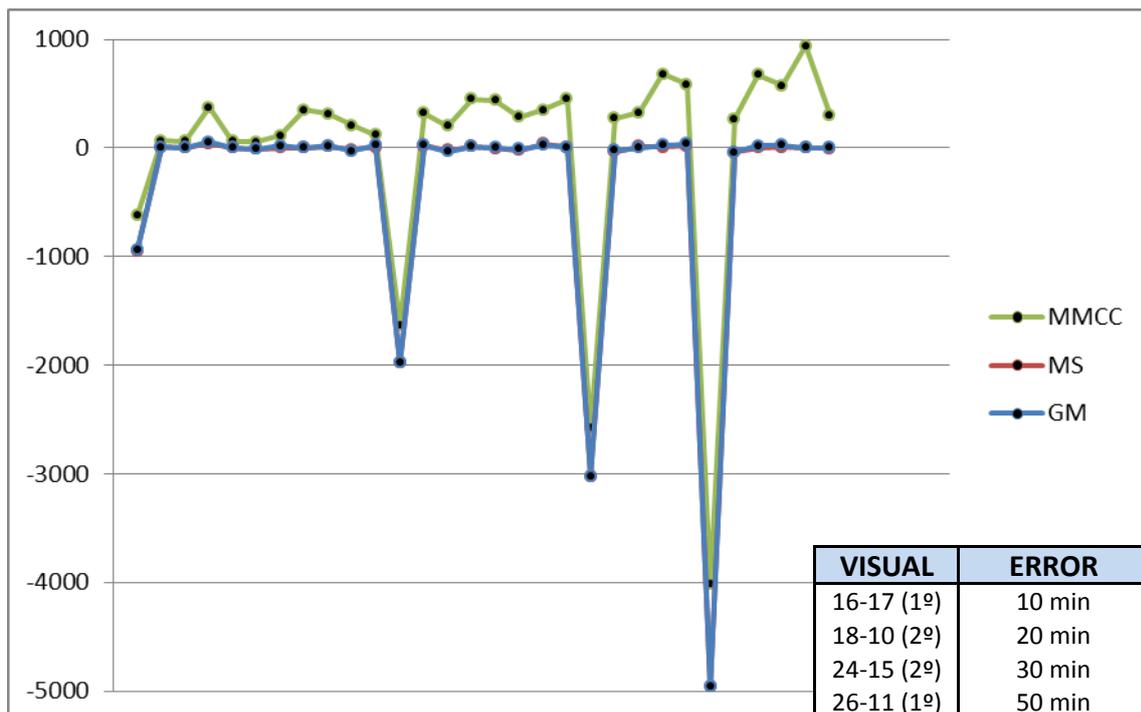


Probamos introduciendo dos errores grandes y el resultado es el esperado.



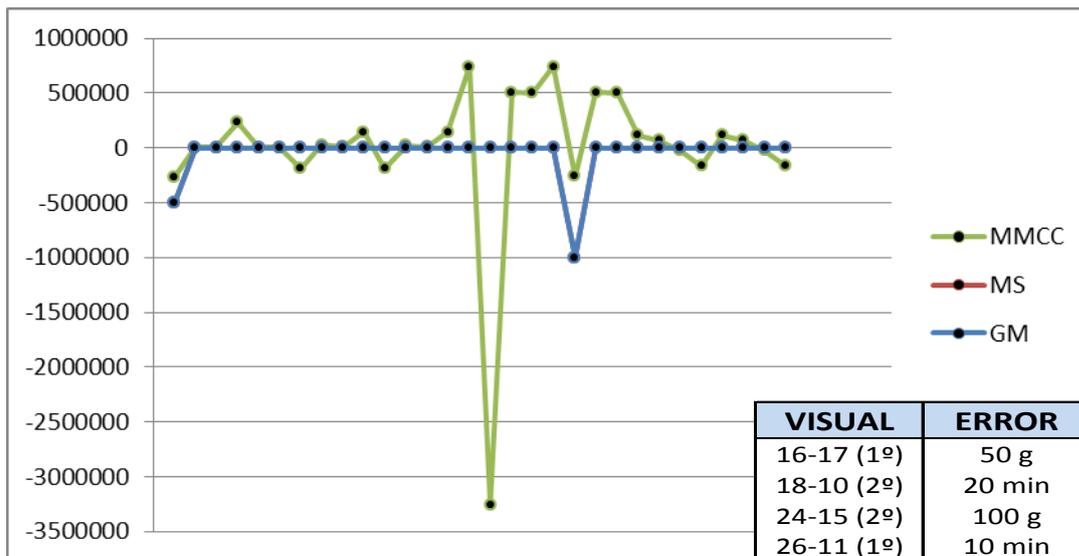
Error introducido en cuatro observaciones

Ampliamos el número de errores introducidos en la red incluyendo cuatro observaciones afectadas de los mismos. Como hemos hecho anteriormente probaremos con magnitudes pequeñas, grandes y con la combinación de las mismas.



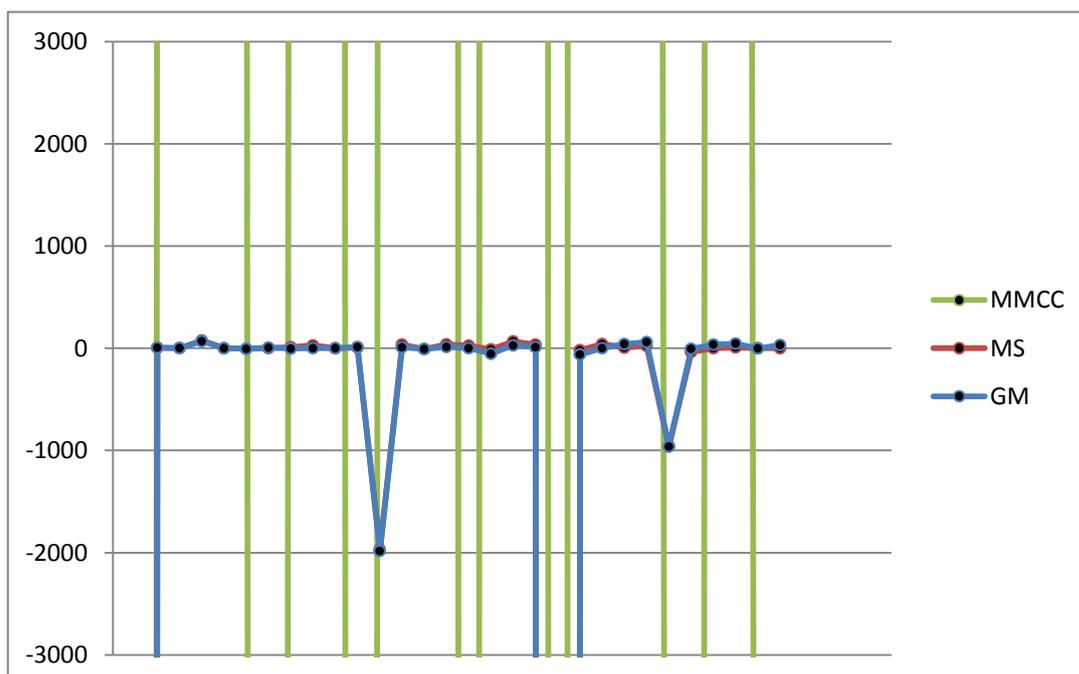
Como podemos observar los 4 errores de magnitudes entre los 10 y 50 minutos son detectados por la estimación robusta sin afectar al resto de observaciones de la red. En el caso del ajuste por MMCC se puede comprobar que el ajuste es capaz de detectar los errores introducidos al igual que la estimación robusta. La clara diferencia radica en el resto de observaciones introducidas que no llevan incluido ningún error, que si bien los estimadores robustos los reflejan como tal, en el caso de los MMCC se ven afectados de errores que viene derivados de los incluidos en otras observaciones, por lo que se invalida el resto de la red.

Introducimos errores de magnitudes diferentes para ver el comportamiento de los distintos métodos de ajuste.



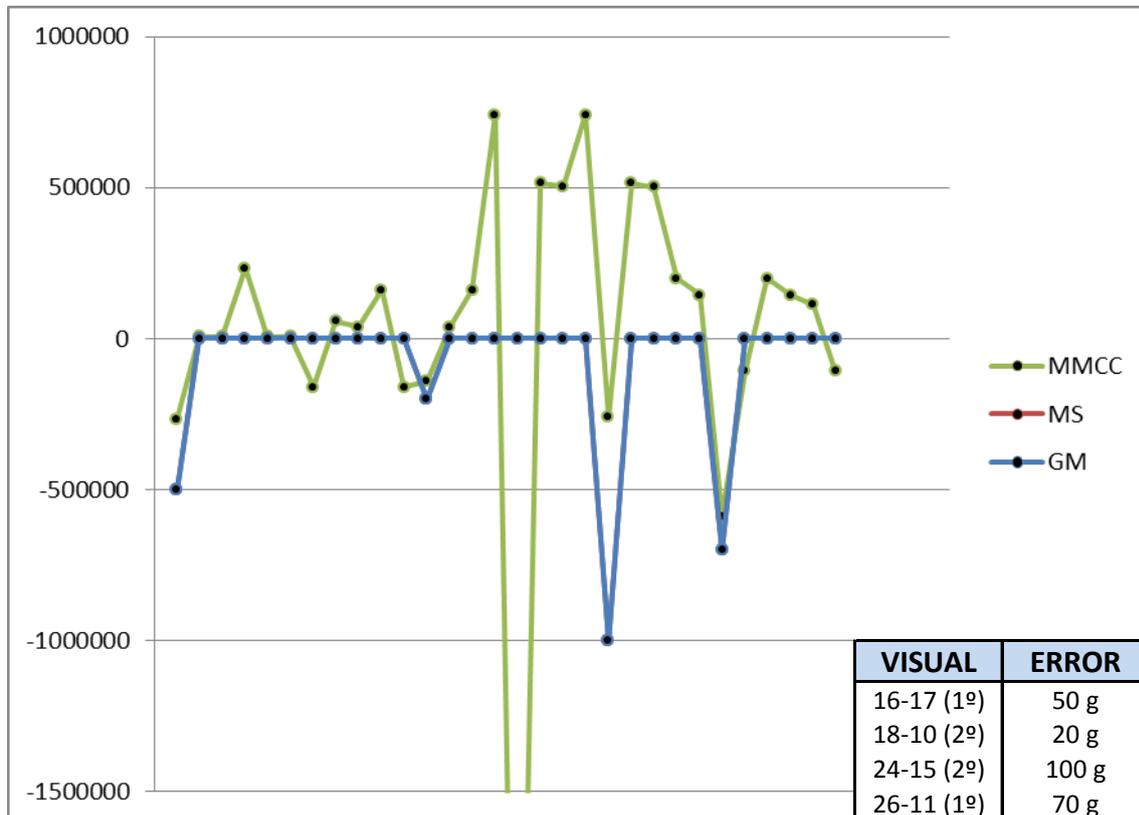
A esta escala podemos observar como la estimación robusta detecta los dos errores de mayor magnitud, mientras que los MMCC tienen un comportamiento totalmente erróneo.

Si reducimos la escala del gráfico este es el resultado que nos muestra.



Podemos detectar a simple vista los dos errores introducidos de menor magnitud y ya de paso comprobar que el resto de observaciones tienen un residuo insignificante, por lo que podemos concluir que el sistema sigue funcionando.

Introducimos los errores en las 4 observaciones seleccionadas con unas magnitudes muy grandes y encontramos este gráfico de resultados.

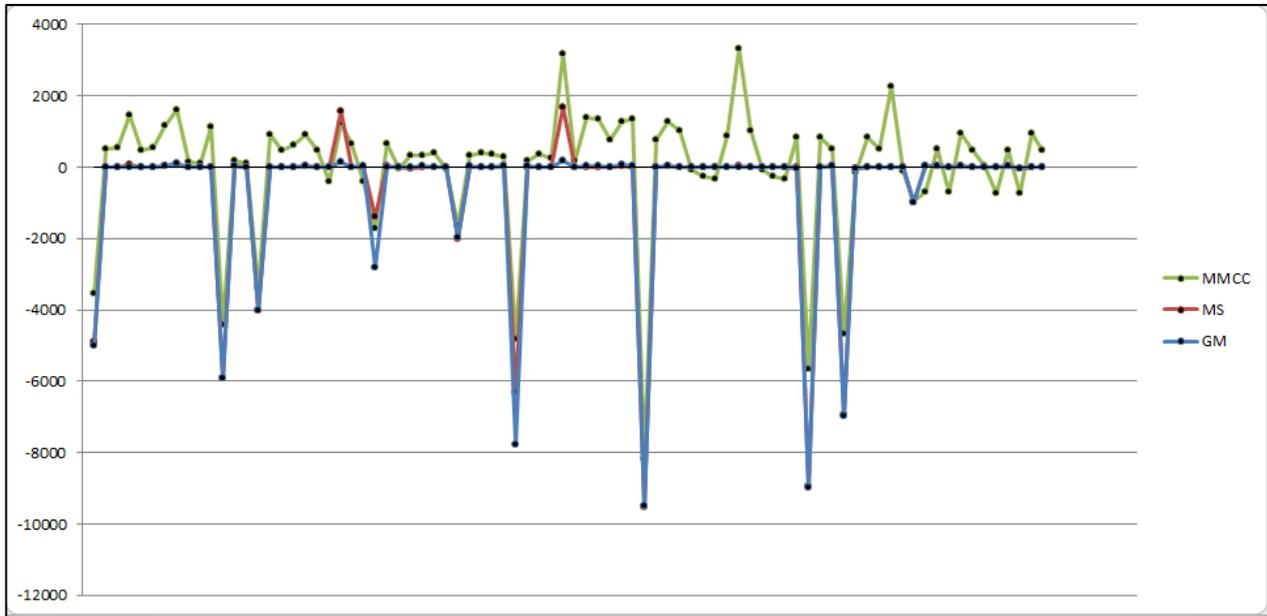


Comprobamos que los dos estimadores robustos actúan perfectamente y detectan los 4 errores en sus magnitudes. Si bien cabe destacar que ha hecho falta un mayor número de iteraciones en el estimador de la MS que en el G&M, aunque los resultados de los dos hasta este momento son satisfactorios frente al ajuste por MMCC que nos ofrece según

Ya hemos demostrado que los estimadores robustos resultan mucho más eficaces que los MMCC en el tratamiento de redes topográficas que lleven incluido cualquier tipo de error grosero. Vamos a forzar el estimador para ver hasta cuantos errores es capaz de detectar sin afectar al resto de observaciones.

Error introducido en diez observaciones

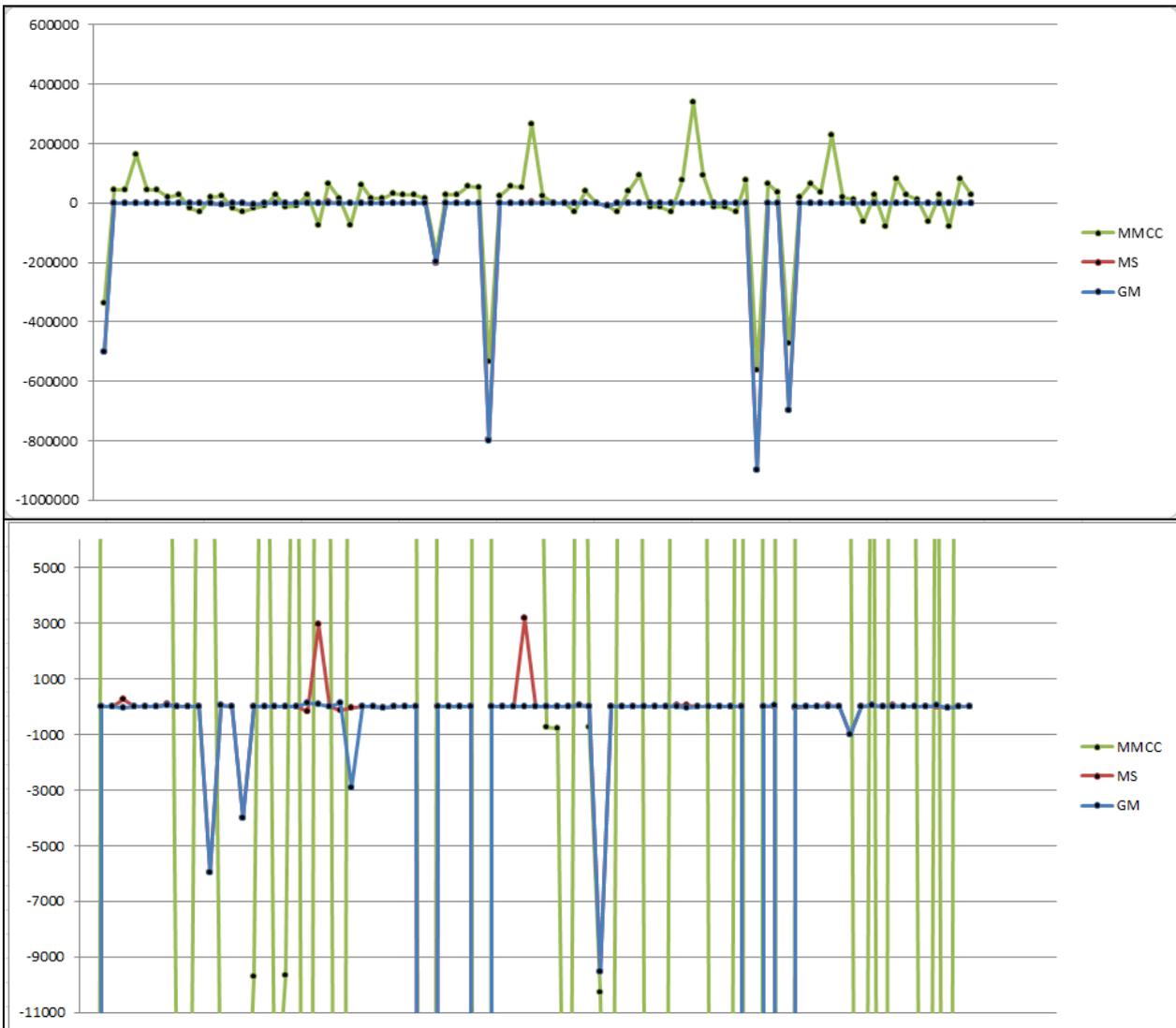
Introducimos 10 errores groseros en distintas observaciones de la red y combinamos magnitudes de los mismos.



VISUAL	ERROR
16-17 (1º)	50 min
13-16 (2º)	60 min
14-13 (1º)	40 min
17-12 (2º)	30 min
18-10 (2º)	20 min
12-17 (1º)	80 min
24-15 (2º)	95 min
11-26 (2º)	90 min
26-11 (1º)	70 min
15-14 (1º)	10 min

Comprobamos que el estimador de G&M funciona de manera correcta, mientras que el método de la MS comienza a dar errores, reflejando residuos altos en observaciones en las que no existe error introducido.

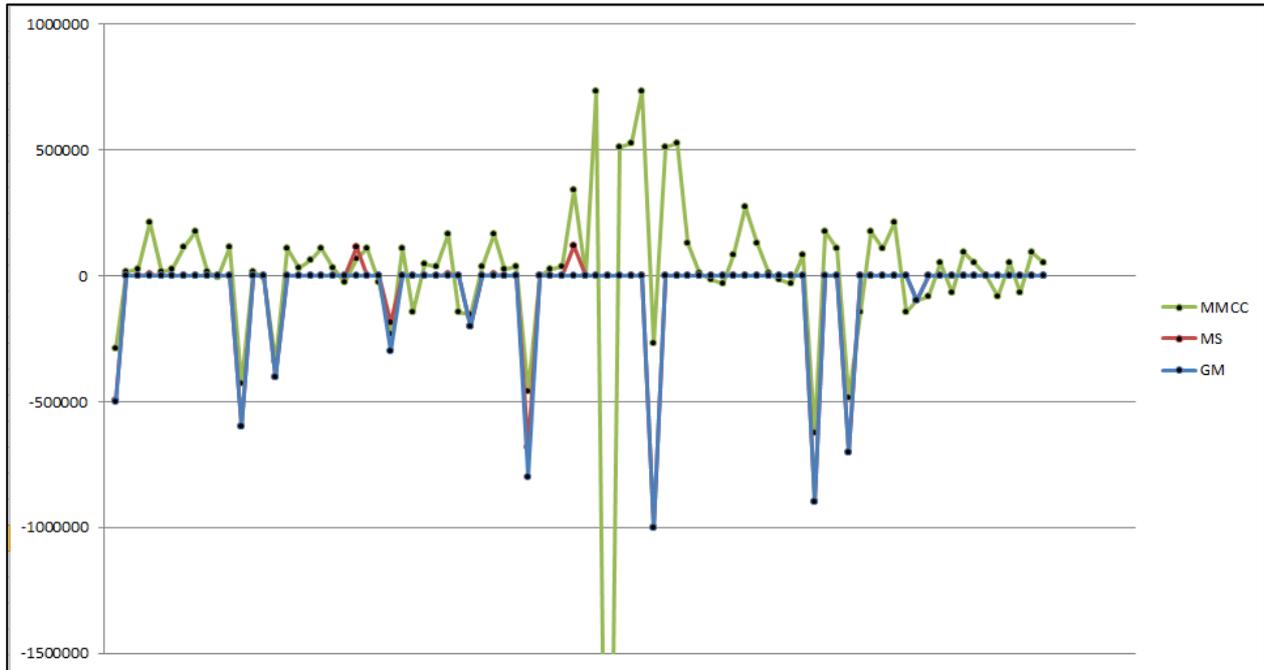
Introducimos errores de diferentes magnitudes y observamos el comportamiento de los distintos sistemas. Como introducimos errores con magnitudes tan dispares debemos hacer dos escalas diferentes en el gráfico para poder analizar los resultados.



VISUAL	ERROR
16-17 (1º)	50 g
13-16 (2º)	60 min
14-13 (1º)	40 min
17-12 (2º)	30 min
18-10 (2º)	20 g
12-17 (1º)	80 g
24-15 (2º)	95 min
11-26 (2º)	90 g
26-11 (1º)	70 g
15-14 (1º)	10 min

Observamos que, al igual que en el caso anterior, el estimador de G&M detecta los errores con indiferencia de la magnitud que posean y conserva el resto de observaciones sin error. El método de la mínima suma vuelve a reflejar el error hallado anteriormente.

Introducimos errores de gran magnitud y observamos los resultados adquiridos.



VISUAL	ERROR
16-17 (1º)	50 g
13-16 (2º)	60 g
14-13 (1º)	40 g
17-12 (2º)	30 g
18-10 (2º)	20 g
12-17 (1º)	80 g
24-15 (2º)	100 g
11-26 (2º)	90 g
26-11 (1º)	70 g
15-14 (1º)	10 g

Comprobamos que el comportamiento es idéntico al observado en los dos casos anteriores, obteniendo el mismo error en la MS ubicado además en la misma observación.

Si lo analizamos más profundamente entre los valores del resto de residuos, podemos indicar que este error se da con independencia de las magnitudes del resto de errores en la observación del punto 17 desde la estación número 12 y al contrario. Si analizamos la ubicación de los errores introducidos por nosotros mismos, observamos que se ha introducido error en la observación 12-17 y también en la 17-12. Debemos tener en cuenta que, como ya hemos comentado anteriormente, en cada vértice de la red se han realizado dos vueltas de horizonte.

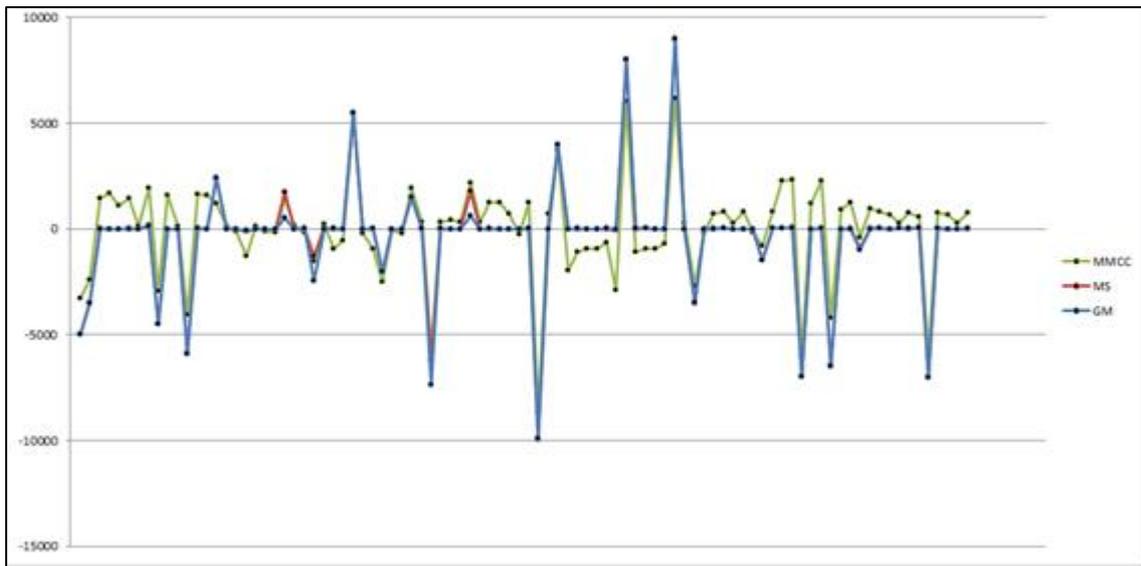
El error que observamos de manera reiterativa en estos casos expuestos, se debe a la confusión que sufre el ajuste al haberse dado todas estas circunstancias de manera simultánea. Es muy poco probable que esto llegue a darse en un caso real, ya que estamos hablando de un número de errores excesivo para ser cometido por cualquier profesional del sector.

Independientemente resulta un dato curioso a tener en cuenta en nuestro estudio.

Error introducido en veinte observaciones

Pasamos a introducir error en 20 observaciones diferentes jugando con las magnitudes de los mismos, al igual que en los casos anteriores.

Utilizando errores de magnitudes pequeñas (menores de 1 grado) obtenemos estos resultados.



VISUAL	ERROR (c)
16-17 (1º)	50
16-14 (1º)	35
13-12 (1º)	45
13-16 (2º)	60
14-13 (1º)	-25
17-12 (2º)	30
18-11 (1º)	-55
18-10 (2º)	20
12-15 (1º)	-15
12-17 (1º)	80

VISUAL	ERROR (c)
24-15 (2º)	99
24-26 (2º)	-40
11-10 (2º)	-80
11-26 (2º)	-90
10-15 (1º)	35
10-18 (2º)	15
26-11 (1º)	70
26-15 (2º)	65
15-14 (1º)	10
15-12 (2º)	70

Como podemos observar a primera vista el método de estimación robusta de G&M comienza a reflejar el mismo error cometido por la MS y como es lógico éste se encuentra ubicado en la misma observación (17-12, 12-17).

En el resto de observaciones comprobamos que el sistema detecta los errores introducidos (tanto en G&M como en MS) sin alterar el resto de observaciones, exceptuando el caso comentado en el párrafo anterior.

Introducimos errores con magnitudes grandes y pequeñas para comprobar cómo responde el sistema.



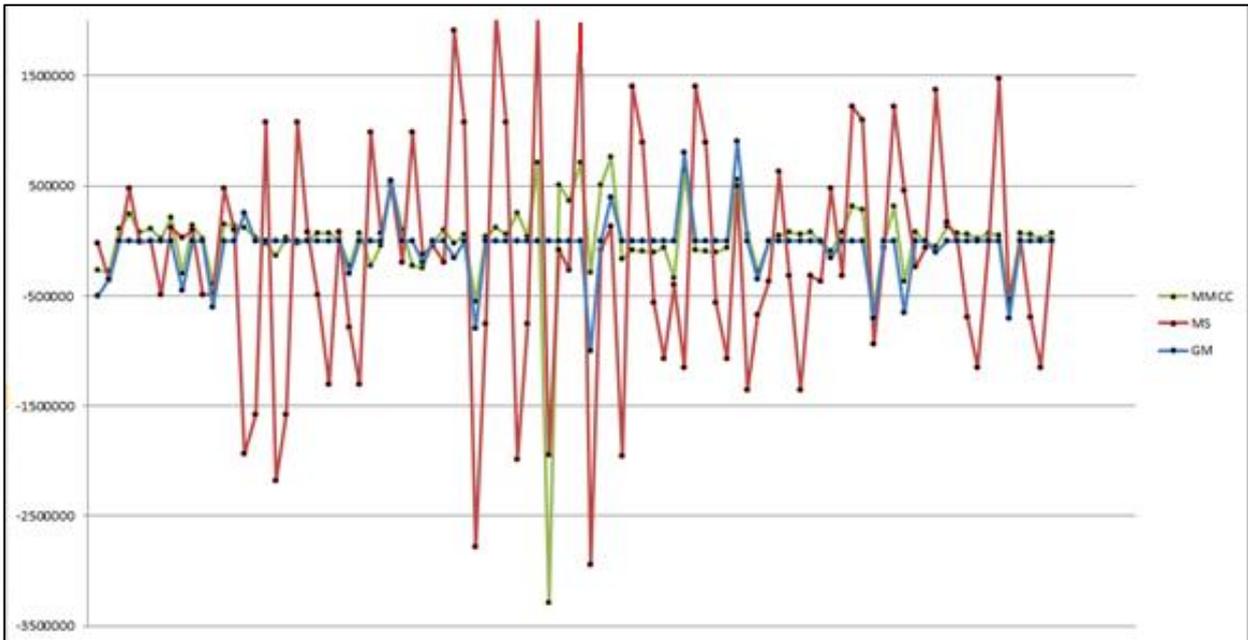
VISUAL	ERROR
16-17 (1º)	50 g
16-14 (1º)	35 min
13-12 (1º)	45 min
13-16 (2º)	60 g
14-13 (1º)	-25 g
17-12 (2º)	30 min
18-11 (1º)	-55 g
18-10 (2º)	20 g
12-15 (1º)	-15 min
12-17 (1º)	80 min

VISUAL	ERROR
24-15 (2º)	99 g
24-26 (2º)	-40 min
11-10 (2º)	-80 g
11-26 (2º)	-90 min
10-15 (1º)	35 min
10-18 (2º)	15 g
26-11 (1º)	70 min
26-15 (2º)	65 g
15-14 (1º)	10 min
15-12 (2º)	70 g

En este caso podemos observar que el estimador robusto G&M no comete errores, esto es debido a que los errores introducidos en las observaciones mencionadas anteriormente (12-17 y 17-12) no tienen magnitudes elevadas en comparación con otros errores introducidos en la red, por lo que el sistema no refleja el error cometido en el caso anterior.

El estimador robusto de la MS sigue aumentando sus fallos y responde al ajuste con un comportamiento erróneo al igual que los MMCC.

Probamos introduciendo los 20 errores en las observaciones indicadas con magnitudes elevadas en todos los casos.



VISUAL	ERROR
16-17 (1º)	50 g
16-14 (1º)	35 g
13-12 (1º)	45 g
13-16 (2º)	60 g
14-13 (1º)	-25 g
17-12 (2º)	30 g
18-11 (1º)	-55 g
18-10 (2º)	20 g
12-15 (1º)	-15 g
12-17 (1º)	80 g

VISUAL	ERROR
24-15 (2º)	100 g
24-26 (2º)	-40 g
11-10 (2º)	-80 g
11-26 (2º)	-90 g
10-15 (1º)	35 g
10-18 (2º)	15 g
26-11 (1º)	70 g
26-15 (2º)	65 g
15-14 (1º)	10 g
15-12 (2º)	70 g

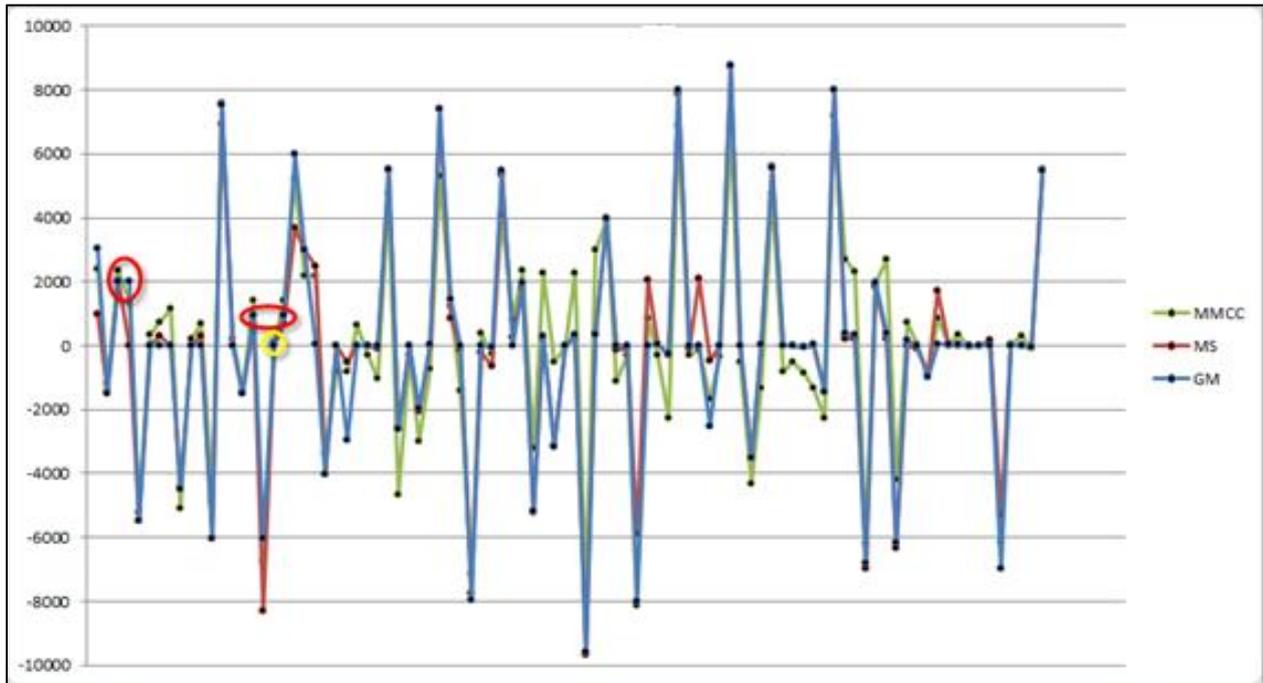
A primera vista y sin analizar pormenorizadamente los resultados podemos observar que el método de la MS no ofrece resultados lógicos, el sistema tiene un comportamiento ilógico destacando errores no existentes.

El estimador robusto de G&M sigue ofreciendo resultados óptimos, reflejando los errores introducidos con sus respectivas magnitudes.

Error introducido en cuarenta observaciones

Introducimos 40 errores en las observaciones para comprobar si el método de G&M sigue dando resultados válidos. Combinamos las magnitudes de estos errores como en el resto de casos expuestos.

Empezamos introduciendo los 40 errores con magnitudes menores de un grado obteniendo el siguiente resultado.



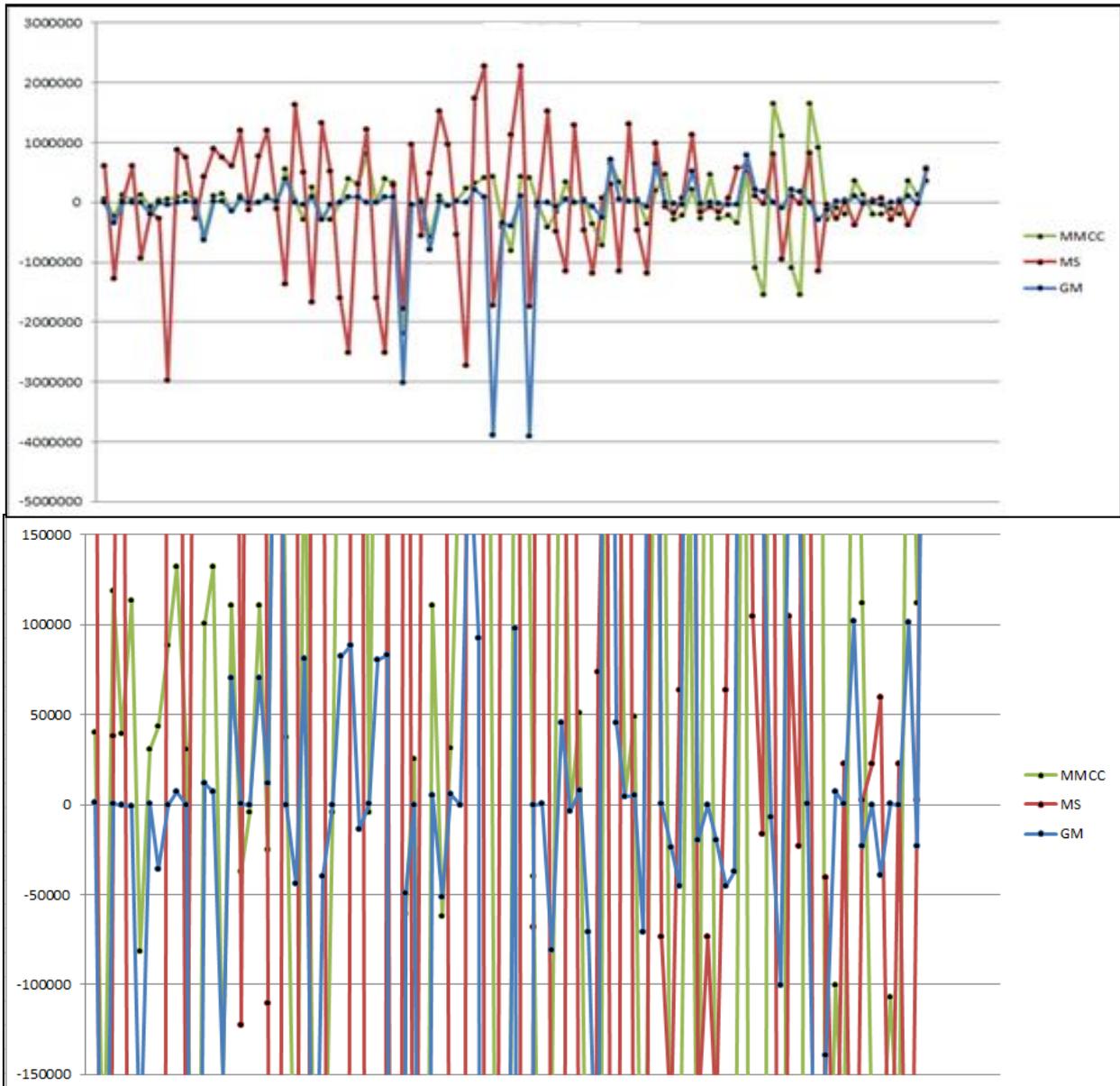
VISUAL	ERROR (c)
16-17 (1º)	-10 min
16-14 (1º)	35 min
16-14 (2º)	75 min
16-13 (2º)	20 min
13-12 (1º)	45 min
13-16 (2º)	60 min
13-12 (2º)	-75 min
14-13 (1º)	25 min
14-15 (1º)	70 min
14-13 (2º)	10 min
14-15 (2º)	-50 min
17-18 (1º)	-30 min
17-16 (1º)	40 min
17-12 (2º)	30 min
18-11 (1º)	-55 min
18-17 (1º)	25 min
18-10 (2º)	20 min
18-17 (2º)	-75 min
12-15 (1º)	-15 min
12-17 (1º)	80 min

VISUAL	ERROR (c)
12-13 (2º)	-55 min
12-11 (2º)	-20 min
24-10 (1º)	55 min
24-18 (1º)	35 min
24-15 (2º)	99 min
24-26 (2º)	-40 min
11-13 (1º)	80 min
11-10 (2º)	-80 min
11-12 (2º)	25 min
11-26 (2º)	-90 min
10-15 (1º)	35 min
10-18 (1º)	-55 min
10-18 (2º)	15 min
10-24 (2º)	-80 min
26-11 (1º)	70 min
26-24 (1º)	-20 min
26-15 (2º)	65 min
15-14 (1º)	10 min
15-12 (2º)	70 min
15-10 (2º)	-55 min

El sistema de G&M empieza a cometer errores reflejando algunos no existentes (círculos rojos) y no detectando algunos que han sido introducidos por el operador (círculo amarillo). Esto significa que llegados a este punto, ninguno de los tres métodos resulta efectivo.

Probaremos con la combinación de magnitudes entre los errores de la red para comprobar que independientemente de los valores numéricos de éstos, cuando el número de errores es tan desproporcionado, el sistema de ajuste deja de funcionar en cualquier método que se introduzca.

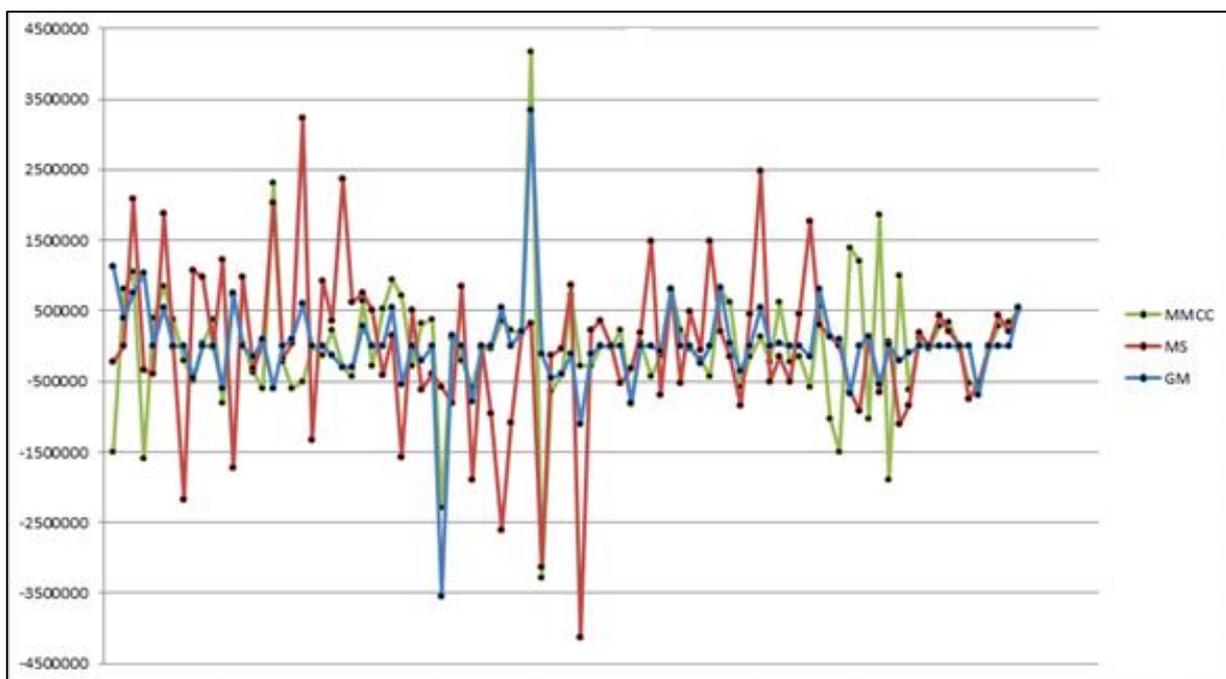
Resultados obtenidos con la combinación de errores entre 10 minutos y 100 grados.



VISUAL	ERROR	VISUAL	ERROR
16-17 (1º)	-10 min	12-13 (2º)	-55 min
16-14 (1º)	35 g	12-11 (2º)	-20 g
16-14 (2º)	75 min	24-10 (1º)	55 min
16-13 (2º)	20 g	24-18 (1º)	35 g
13-12 (1º)	45 min	24-15 (2º)	99 min
13-16 (2º)	60 g	24-26 (2º)	-40 g
13-12 (2º)	-75 min	11-13 (1º)	80 min
14-13 (1º)	25 g	11-10 (2º)	-80 g
14-15 (1º)	70 min	11-12 (2º)	25 min
14-13 (2º)	10 g	11-26 (2º)	-90 g
14-15 (2º)	-50 min	10-15 (1º)	35 min
17-18 (1º)	-30 g	10-18 (1º)	-55 g
17-16 (1º)	40 min	10-18 (2º)	15 min
17-12 (2º)	30 g	10-24 (2º)	-80 g
18-11 (1º)	-55 min	26-11 (1º)	70 min
18-17 (1º)	25 g	26-24 (1º)	-20 g
18-10 (2º)	20 min	26-15 (2º)	65 min
18-17 (2º)	-75 g	15-14 (1º)	10 g
12-15 (1º)	-15 min	15-12 (2º)	70 min
12-17 (1º)	80 g	15-10 (2º)	-55

Los resultados obtenidos son totalmente erróneos, tal y como cabía esperar. Las observaciones que no llevan introducido ningún error reflejan valores de residuos muy elevados en los tres sistemas utilizados.

Por último probaremos a introducir todos los errores con magnitudes elevadas.





VISUAL	ERROR (g)	VISUAL	ERROR (g)
16-17 (1º)	-10 g	12-13 (2º)	-55 g
16-14 (1º)	35 g	12-11 (2º)	-20 g
16-14 (2º)	75 g	24-10 (1º)	55 g
16-13 (2º)	20 g	24-18 (1º)	35 g
13-12 (1º)	45 g	24-15 (2º)	100 g
13-16 (2º)	60 g	24-26 (2º)	-40 g
13-12 (2º)	-75 g	11-13 (1º)	80 g
14-13 (1º)	25 g	11-10 (2º)	-80 g
14-15 (1º)	70 g	11-12 (2º)	25 g
14-13 (2º)	10 g	11-26 (2º)	-90 g
14-15 (2º)	-50 g	10-15 (1º)	35 g
17-18 (1º)	-30 g	10-18 (1º)	-55 g
17-16 (1º)	40 g	10-18 (2º)	15 g
17-12 (2º)	30 g	10-24 (2º)	-80 g
18-11 (1º)	-55 g	26-11 (1º)	70 g
18-17 (1º)	25 g	26-24 (1º)	-20 g
18-10 (2º)	20 g	26-15 (2º)	65 g
18-17 (2º)	-75 g	15-14 (1º)	10 g
12-15 (1º)	-15 g	15-12 (2º)	70 g
12-17 (1º)	80 g	15-10 (2º)	-55 g

El sistema rompe definitivamente ofreciendo resultados incoherentes y erróneos en los tres sistemas utilizados.

Podemos observar que los resultados obtenidos son variables en función del método utilizado, pero en ninguno de los casos son correctos.

Debemos tener en cuenta que el número de errores introducido es excesivo, tal y como ya hemos mencionado con anterioridad. Estamos introduciendo 40 errores con una redundancia de 58, por lo que solo quedan 18 ecuaciones desprovistas de error. Se trata de un caso extremo que nunca se dará en la realidad.



4.1.2. CONCLUSIONES

Tras analizar todos estos gráficos de resultados podemos determinar que en el caso de las medidas angulares el estimador robusto que mayor efectividad tiene se trata de Geman & McClure.

El estimador robusto definido como Mínima Suma también es efectivo pero necesita de un mayor número de iteraciones y empieza a comportarse de forma errónea con la introducción de 10 errores simultáneos. El otro método (G&M) tiene una mayor capacidad de detección, tanto en magnitud, como en tiempo.

Podemos concluir por otro lado que este tipo de estimadores robustos tiene una limitación como todos los ajustes al fin y al cabo. En estos casos hemos comprobado como el sistema empieza a fallar con más de 20 observaciones afectadas de error.

Es muy complicado que en la realidad se lleguen a dar este tipo de casos, pero dado que nuestro proyecto es un estudio sobre las diferencias entre estos métodos hemos creído interesante concretar los límites de cada uno de ellos.

Como hemos comprobado los mínimos cuadrados dan resultados erróneos desde la introducción de una sola observación, siendo estos resultados más llamativos según se amplían tanto la magnitud como el número de errores introducido.

El estimador robusto de G&M resulta efectivo hasta la introducción de unos 20 errores simultáneos, donde se empieza a percibir que los errores se dividen entre las observaciones en las que se ha introducido y sus recíprocas. En el caso de la mínima suma estos errores se pueden empezar a percibir en la introducción de 10 errores.

4.2. OBSERVACIONES DE DISTANCIA

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en la simulación de diversas situaciones en las que se han introducido una serie de errores de diferente magnitud y signo en las observaciones implicadas. En este caso, tales observaciones son las de distancia, recogidas durante el trabajo de campo.

Por cada simulación, aparecerá una representación gráfica de dispersión en la que se muestran los residuos de las observaciones longitudinales obtenidos con diferentes técnicas a fin de comparar la eficacia de los métodos robustos frente a la metodología clásica de ajuste por mínimos cuadrados. Además se mostrará una tabla con el valor del error introducido y el número de observación de la que se trata.

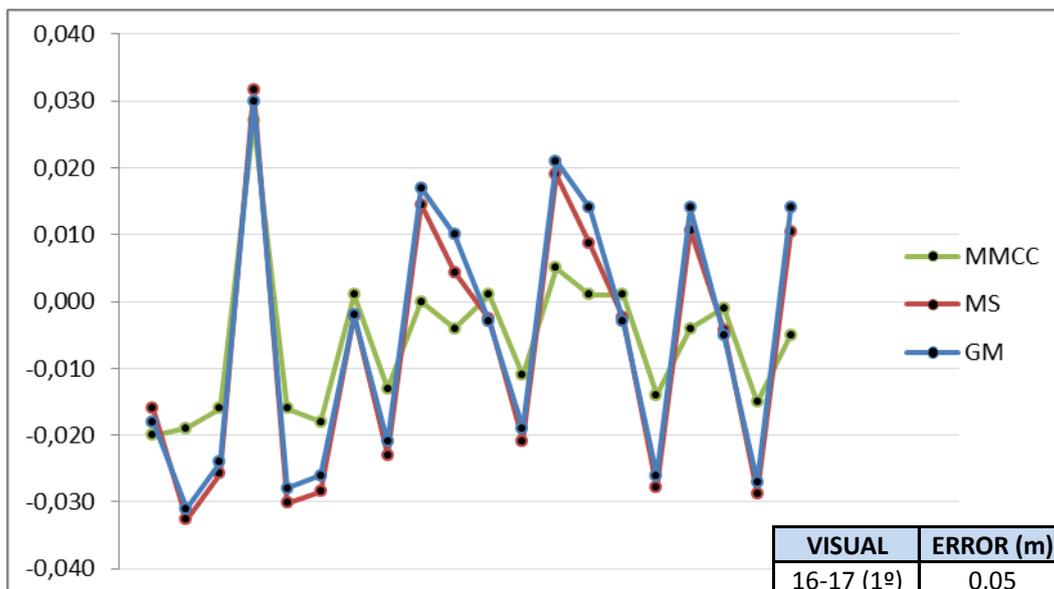
4.2.1. RESULTADO EN MEDIDAS LONGITUDINALES

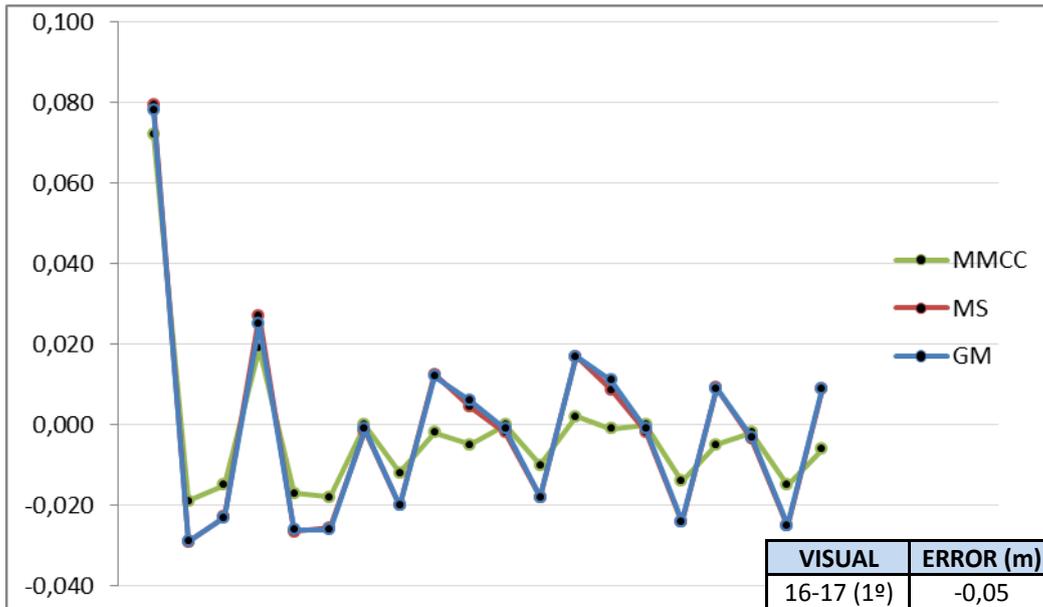
Del mismo modo que sucedía en las observaciones angulares, los resultados obtenidos son claramente representativos, comprobando con los gráficos que aparecen a continuación, la gran capacidad de los estimadores robustos para la detección de errores groseros.

Se ha dividido el estudio en función del número de observaciones erróneas implicadas, como se muestra a continuación.

Error introducido en una observación

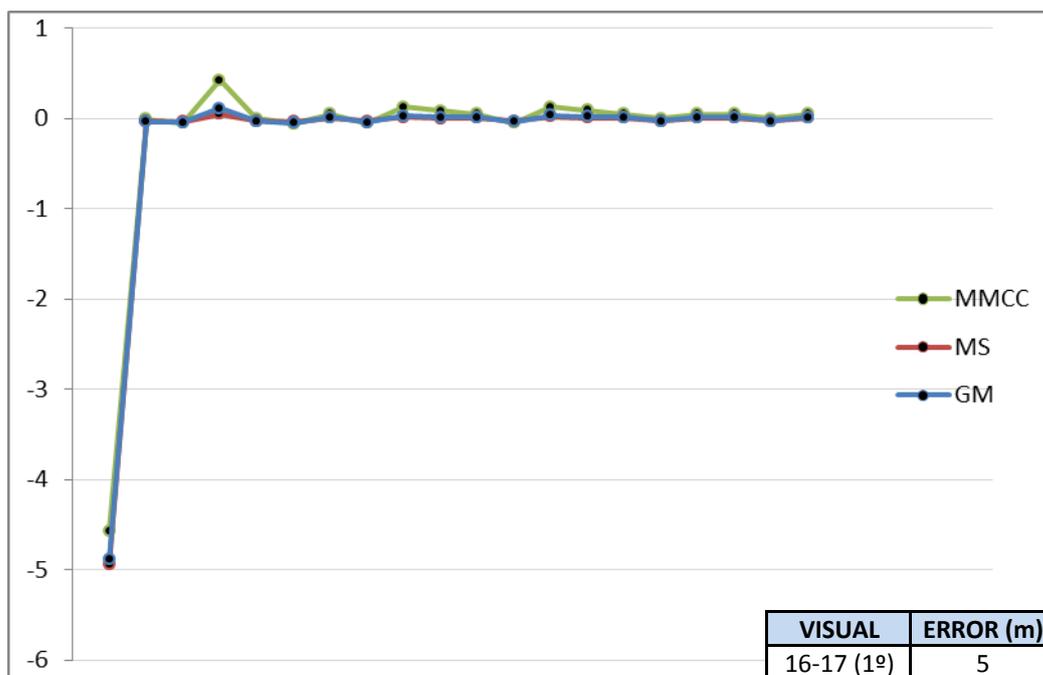
Se inicia el estudio introduciendo un error con magnitud en torno al centímetro, tanto en signo positivo como negativo.

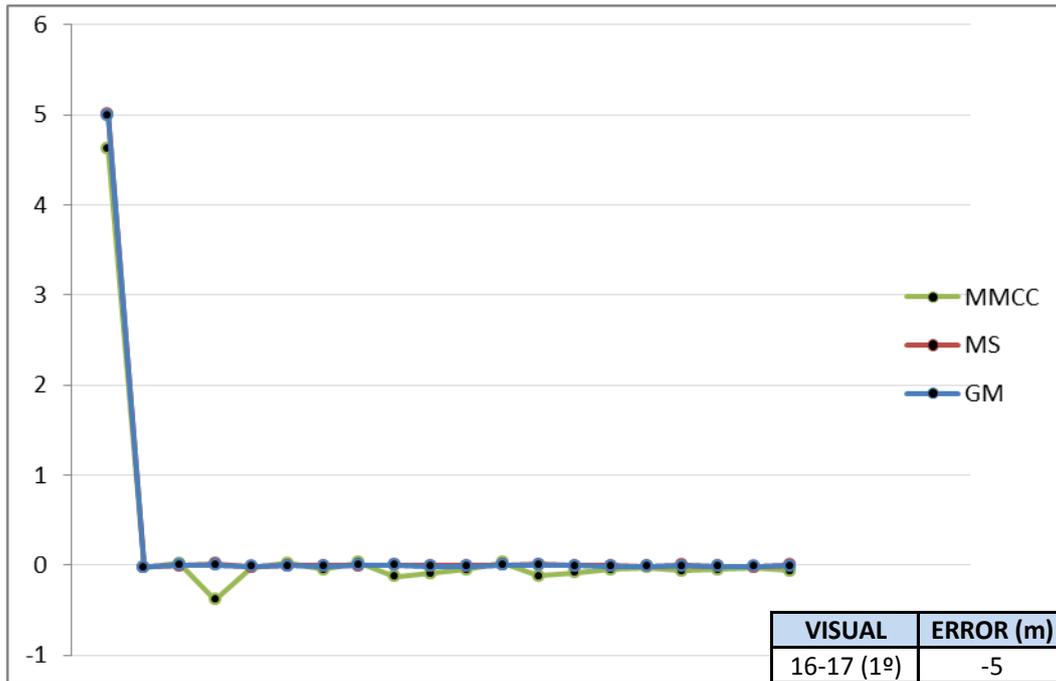




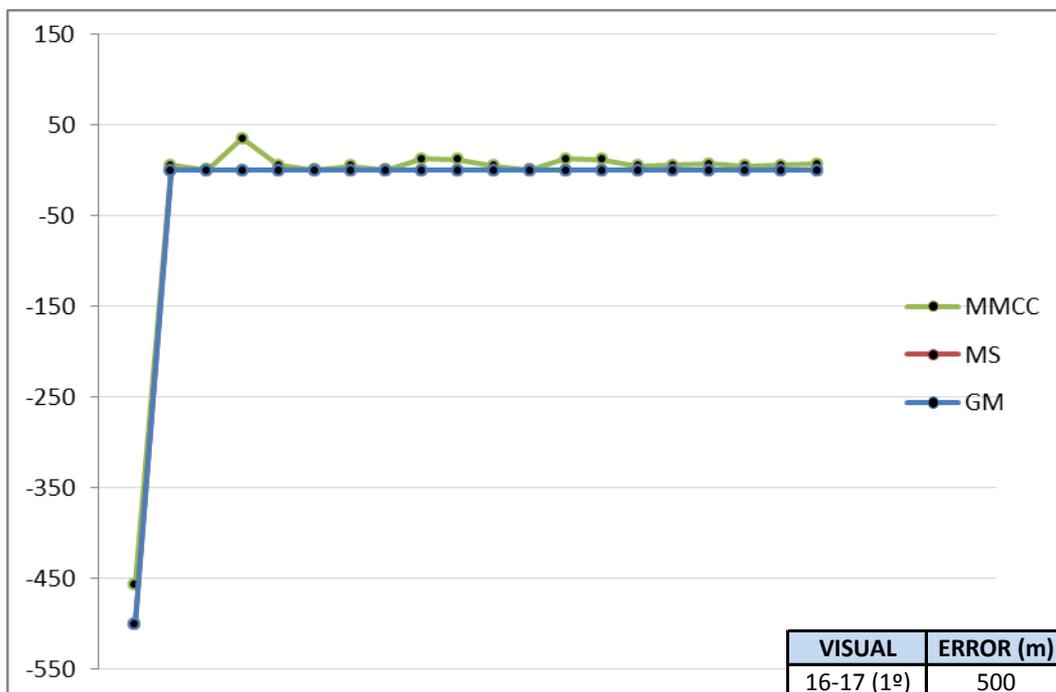
El residuo longitudinal de mayor valor obtenido en el ajuste planimétrico de la red por MM.CC sin haber introducido ningún error grosero es de una magnitud de 3 cm, valor muy próximo al error que se ha introducido. Como se puede apreciar en el gráfico, el ajuste no es capaz de detectar ese error de forma clara y destacable entre el resto de residuos. Esto se podría deber a que el sistema toma dicho error como un error aleatorio y por tanto supone que el conjunto de observaciones sigue una distribución normal, repartiéndose tal error entre todos los residuos.

Al aumentar la magnitud del error se observa como los dos estimadores robustos empleados son capaces de detectarlo sin alterar los residuos del resto de observaciones, mientras que el ajuste por mínimos cuadrados presenta unos residuos falsos, afectados por dicho error.

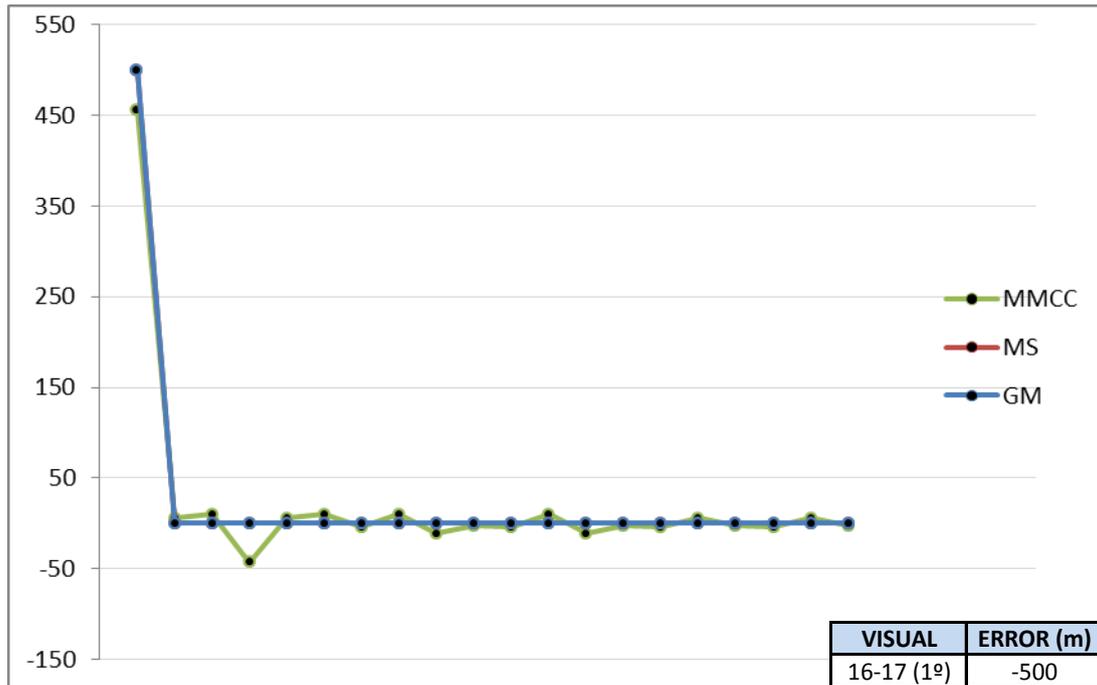




Se llega a introducir errores de magnitudes muy elevadas desde el medio metro hasta el kilómetro de error, magnitudes desorbitadas si se trata de datos tomados por un profesional. Pero al tratarse de un estudio, es necesario incluir este tipo de errores para comprobar hasta qué punto el sistema mínimos cuadrados y los estimadores robustos llegan a detectarlos.



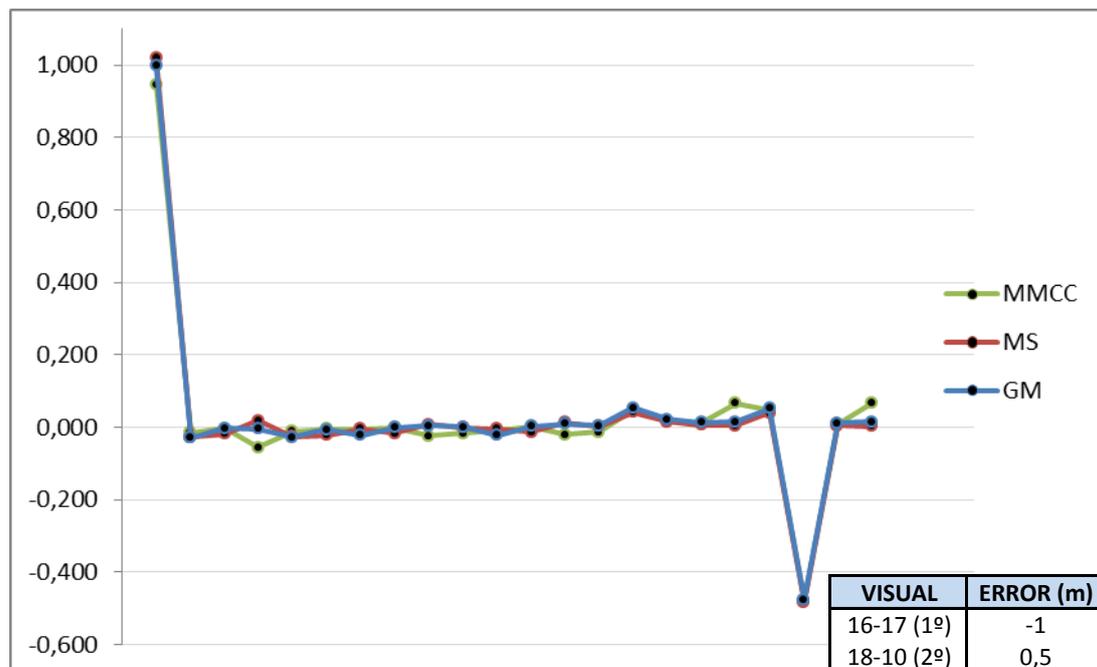
Como era de esperar, al introducir errores superiores al valor de la precisión obtenida, el ajuste por mínimos cuadrados lo detecta en valor y signo, aunque el resto de residuos no sean los reales. Sin embargo, al emplear los estimadores robustos, se puede comprobar cómo el sistema unifica todo el error en la visual en la que es introducido, permaneciendo el resto de residuos en valores semejantes al ajuste clásico sin error.



En todos los casos han sido necesarias hasta cuatro iteraciones para poder observar una matriz de residuos homogénea en cuanto a magnitudes angulares y longitudinales se trata, con el fin de unificar todo el error en la visual afectada.

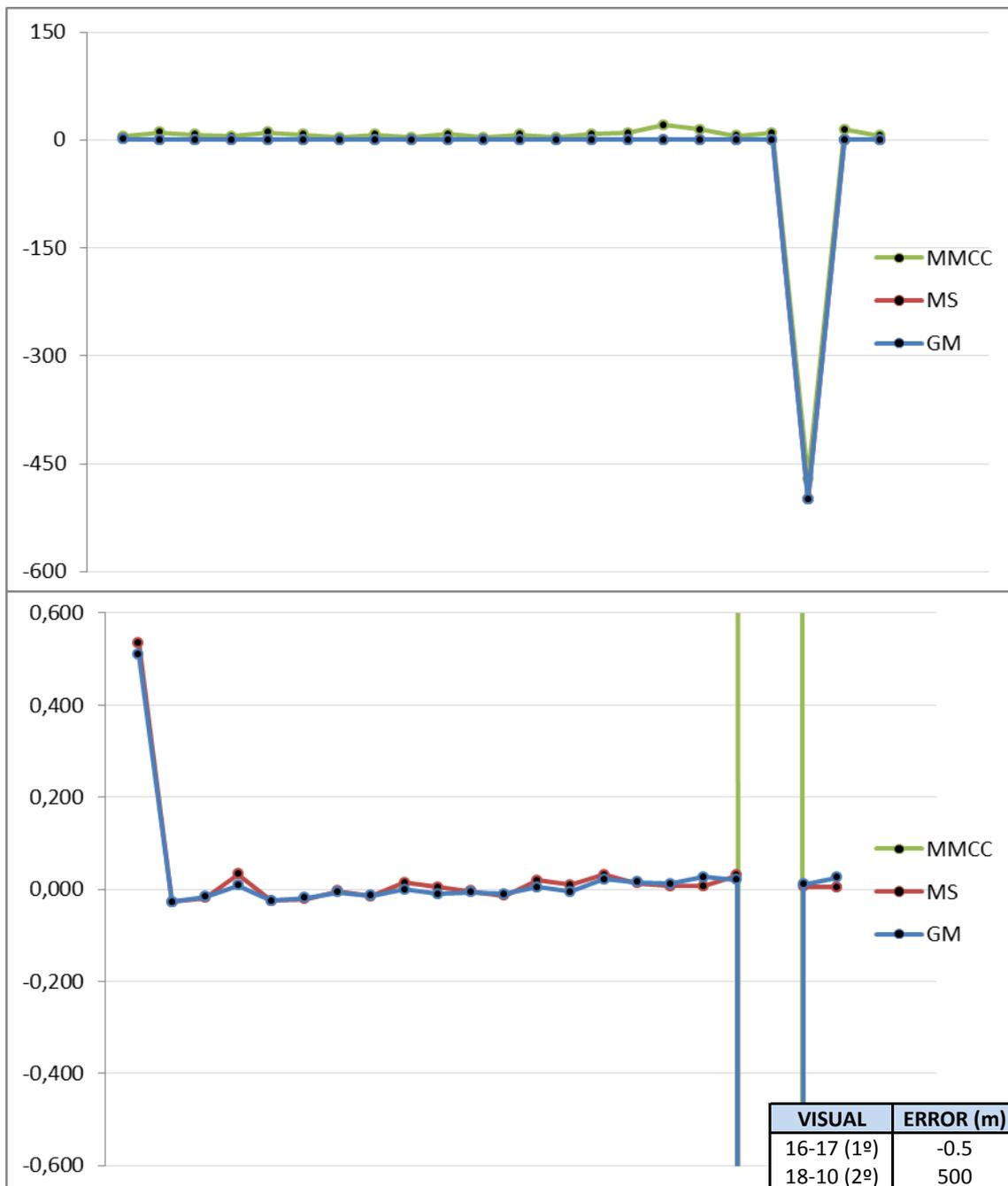
Error introducido en dos observaciones

Se pasa a introducir dos errores en las observaciones longitudinales, jugando con las magnitudes de los mismos, de manera que se combinen errores pequeños, grandes y errores pequeños y grandes.



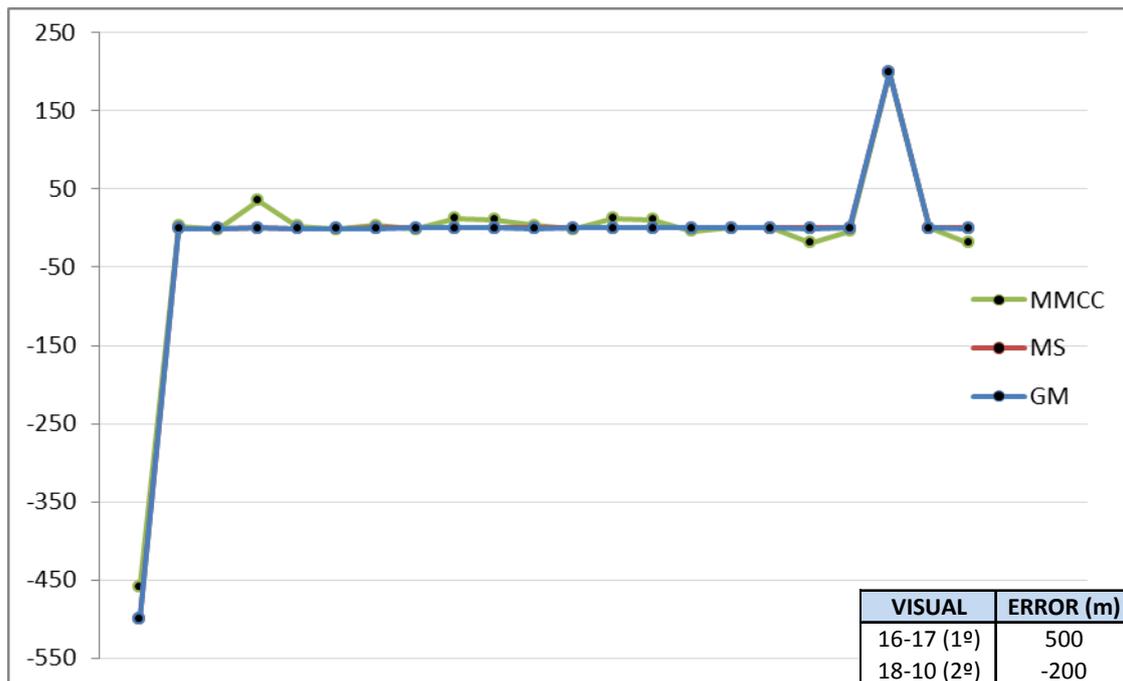
Se observa que los errores introducidos en las visuales son fácilmente detectables por métodos robustos, sin afectar al resto de visuales que no poseen error.

El siguiente gráfico muestra los residuos longitudinales obtenidos al introducir un error pequeño y otro grande. Al tratarse de dos magnitudes muy dispares, son necesarios dos gráficos a diferente escala para poder apreciar bien el resultado, el cual se muestra a continuación.



Se puede comprobar que los métodos robustos siguen siendo eficaces cuando se han introducido dos errores de valores muy diferentes, mientras que los mínimos cuadrados aun detectando tales errores sigue actuando repartiendo el error entre todos los residuos.

A continuación se introducen dos errores grandes.



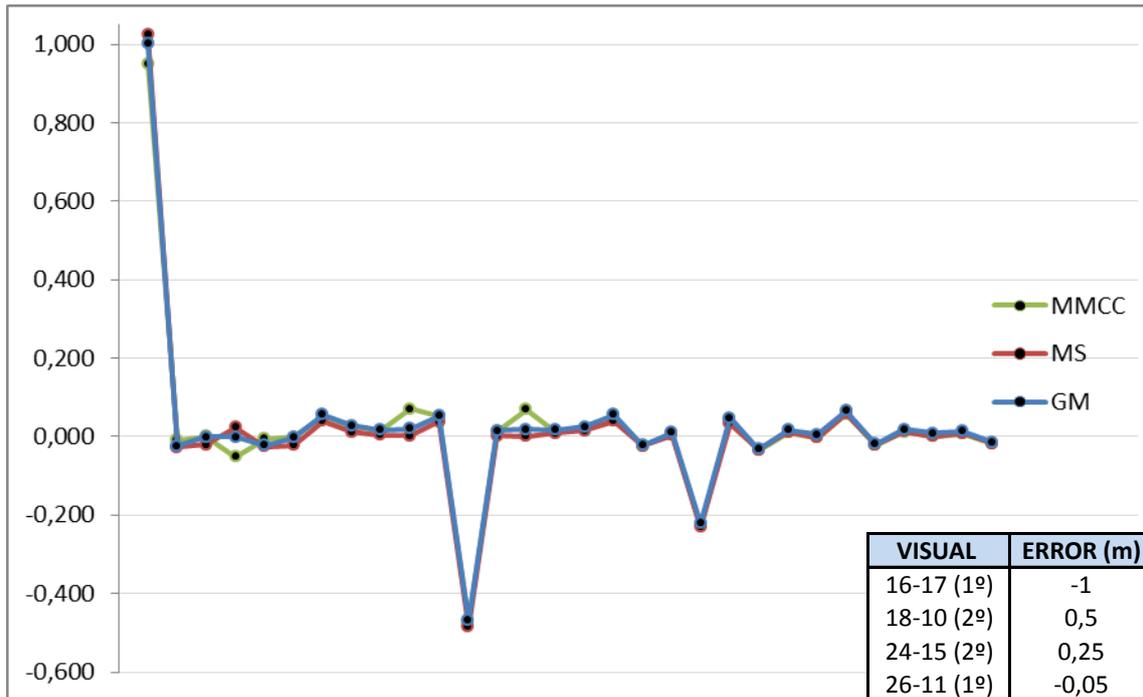
El resultado es el esperado, ya que tanto el estimador de Geman & McClure como el de la Mínima Suma detectan, sin ningún tipo de duda, las visuales erróneas, mientras que el ajuste clásico aunque muestra claramente el error, también proporciona unos residuos contaminados.

En todos los casos han sido necesarias hasta cuatro iteraciones para poder observar una matriz de residuos homogénea en cuanto a magnitudes angulares y longitudinales se trata, con el fin de unificar todo el error en aquellas visuales afectadas.

Error introducido en cuatro observaciones

Se amplía el número de errores introducidos en la red a cuatro observaciones afectadas de errores Tipo I. Como se ha hecho anteriormente se prueba con magnitudes pequeñas, grandes y con la combinación de las mismas.

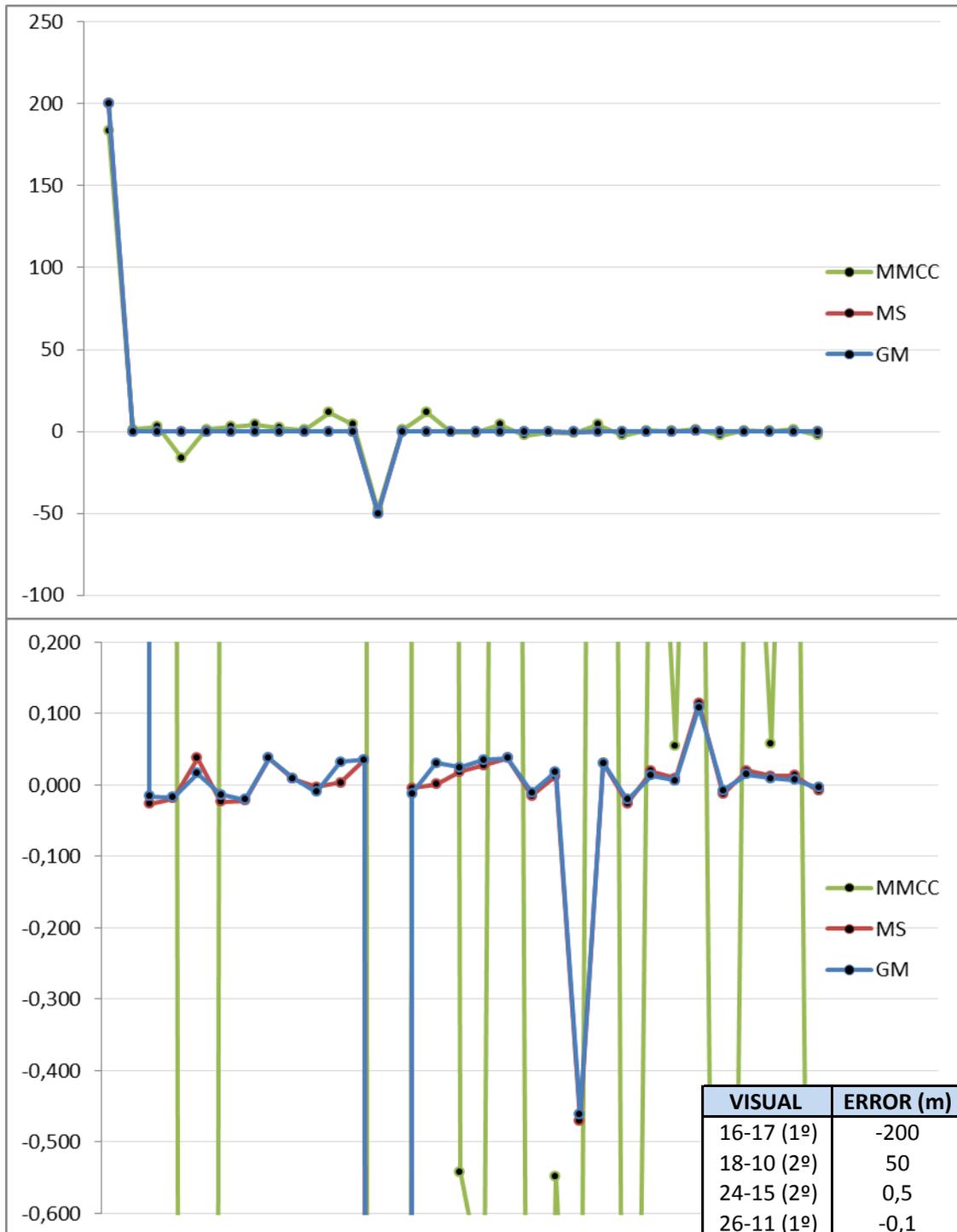
En primer lugar se muestra el gráfico de dispersión correspondiente a los residuos obtenidos tras aplicar técnicas robustas de ajuste, habiendo introducido en el sistema cuatro observaciones con errores entre el metro y el medio metro de error, tanto con signo positivo como negativo.



Puede observarse como los tres errores introducidos en primer lugar son detectados por los tres métodos empleados sin afectar al resto de observaciones de la red, a excepción del cuarto error (*visual 26-11(1º)*) que queda camuflado entre el resto de residuos en todos los métodos. Se debe a que el sistema no lo considera un error grosero, como ha sucedido en el primer caso de todos donde se ha introducido un error en torno al centímetro.

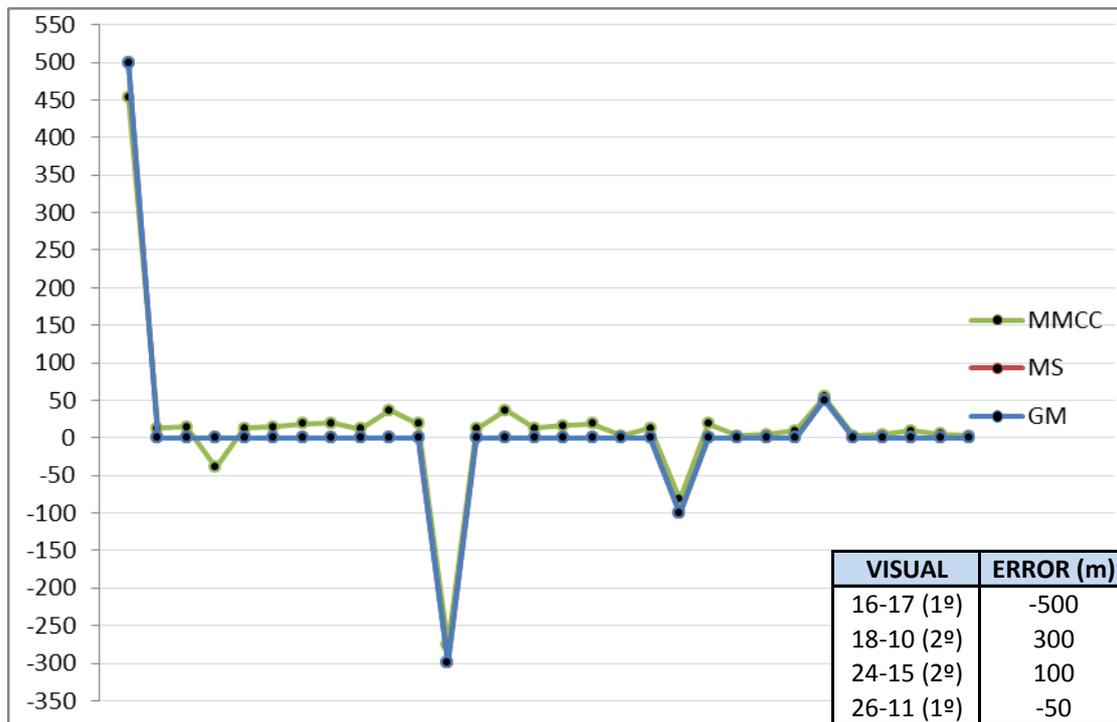
Seguidamente se pasa a introducir cuatro observaciones afectadas de errores grandes y pequeños, para ver el comportamiento de los distintos métodos de ajuste y poder afirmar que da igual la magnitud de la que se trate el error, que en mayor o menor medida, siempre será detectado.

Del mismo modo que sucedía al introducir dos observaciones con error, será necesario realizar dos gráficos a diferente escala para poder apreciar bien el resultado se muestra a continuación.



Se comprueba que el sistema sigue comportándose tal y como era de esperar. En el gráfico superior se observan los dos errores grandes y en el de abajo, a mayor escala, se reflejan los dos errores pequeños. Es en este segundo gráfico donde se puede apreciar la poca fiabilidad de los mínimos cuadrados con sólo mirar el conjunto de residuos que proporciona.

Se siguen introduciendo errores en las cuatro observaciones seleccionadas, en este caso de unas magnitudes muy grandes. A continuación se muestra el resultado.



Se observa como ambos estimadores detectan los cuatro errores notoriamente, dejando el resto de residuales con unas magnitudes limpias y sin estar influidas por ellos. Del mismo modo, se aprecia cómo el método por mínimos cuadrados sigue detectando tales errores y proporcionando residuales contaminados.

Ya se ha demostrado que los estimadores robustos resultan mucho más eficaces que los MMCC en el tratamiento de los datos longitudinales de una red topográfica que lleven incluido cualquier tipo de error grosero.

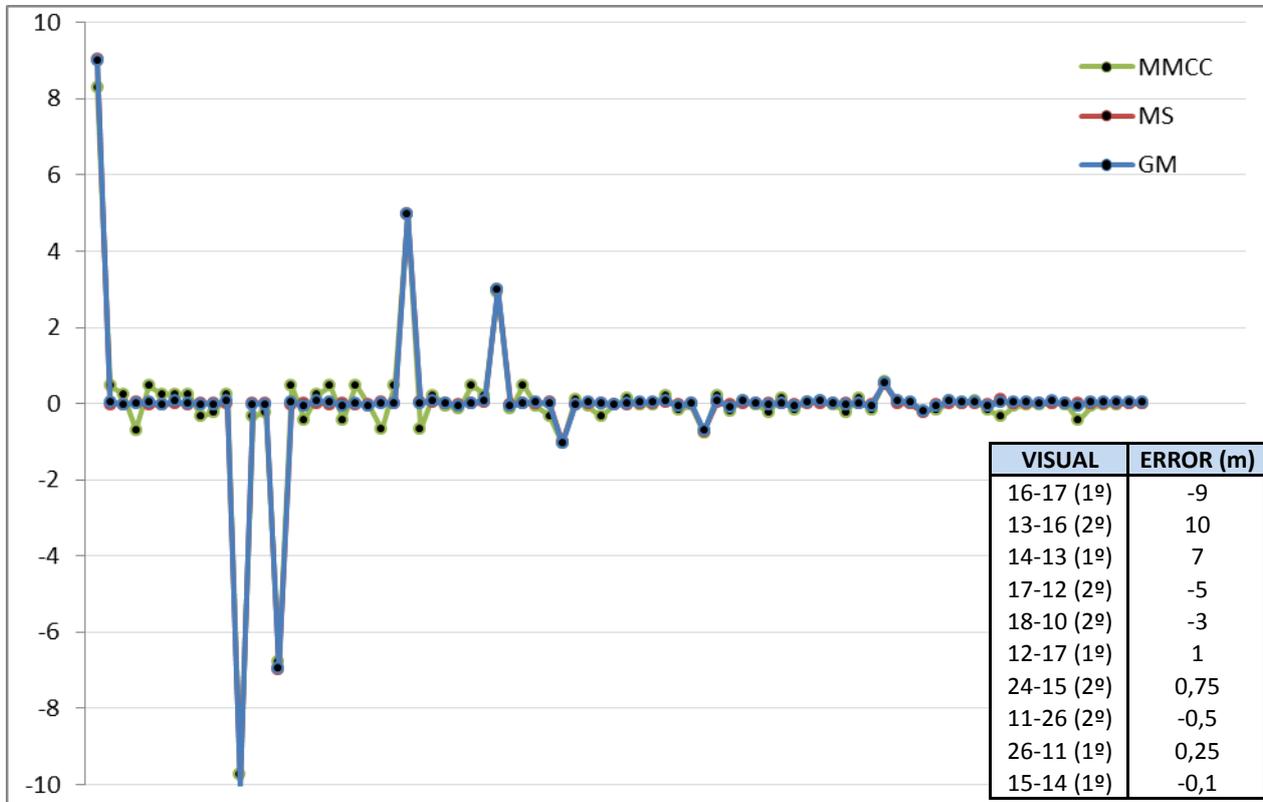
Lo que se mostrará a continuación no puede englobarse dentro de un caso normal en el que accidentalmente se han cometido errores groseros, pues se considera que los datos de partida son tomados por un profesional que en todo caso procura no cometer errores.

Una vez demostrada la fiabilidad de los métodos de estimación robusta, se tratará de seguir con el estudio hasta conseguir que el sistema ofrezca un comportamiento diferente al que, hasta ahora, ha mostrado.

En todos los casos han sido necesarias hasta cuatro iteraciones para poder observar una matriz de residuos homogénea en cuanto a magnitudes angulares y longitudinales se trata, con el fin de unificar todo el error en aquellas visuales afectadas.

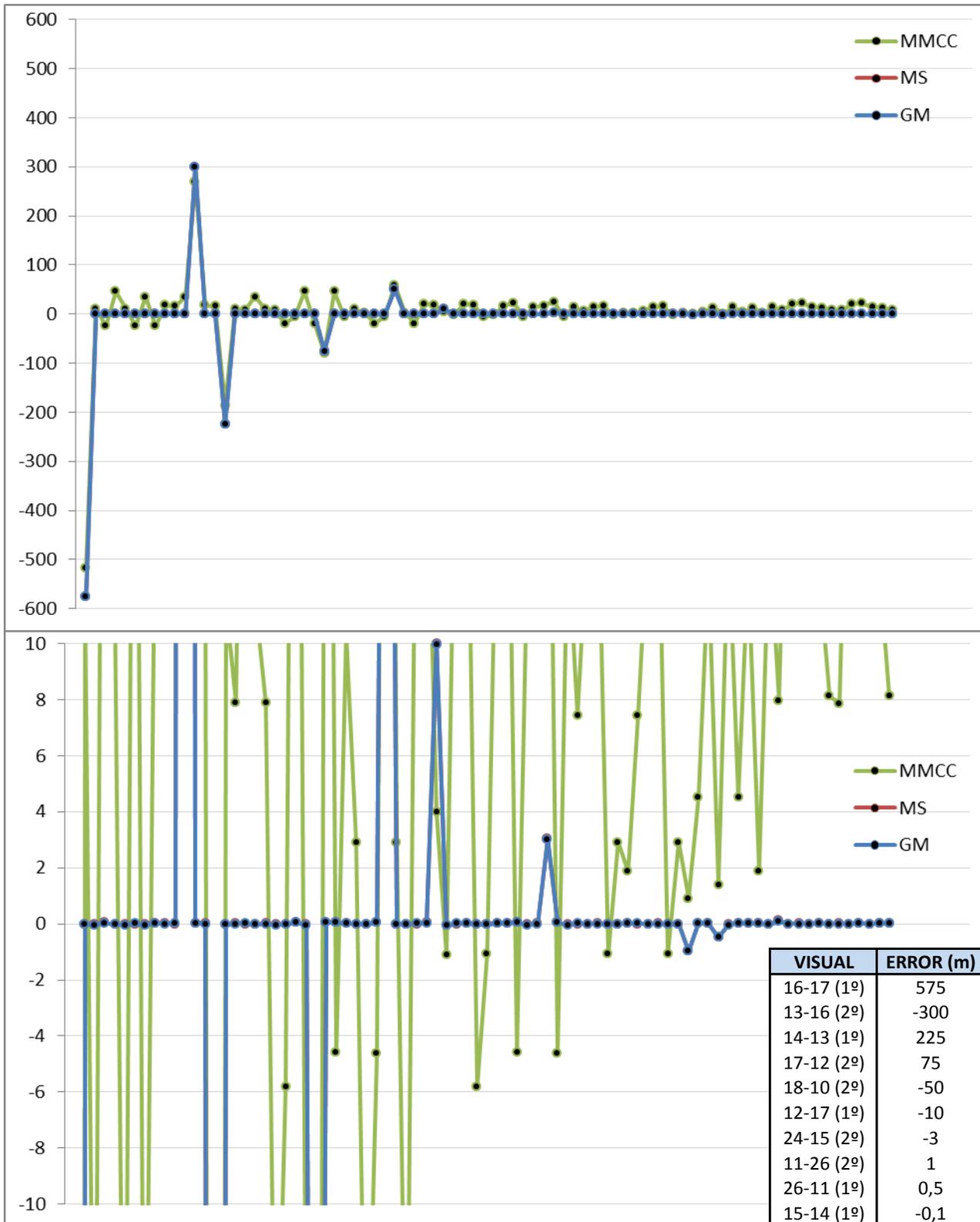
Error introducido en diez observaciones

Se introducen diez errores groseros en diferentes observaciones de la red del mismo modo que se ha estado haciendo hasta ahora. En primer lugar sólo serán introducidos errores groseros considerados pequeños, después errores grandes y pequeños por igual y por último, sólo errores grandes.



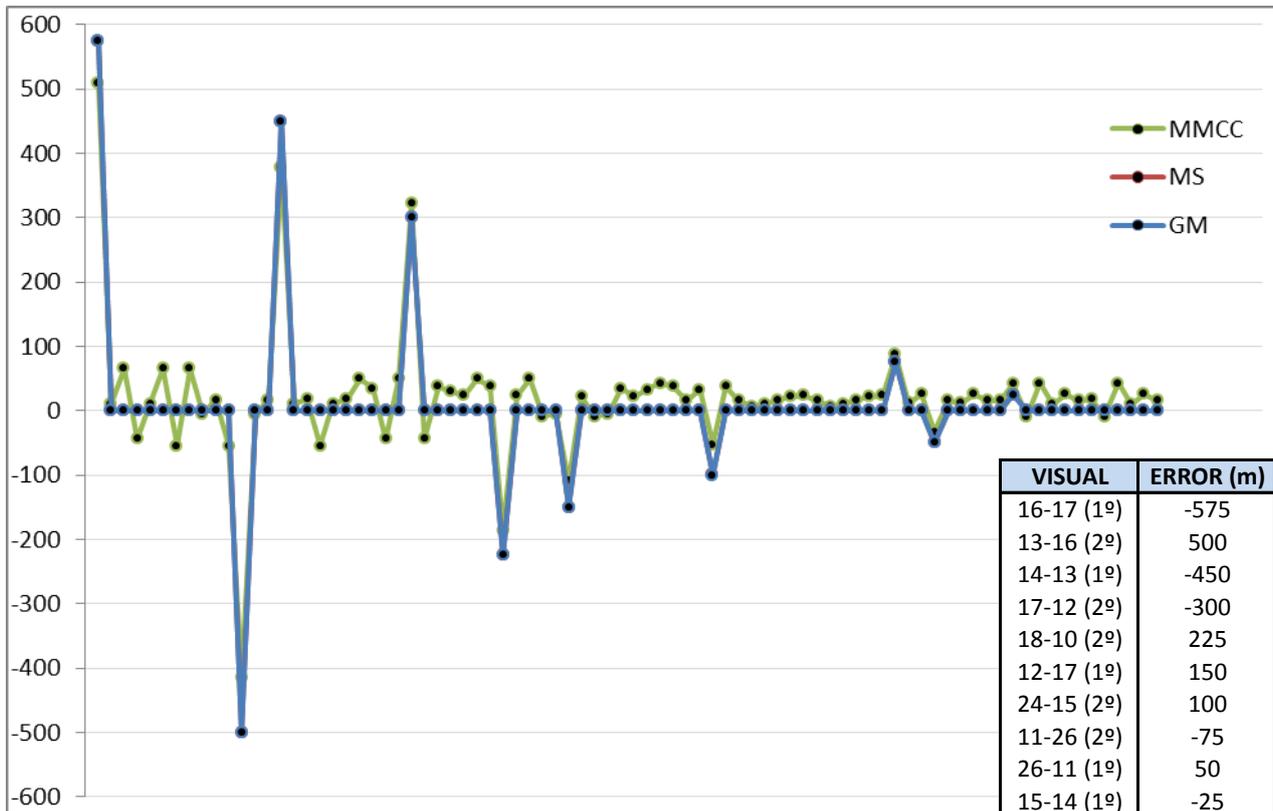
Al contrario que sucedía en el estudio realizado en el primer apartado con errores angulares, se sigue observando la total fiabilidad de los dos estimadores robustos utilizados, comportándose del mismo modo que han venido haciendo hasta ahora. Igualmente se sigue comprobamos que el ajuste mínimo cuadrático también detecta tales errores a la par que proporciona residuos altos en observaciones en las que no se ha introducido error.

Se introducen errores de magnitudes grandes y pequeñas y se observa el comportamiento de los distintos sistemas. A continuación se presentan dos gráficos a diferente escala que permitan analizar los resultados obtenidos.



Se comprueba de nuevo, que los dos estimadores usados siguen actuando como era de esperar, aislando los errores introducidos en su correspondiente observación de manera que el resto de residuales no quedan afectados por dichos errores, como sí sigue sucediendo con el método clásico de ajuste.

Ahora se introducen observaciones con errores de gran magnitud, obteniendo los siguientes resultados.



Se comprueba que el comportamiento es idéntico al observado en los dos casos anteriores, viendo cómo el gráfico despunta en las visuales con error.

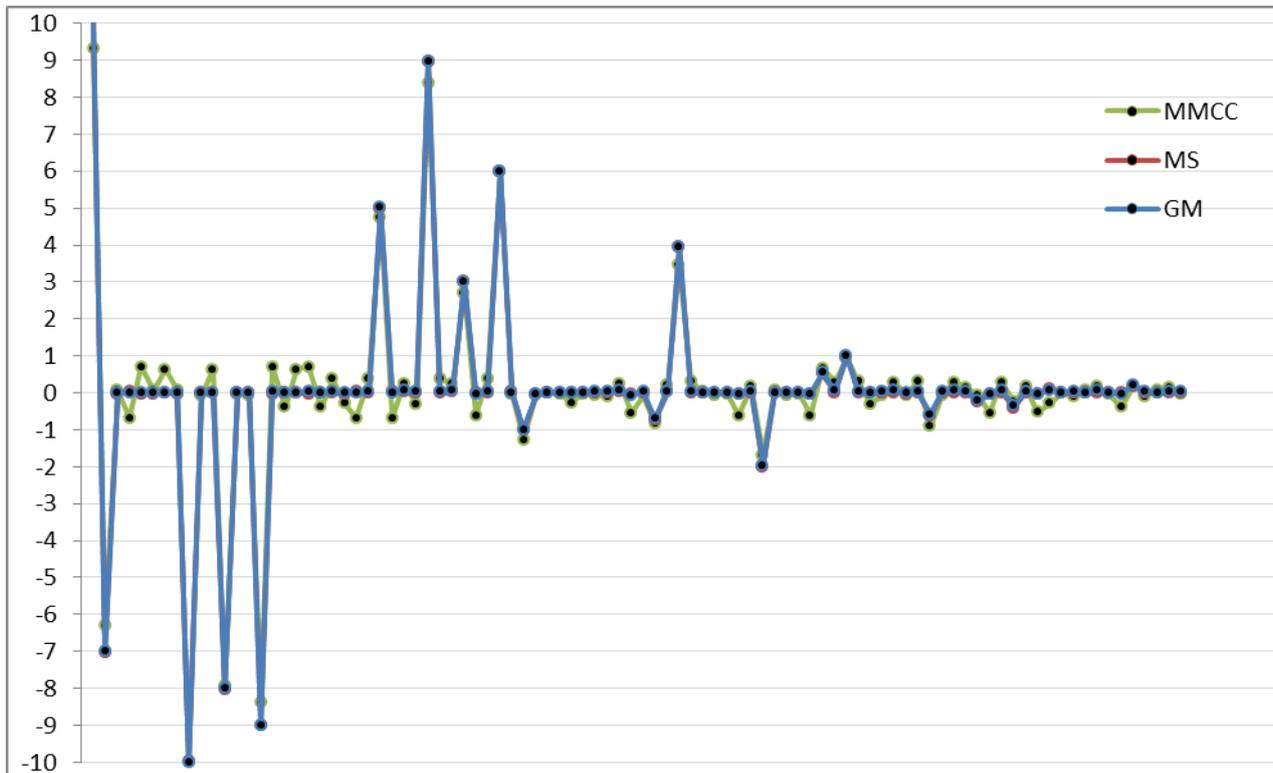
También se puede observar que a medida que se introducen mayor número de visuales y los errores introducidos son de grandes magnitudes, los residuos obtenidos por el método mínimos cuadrados presenta residuos cada vez más dispersos.

En todos los casos han sido necesarias hasta cuatro iteraciones para poder observar una matriz de residuos homogénea en cuanto a magnitudes angulares y longitudinales se trata, con el fin de unificar todo el error en aquellas visuales afectadas.

Error introducido en veinte observaciones

Una vez comprobada la fiabilidad de los métodos robustos en el caso de trabajar con diez observaciones afectadas de errores groseros, se pasa a introducir errores en veinte observaciones diferentes jugando con las magnitudes de los mismos, al igual que en los casos anteriores.

Utilizando errores de magnitudes pequeñas se obtienen los siguientes resultados:

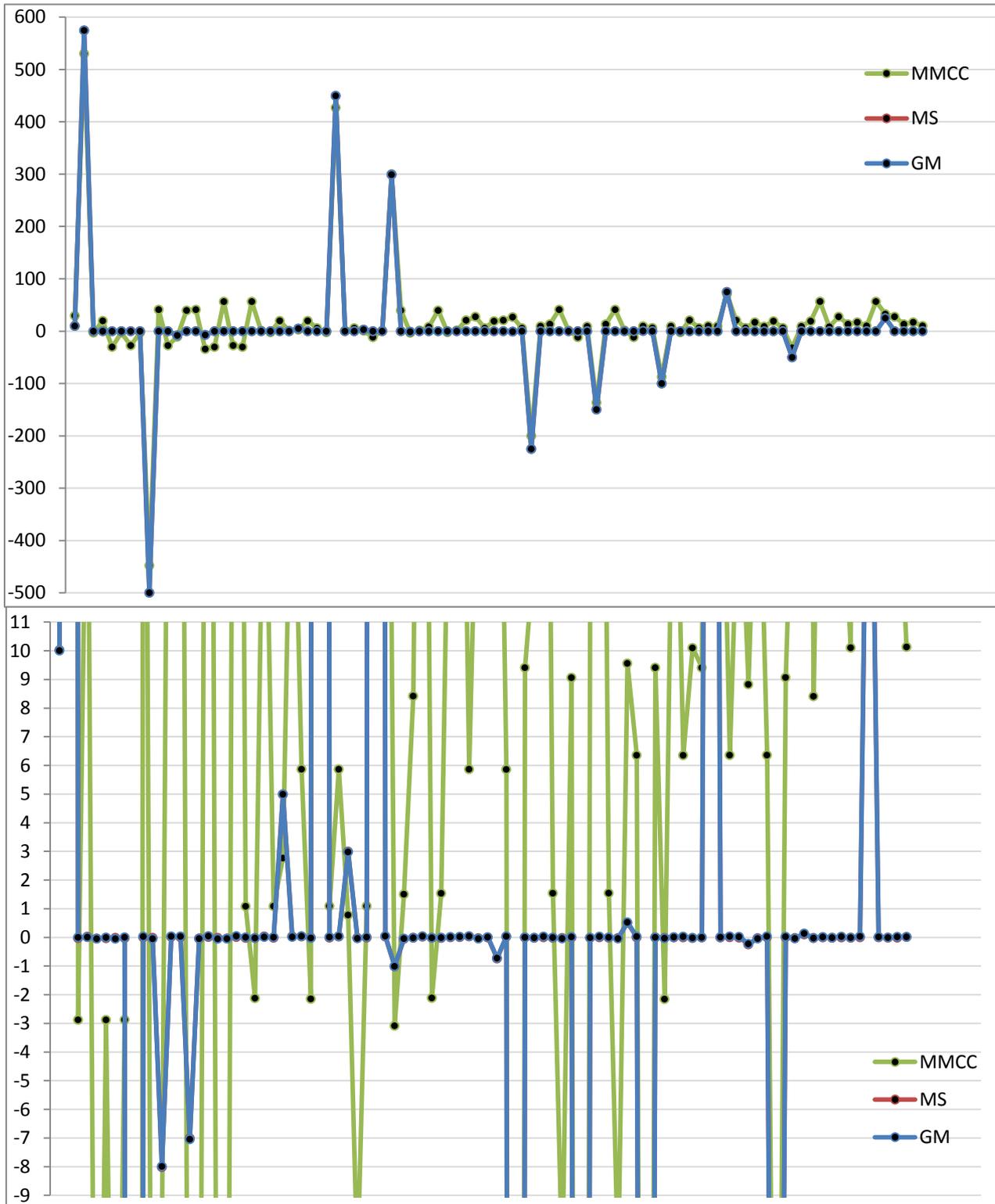


VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	-10
13-16 (2º)	8
14-13 (1º)	9
17-12 (2º)	-5
18-10 (2º)	-3
12-17 (1º)	1
24-15 (2º)	0,75
11-26 (2º)	-0,5
26-11 (1º)	0,25
15-14 (1º)	-0,1

VISUAL	ERROR (m)
16-14 (1º)	7
13-12 (1º)	10
18-11 (1º)	-9
12-15 (1º)	-6
24-26 (2º)	-4
11-10 (2º)	2
10-15 (1º)	-1
10-18 (2º)	0,6
26-15 (2º)	0,4
15-12 (2º)	-0,2

Se comprueba que los errores introducidos siguen siendo detectados por ambos estimadores robustos así como por el ajuste por mínimos cuadrados. La diferencia está en la representación gráfica del resto de residuos, como viene sucediendo hasta ahora.

Se introducen errores con magnitudes grandes y pequeñas para comprobar cómo responde el sistema. A continuación se presentan dos gráficos a diferente escala que permitan analizar los resultados obtenidos.

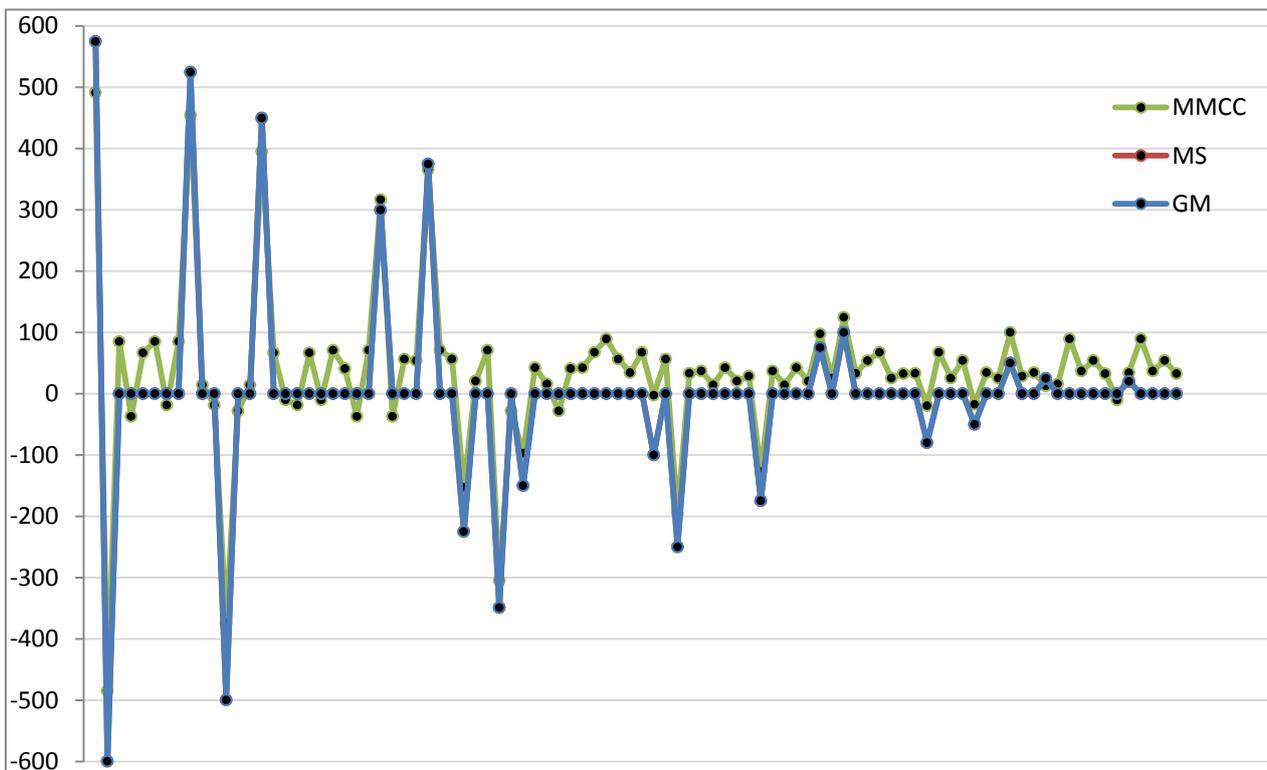


VISUAL	ERROR (m)	VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	-10	16-14 (1º)	-575
13-16 (2º)	8	13-12 (1º)	500
14-13 (1º)	7	18-11 (1º)	-450
17-12 (2º)	-5	12-15 (1º)	-300
18-10 (2º)	-3	24-26 (2º)	225
12-17 (1º)	1	11-10 (2º)	150
24-15 (2º)	0,75	10-15 (1º)	100
11-26 (2º)	-0,5	10-18 (2º)	-75
26-11 (1º)	0,25	26-15 (2º)	50
15-14 (1º)	-0,1	15-12 (2º)	-25

Se puede comprobar, como en todos los casos ya estudiados, que las técnicas de estimación robusta estudiadas siguen ofreciendo los resultados esperados y obtenidos hasta ahora. Es decir, que tanto el estimador de Geman & McClure como el de la Mínima Suma, siguen detectando en sus residuos aquellas observaciones en las que se ha introducido el error, mientras que el resto de visuales no aparecen afectadas por ellos.

Ocurre lo contrario en los mínimos cuadrados, pues aunque siguen detectando las observaciones erróneas, se puede observar como el resto de residuos no son nada homogéneos, como sucede con las técnicas robustas de ajuste.

Se prueba introduciendo los 20 errores en las observaciones indicadas con magnitudes bastante superiores que en los dos casos anteriores, como se muestra en la tabla adjunta.



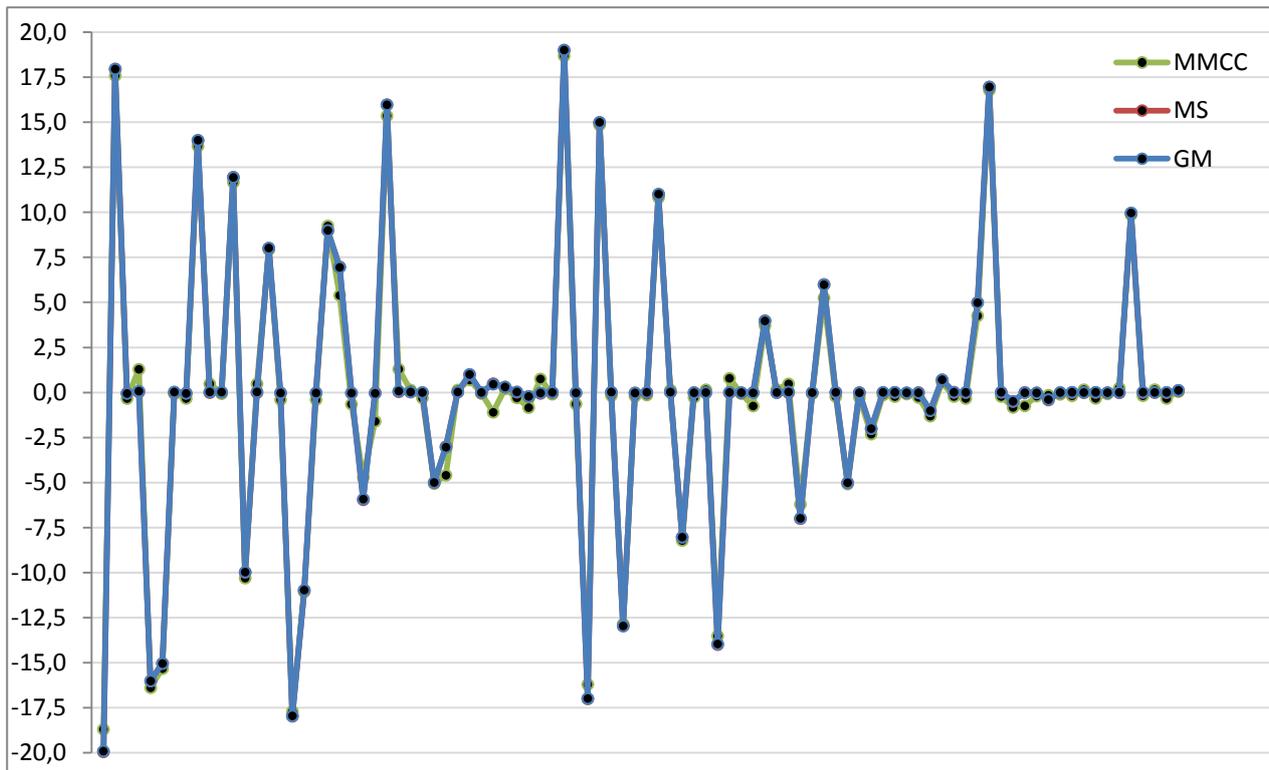
VISUAL	ERROR (m)	VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	-575	16-14 (1º)	600
13-16 (2º)	500	13-12 (1º)	-525
14-13 (1º)	-450	18-11 (1º)	-375
17-12 (2º)	-300	12-15 (1º)	350
18-10 (2º)	225	24-26 (2º)	250
12-17 (1º)	150	11-10 (2º)	175
24-15 (2º)	100	10-15 (1º)	-100
11-26 (2º)	-75	10-18 (2º)	80
26-11 (1º)	50	26-15 (2º)	-50
15-14 (1º)	-25	15-12 (2º)	-20

A primera vista se comprueba cómo ambos estimadores robustos siguen ofreciendo los mismos resultados que hasta ahora, así como el método clásico de ajuste sigue comportándose como hasta ahora.

Error introducido en cuarenta observaciones

Introducimos 40 errores en las observaciones tomadas en campo para comprobar se siguen obteniendo resultados válidos. Se combinan las magnitudes de estos errores como en el resto de casos expuestos.

Se comienza con cuarenta errores considerados pequeños, con un intervalo de valores entre 0,1-20m.



VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	20
16-14 (1º)	-18
16-14 (2º)	16
16-13 (2º)	15
13-12 (1º)	-14
13-16 (2º)	-12
13-12 (2º)	10
14-13 (1º)	-8
14-15 (1º)	18
14-13 (2º)	11

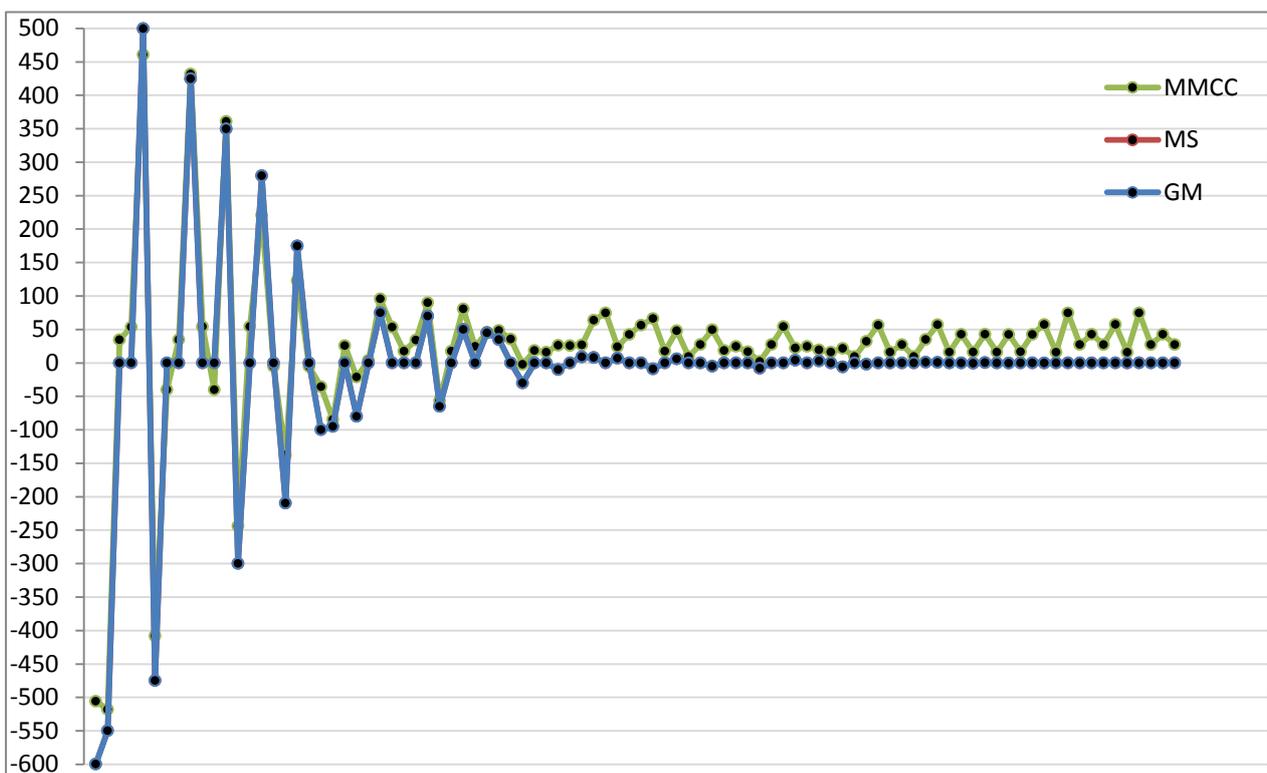
VISUAL	ERROR (m)
14-15 (2º)	-9
17-18 (1º)	-7
17-16 (1º)	6
17-12 (2º)	-16
18-11 (1º)	5
18-17 (1º)	3
18-10 (2º)	-1
18-17 (2º)	-0,5
12-15 (1º)	-0,3
12-17 (1º)	0,2

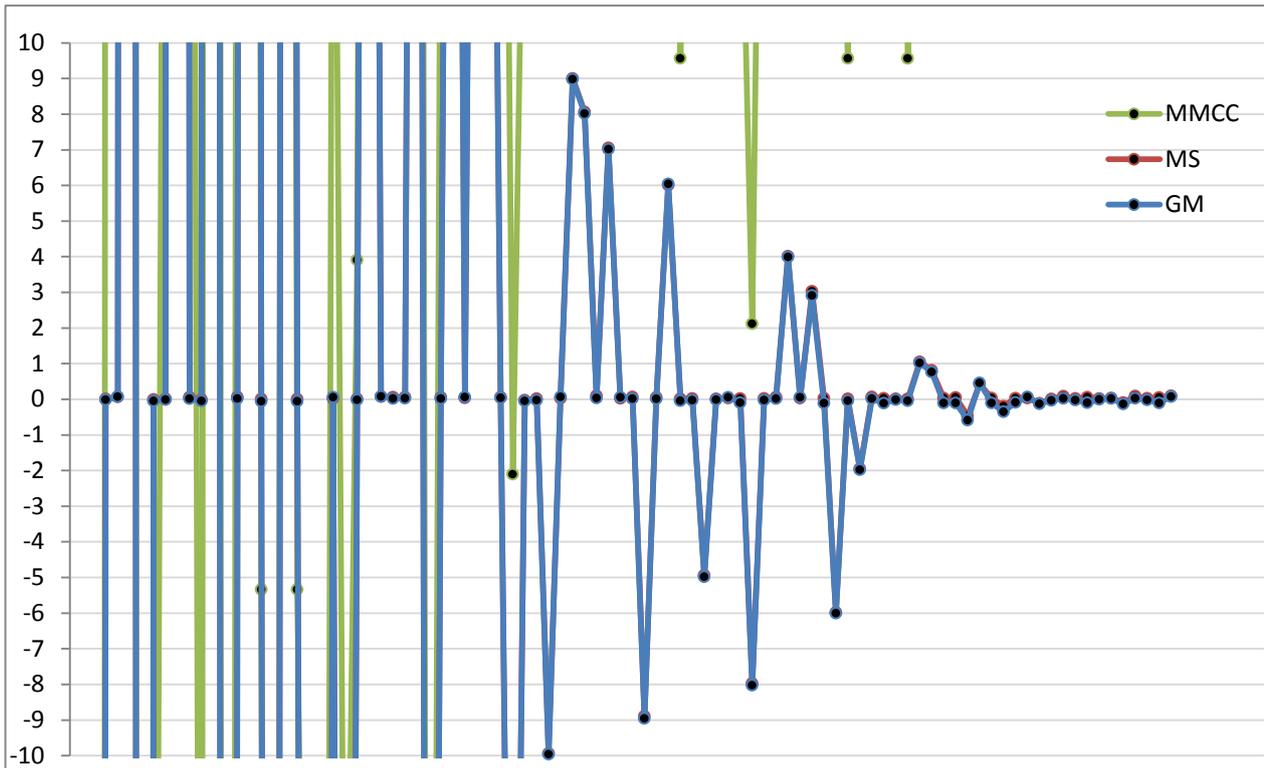
VISUAL	ERROR (m)
12-13 (2º)	-19
12-11 (2º)	17
24-10 (1º)	-15
24-18 (1º)	13
24-15 (2º)	-11
24-26 (2º)	8
11-13 (1º)	14
11-10 (2º)	-4
11-12 (2º)	7
11-26 (2º)	-6

VISUAL	ERROR (m)
10-15 (1º)	5
10-18 (1º)	2
10-18 (2º)	1
10-24 (2º)	-0,7
26-11 (1º)	-5
26-24 (1º)	-17
26-15 (2º)	0,5
15-14 (1º)	0,4
15-12 (2º)	-10
15-10 (2º)	-0,1

Como era de esperar, el sistema sigue comportándose del mismo modo que en todos los casos ya expuestos anteriormente.

A continuación se probará con la combinación de errores con magnitudes dispares entre ellas y, en todo caso, tales errores se introducen tanto en signo positivo como en negativo. Como se ha hecho para los casos anteriores, se presentan dos gráficos a diferente escala que permitan analizar los resultados obtenidos, debido a la gran diferencia de valores entre los errores introducidos.





VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	600
16-14 (1º)	550
16-14 (2º)	-500
16-13 (2º)	475
13-12 (1º)	-425
13-16 (2º)	-350
13-12 (2º)	300
14-13 (1º)	-280
14-15 (1º)	210
14-13 (2º)	-175

VISUAL	ERROR (m)
14-15 (2º)	100
17-18 (1º)	95
17-16 (1º)	80
17-12 (2º)	-75
18-11 (1º)	-70
18-17 (1º)	65
18-10 (2º)	-50
18-17 (2º)	-45
12-15 (1º)	-35
12-17 (1º)	30

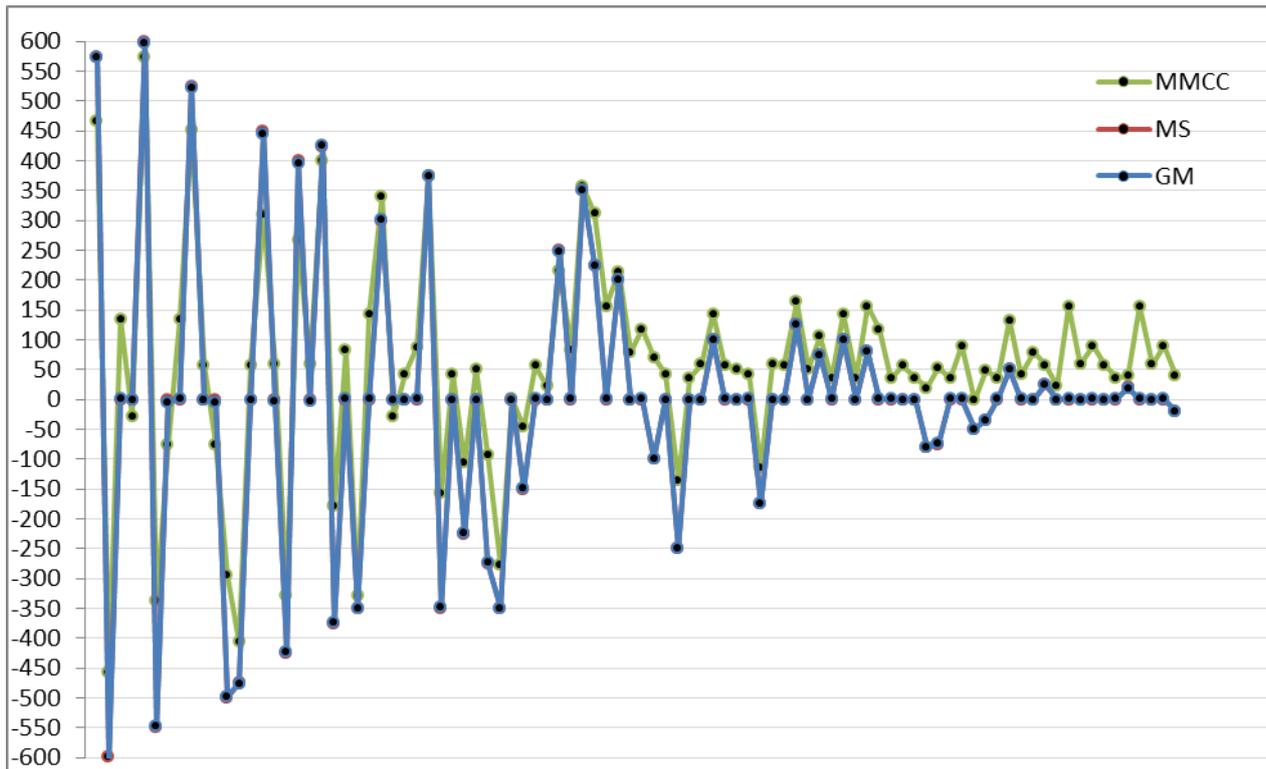
VISUAL	ERROR (m)
12-13 (2º)	10
12-11 (2º)	-9
24-10 (1º)	-8
24-18 (1º)	-7
24-15 (2º)	9
24-26 (2º)	-6
11-13 (1º)	5
11-10 (2º)	8
11-12 (2º)	-4
11-26 (2º)	-3

VISUAL	ERROR (m)
10-15 (1º)	6
10-18 (1º)	2
10-18 (2º)	-1
10-24 (2º)	-0,75
26-11 (1º)	0,5
26-24 (1º)	-0,4
26-15 (2º)	0,25
15-14 (1º)	0,15
15-12 (2º)	0,1
15-10 (2º)	-0,05

Se observa cómo siguen siendo válidos ambos estimadores frente al método clásico.

En todas estas simulaciones, al tratarse de muchas observaciones con error, ha sido necesario hacer hasta once iteraciones en algunos casos para poder obtener una matriz de residuos homogénea en cuanto a magnitudes angulares y longitudinales se trata, con el fin de unificar todo el error en aquellas visuales afectadas. Es lógico pensar que cuántas más visuales erróneas y mayores son los errores introducidos sea necesario un mayor número de iteraciones para obtener residuos del mismo orden que en resto de los casos.

Por último se prueba a introducir todos los errores con magnitudes muy grandes.



VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	-575
16-14 (1º)	600
16-14 (2º)	-600
16-13 (2º)	550
13-12 (1º)	-525
13-16 (2º)	500
13-12 (2º)	475
14-13 (1º)	-450
14-15 (1º)	425
14-13 (2º)	-400

VISUAL	ERROR (m)
14-15 (2º)	-425
17-18 (1º)	375
17-16 (1º)	350
17-12 (2º)	-300
18-11 (1º)	-375
18-17 (1º)	350
18-10 (2º)	225
18-17 (2º)	275
12-15 (1º)	350
12-17 (1º)	150

VISUAL	ERROR (m)
12-13 (2º)	-250
12-11 (2º)	-350
24-10 (1º)	-225
24-18 (1º)	200
24-15 (2º)	100
24-26 (2º)	250
11-13 (1º)	-100
11-10 (2º)	175
11-12 (2º)	-125
11-26 (2º)	-75

VISUAL	ERROR (m)
10-15 (1º)	-100
10-18 (1º)	-80
10-18 (2º)	80
10-24 (2º)	75
26-11 (1º)	50
26-24 (1º)	35
26-15 (2º)	-50
15-14 (1º)	-25
15-12 (2º)	-20
15-10 (2º)	20

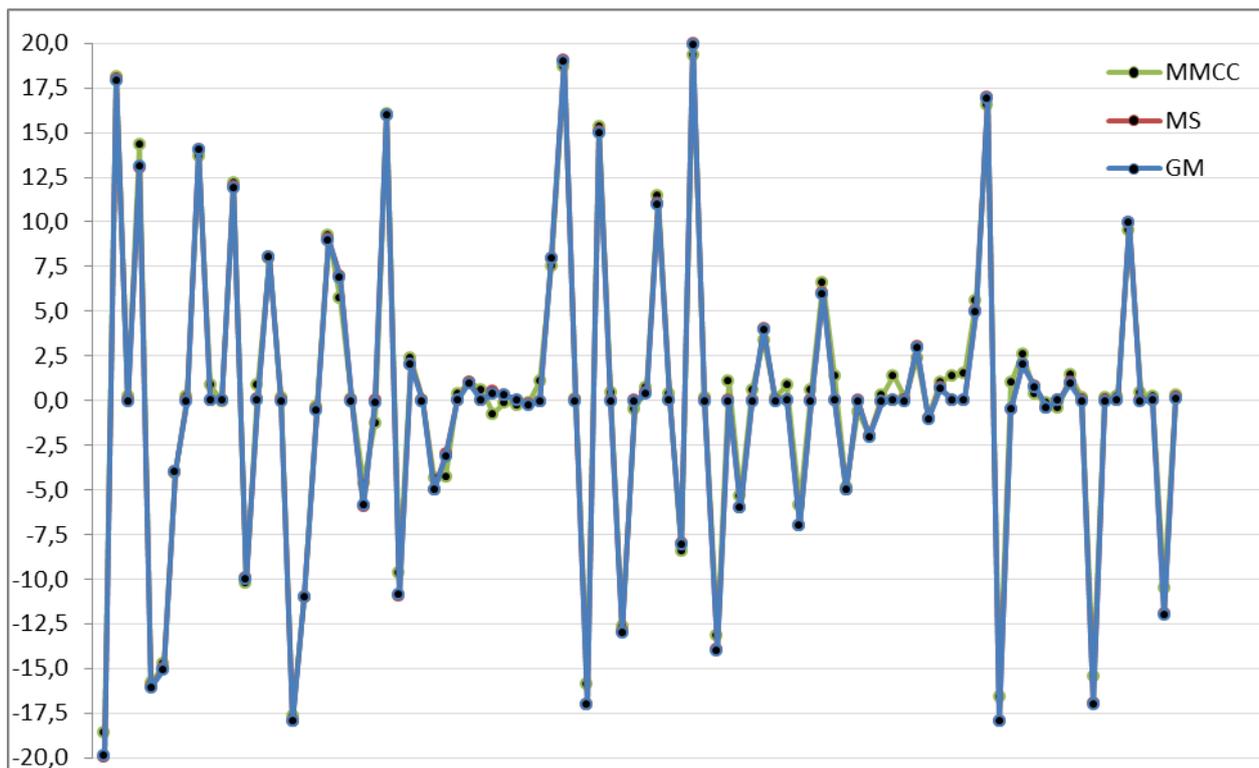
Cabe destacar que para esta la última prueba realizada en la que se trabaja con observaciones en las que cuarenta de ellas están afectadas de errores muy grandes, el estimador Geman & McClure, aun detectando perfectamente los errores, el resto de residuos son del orden del metro de magnitud. También se encuentran en los residuos angulares algunas visuales del orden de los 10^6 . Se podría decir que el sistema empieza a no ser tan efectivo como resultaba hasta con veinte observaciones con error. No se aprecia con claridad en el gráfico, aunque podrá verse más fácilmente en los apartados siguientes donde se muestran las matrices de residuos obtenidas en todos los casos.

Hay que tener en cuenta que el número de errores introducido es excesivo, tal y como ya se ha mencionado con anterioridad. Se están introduciendo cuarenta errores con una redundancia de 58, por lo que solo quedan 18 ecuaciones desprovistas de error. Se trata de un caso extremo que nunca se dará en la realidad.

Error introducido en un número de observaciones igual a la redundancia

En este caso se decide realizar una última simulación en la que el número de observaciones afectadas de error sea igual a la redundancia. Esto será una comprobación final de que los estimadores robustos seguirán siendo efectivos por muchas observaciones erróneas que haya y sin llegar a eliminar ninguna de estas visuales.

En primer lugar se introducen errores de magnitudes pequeñas hasta en 58 observaciones con valores comprendidos en un intervalo entre 0,05-20m.



VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	20
16-14 (1º)	-18
16-14 (2º)	16
16-13 (2º)	15
16-17 (2º)	-13
13-12 (1º)	-14
13-16 (2º)	-12
13-12 (2º)	10
13-14 (1º)	4
13-11 (2º)	-0,05
14-13 (1º)	-8
14-15 (1º)	18
14-13 (2º)	11
14-15 (2º)	-9
14-16 (2º)	0,5

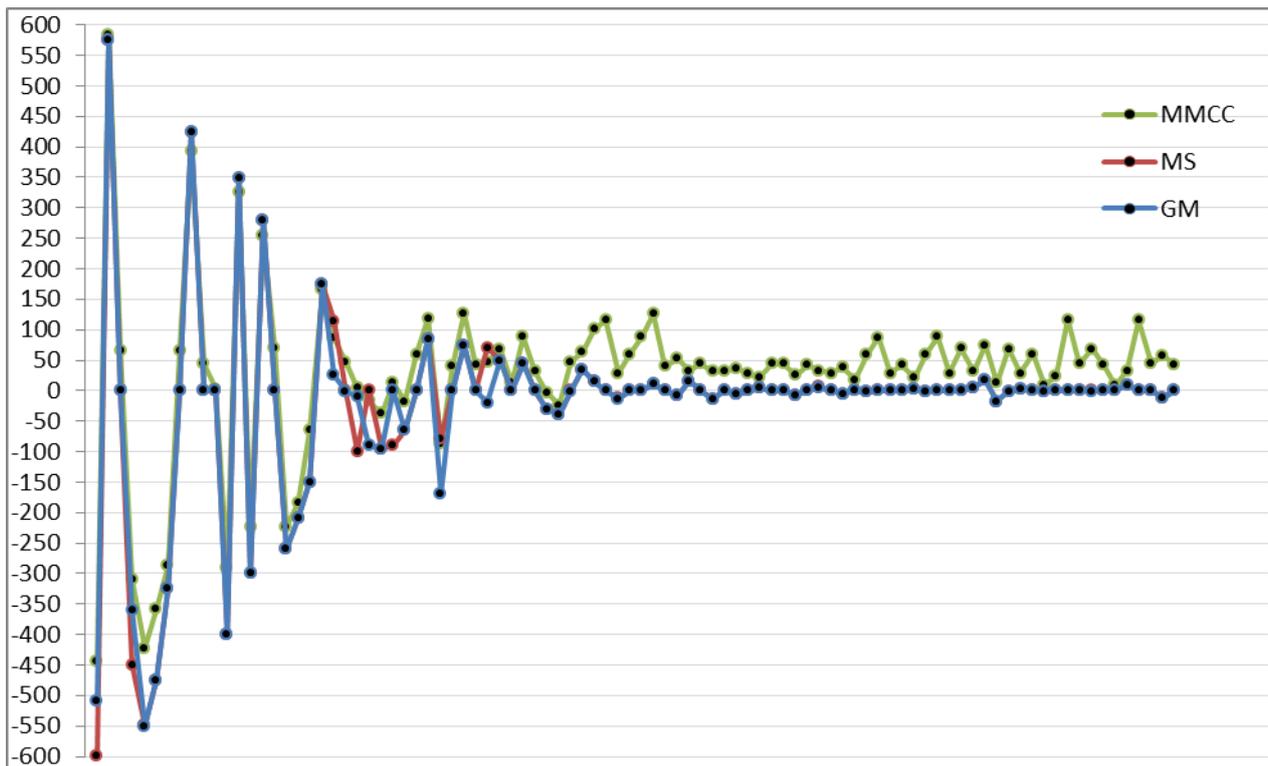
VISUAL	ERROR (m)
17-18 (1º)	-7
17-16 (1º)	6
17-12 (2º)	-16
17-16 (2º)	11
18-11 (1º)	5
18-17 (1º)	3
18-10 (2º)	-1
18-17 (2º)	-0,5
18-24 (1º)	-2
12-15 (1º)	-0,3
12-17 (1º)	0,2
12-13 (2º)	-19
12-11 (2º)	17
12-15 (2º)	-8
24-10 (1º)	-15

VISUAL	ERROR (m)
24-18 (1º)	13
24-15 (2º)	-11
24-26 (2º)	8
24-10 (2º)	-0,4
11-13 (1º)	14
11-10 (2º)	-4
11-12 (2º)	7
11-26 (2º)	-6
11-10 (1º)	-20
11-18 (1º)	6
10-15 (1º)	5
10-18 (1º)	2
10-18 (2º)	1
10-24 (2º)	-0,7
10-24(1º)	0,05

VISUAL	ERROR (m)
10-11 (2º)	-3
26-11 (1º)	-5
26-24 (1º)	-17
26-15 (2º)	0,5
26-10 (2º)	18
26-24 (2º)	-0,8
26-11 (2º)	-2
15-14 (1º)	0,4
15-12 (2º)	-10
15-10 (2º)	-0,1
15-24 (1º)	-1
15-26 (1º)	17
15-26 (2º)	12

Como se puede observar, para errores groseros de magnitudes pequeñas, los estimadores robustos siguen dando los resultados esperados sin necesidad de realizar un gran número de iteraciones; dos y tres en este caso. Igualmente, el método mínimos cuadrático también sigue actuando de manera que trata al conjunto de observaciones como si siguieran una distribución normal, asignando residuos afectados de errores que no le corresponden.

En segundo lugar se introducen visuales afectadas de errores groseros, de magnitudes muy dispares. Como sucedía en los casos anteriores, serán necesarios dos gráficos a diferentes escalas para poder observar bien los resultados obtenidos, debido a que se tratan de errores comprendidos entre 0,05-600m.

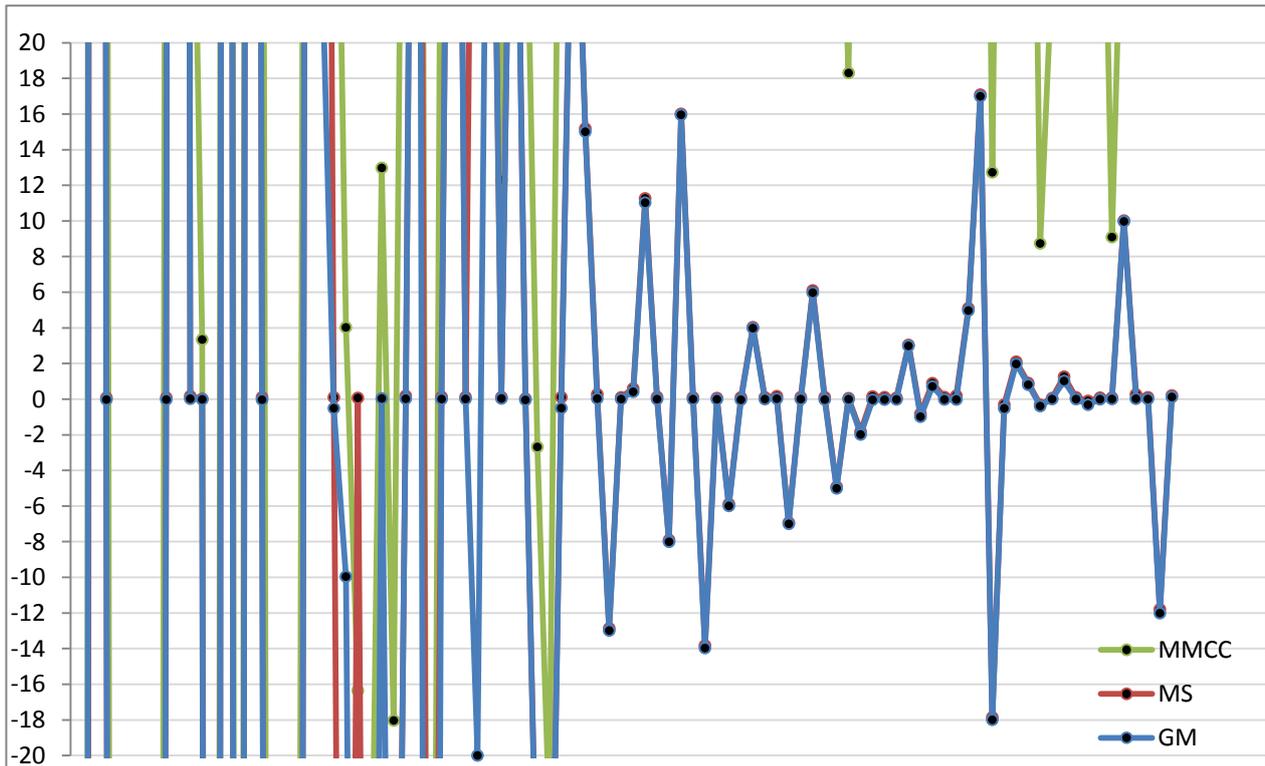


VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	600
16-14 (1º)	-575
16-14 (2º)	550
16-13 (2º)	475
16-17 (2º)	450
13-12 (1º)	-425
13-16 (2º)	400
13-12 (2º)	-350
13-14 (1º)	325
13-11 (2º)	300
14-13 (1º)	-280
14-15 (1º)	260
14-13 (2º)	210
14-15 (2º)	-175
14-16 (2º)	150

VISUAL	ERROR (m)
17-18 (1º)	-115
17-16 (1º)	100
17-12 (2º)	95
17-16 (2º)	90
18-11 (1º)	-85
18-17 (1º)	80
18-10 (2º)	-75
18-17 (2º)	-70
18-24 (1º)	65
12-15 (1º)	-50
12-17 (1º)	-45
12-13 (2º)	40
12-11 (2º)	-35
12-15 (2º)	30
24-10 (1º)	-15

VISUAL	ERROR (m)
24-18 (1º)	13
24-15 (2º)	-11
24-26 (2º)	8
24-10 (2º)	-0,4
11-13 (1º)	14
11-10 (2º)	-4
11-12 (2º)	7
11-26 (2º)	-6
11-10 (1º)	16
11-18 (1º)	6
10-15 (1º)	5
10-18 (1º)	2
10-18 (2º)	1
10-24 (2º)	-0,7
10-24(1º)	0,05

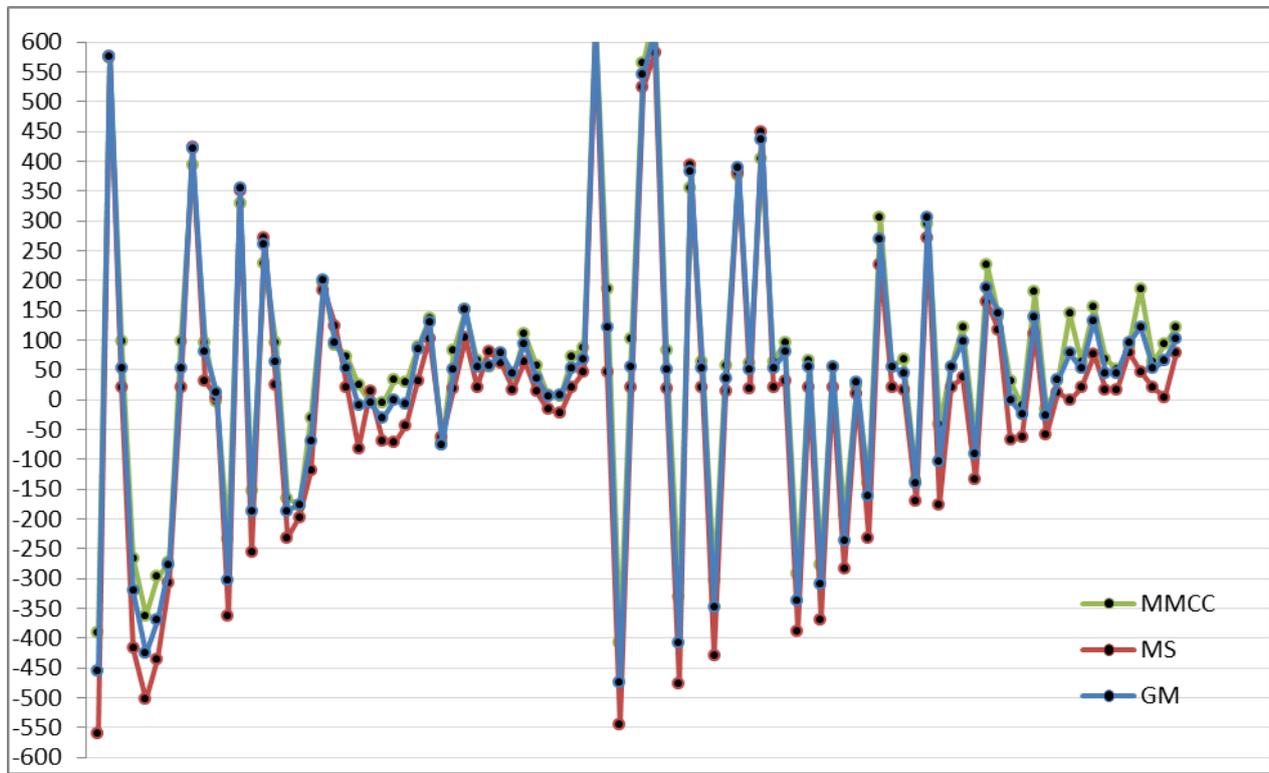
VISUAL	ERROR (m)
10-11 (2º)	-3
26-11 (1º)	-5
26-24 (1º)	-17
26-15 (2º)	0,5
26-10 (2º)	18
26-24 (2º)	-0,8
26-11 (2º)	-2
15-14 (1º)	0,4
15-12 (2º)	-10
15-10 (2º)	-0,1
15-24 (1º)	-1
15-26 (1º)	0,3
15-26 (2º)	12



Se puede observar cómo en este caso, visualmente el estimador de la Mínima Suma, no ofrece los resultados esperados, pues las líneas de dispersión de ambos estimadores no aparecen superpuestas como venía sucediendo hasta ahora.

Analizando las matrices de residuos, se comprueba que para el estimadores de Geman & McClure tampoco da los resultados obtenidos hasta ahora. Esto se ve claro en la visual 17-18 (1ª) en la que se ha introducido un error de 115m y el sistema refleja en una onceava iteración un residuo de 25m. Con lo cual, se puede decir que los métodos robustos para el caso en el que los errores groseros son muchos y muy variados, no aportan ninguna fiabilidad.

Por último se introducen 58 observaciones con errores de magnitudes muy elevadas, obteniendo el siguiente gráfico de resultados.



VISUAL	ERROR (m)
16-17 (1º)	600
16-14 (1º)	-575
16-14 (2º)	550
16-13 (2º)	475
16-17 (2º)	450
13-12 (1º)	-425
13-16 (2º)	400
13-12 (2º)	-350
13-14 (1º)	325
13-11 (2º)	300
14-13 (1º)	-280
14-15 (1º)	260
14-13 (2º)	210
14-15 (2º)	-175
14-16 (2º)	150

VISUAL	ERROR (m)
17-18 (1º)	-115
17-16 (1º)	100
17-12 (2º)	95
17-16 (2º)	90
18-11 (1º)	-85
18-17 (1º)	80
18-10 (2º)	-75
18-17 (2º)	-70
18-24 (1º)	65
12-15 (1º)	-50
12-17 (1º)	-45
12-13 (2º)	40
12-11 (2º)	-35
12-15 (2º)	30
24-10 (1º)	-600

VISUAL	ERROR (m)
24-18 (1º)	590
24-15 (2º)	-560
24-26 (2º)	520
24-10 (2º)	-510
11-13 (1º)	480
11-10 (2º)	-460
11-12 (2º)	420
11-26 (2º)	405
11-10 (1º)	-400
11-18 (1º)	-375
10-15 (1º)	315
10-18 (1º)	275
10-18 (2º)	-250
10-24 (2º)	220
10-24(1º)	-200

VISUAL	ERROR (m)
10-11 (2º)	190
26-11 (1º)	160
26-24 (1º)	-150
26-15 (2º)	110
26-10 (2º)	-100
26-24 (2º)	-95
26-11 (2º)	85
15-14 (1º)	80
15-12 (2º)	-70
15-10 (2º)	-65
15-24 (1º)	50
15-26 (1º)	-40
15-26 (2º)	35

Como era de esperar, observando el gráfico superior, queda constancia de que los estimadores robustos en estas circunstancias de muchas observaciones con errores muy grandes no son válidos. Aunque se lleguen a obtener residuos en el resto de observaciones sin error aceptables, se encuentran residuos angulares de hasta 11º, Siendo totalmente inválido los sistemas robustos.



4.2.2. CONCLUSIONES

Tras analizar todos estos gráficos de resultados se puede afirmar la efectividad de los estimadores robustos frente al método clásico de ajuste cuando se trata de detectar errores groseros en las observaciones de distancia.

Aunque parece clara la superioridad de la estimación robusta cuando se trata de detectar errores groseros fortuitos, cuando se trata de simulaciones en las que el número de errores cometidos no pueden ser considerados como fortuitos, estas técnicas siguen siendo válidas, como se ha podido comprobar en el caso donde el número de visuales erróneas es igual a la redundancia que presenta el sistema.

Únicamente se distinguen dos casos en los que estos métodos no ofrecen toda la fiabilidad esperada:

- Cuando el error introducido en una única visual es próximo a la precisión con que ha sido obtenida la red. En este caso, el sistema toma tal error como si fuera aleatorio en lugar de considerarlo un error grosero.
Esto ocurre para los dos estimadores empleados (Geman & McClure y la Mínima Suma).
- Cuando se introducen errores muy grandes en cuarenta observaciones, se observa que el estimador de Geman & McClure detecta los errores metidos en una onceava iteración. El inconveniente se encuentra en la magnitud que presentan el resto de residuales, pues se observan en los residuos angulares valores de hasta 58° y en los residuos longitudinales de hasta 4m. Por lo tanto no se podría tomar como válido tan ajuste, ni ese estimador para tal caso.

Es muy complicado que en la realidad se lleguen a dar este tipo de casos, pero dado que este proyecto es un estudio sobre la validez entre estos métodos y los empleados de manera habitual, se ha creído necesario concretar los límites de cada uno de ellos.

Como se ha comprobado, los mínimos cuadrados dan resultados erróneos desde la introducción de una sola observación, siendo estos resultados más llamativos a medida que se amplían tanto la magnitud como el número de errores introducido.



4.3. CONCLUSIONES GENERALES

Destacar que el ajuste por estimación robusta resulta claramente efectivo en redes topográficas que incluyan cualquier tipo de error grosero. Cuando a una red de estas características se le aplica el ajuste por MMCC, el resultado es inválido, ya que los residuos poseen unas magnitudes muy elevadas.

La tendencia de la técnica de ajuste por Mínimos Cuadrados es la de repartir los errores entre todas las observaciones, lo que aparte de invalidar la red, hace que sea prácticamente imposible la detección del error.

Como ya se ha comentado anteriormente, el proceso a seguir en este tipo de casos consiste en la eliminación de las observaciones que mayor residuo reflejen y la realización del ajuste de nuevo. Para que este caso llegue a darse, debemos tener redundancia suficiente en los datos, de forma que podamos eliminar algunas de las observaciones.

Si en los datos de la red va incluido más de un error grosero, este proceso es más complicado. Se ha comprobado que la estimación robusta es mucho más efectiva que los mínimos cuadrados detectando errores sin contaminar el resto de observaciones.

Resulta un método muy efectivo porque aparte de detectar el error claramente, permite corregirlo de forma que no se pierden observaciones que pueden resultar importantes.

Pero una idea está claramente demostrada: todos los métodos de estimación robusta son superiores al clásico método de los mínimos cuadrados para conjuntos de observaciones con errores que se desvían de la distribución normal.

Igualmente, estos métodos robustos también presentan posibles problemas como que:

- La precisión debe conocerse "a priori" y los pesos no deben sobrepasar un máximo predefinido, de otra forma el método excluirá cada vez más observaciones.
- Las funciones de pesos, al depender de constantes, deben ser modificadas y ajustadas para cada situación.

Habiendo analizado los diversos aspectos de los errores groseros, se puede concluir que estos errores no existen como entidades independientes. Están totalmente conectados con el dogma de la distribución normal y el método de los mínimos cuadrados. En este sentido hay dos posibles caminos a seguir: aceptar el método de los mínimos cuadrados y por tanto también la existencia de estos errores, o elegir nuevos métodos de ajuste. En este último caso tanto el concepto de mínimos cuadrados como el de error grosero desaparecen. La elección puede simplificarse pues formalmente los dos caminos tienen varios aspectos en común, aunque se basan en teorías diferentes.

De todas formas, la teoría de la estimación robusta parece ser la alternativa más prometedora en la detección de este tipo de errores.



4.4. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Para finalizar este capítulo, se comentarán los diferentes tipos de proyectos y trabajos que pueden realizarse a partir del estudio realizado.

Partiendo de la fiabilidad que han ofrecido los estimadores robustos en la detección de errores en observaciones topográficas, más exacto para medidas longitudinales que para las medidas angulares, se podría ampliar el estudio llevando estos métodos robustos para cálculos altimétricos. De hecho, ya se hay un proyecto en marcha que estudiará los mismo métodos empleados en planimetría, esta vez en el cálculo de desniveles.

Por otro lado, siguiendo con este mismo proyecto, se podría abrir otra vía de estudio en el cual se fueran eliminando aquellas observaciones afectadas de errores groseros. En este caso se podría analizar el nivel de confianza que aportan tales técnicas hasta el punto en el que la redundancia que posee el sistema sea mínima.

Otro frente abierto es el desarrollo de otros métodos robustos no empleados en este trabajo, como pueden ser otros estimadores dentro de los conocidos como Tipo L o investigar con otro tipo de métodos robustos que no sean los de tipo L.

Por último, se podrían desarrollar diferentes aplicaciones dentro del campo de la programación que automatice y simplifique todo el cálculo manual realizado para ese proyecto.

CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO



5.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se trata el presupuesto de la manera más detallada posible, se han desglosado los gastos por fases de proyecto.

El cálculo de los costes para un proyecto académico es, evidentemente, distinto que para un proyecto de carácter privado debido a que se persiguen fines diferentes. Se ha tratado de ajustar el presupuesto lo máximo posible al de un proyecto de carácter privado.

En cada fase se ha elaborado el presupuesto calculando los costes que suponen la intervención de un Ingeniero Técnico en Topografía a razón de 100€ por día. Se ha tenido en cuenta que este proyecto ha sido realizado por dos ITT, aunque en algunas de las tareas hubiera sido necesaria la intervención y colaboración de auxiliares.

Además para cada fase se han calculado los gastos de amortización del material utilizado, así como los gastos del material adquirido y gestiones previas.

Las fases en las que se ha dividido el proyecto para el cálculo del presupuesto son:

- Recopilación de información y gestiones previas.
- Planificación
- Establecimiento de la red básica
- Toma de observaciones por Topografía Clásica
- Toma de observaciones por técnicas GPS
- Nivelación Geométrica
- Cálculo y ajuste en gabinete de la red básica
- Realización del estudio de identificación de errores por estimación robusta y sus respectivas conclusiones.
- Confeción y reproducción cartográfica
- Redacción de la memoria e informe de resultados
- Impresión

5.2 COSTE TOTAL Y COSTES UNITARIOS

El coste total (CT) de este Proyecto Fin de Carrera es el resultado de la suma de los costes directos (CD) e indirectos (CI).

$$CT = CD + CI$$

- *Costes directos*: son los derivados de los recursos utilizados en cada fase. Dentro de una actividad se les denomina también costes totales de producción y se pueden calcular sumando los costes básicos y generales de producción.
- *Costes indirectos*: son los derivados de los costes generales (facturas de agua, luz, etc.)

RELACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS Y COSTES GENERALES

Designación	Unidad	Precio / Unidad (€)
Mano de Obra		
ITT	Día	100
Peón / auxiliar	Día	50
Instrumentos		
Estación total Leica TC 1202+	Día	80
Nivel electrónica Leica Sprinter 50	Día	65
Receptores GPS Leica System 500	Día	100
Material		
Flexómetro	Unidad	8,5
Maceta	Unidad	22
Estacas	Unidad	0.3
Clavos acero inoxidable	Unidad	0.4
Walkie-Talkie	Unidad	25
Spray	Unidad	4
Gasoil	Km	0.12

LISTADO DE COSTES GENERALES

	COSTES (€)	Amortización	Día (€)
Vehículo de empresa	12500	4 años	8,56
Material de Oficina	1000	1 año	2,74
Equipo Informático	1200	3 años	1,10
Software (Leica, Autocad, Topcal)	10000	3 años	9,13
Plotter	3000	3 años	2,74
Impresora	400	2 años	0,55

- Esta relación de precios ha sido obtenida de diferentes páginas de internet en las que figuran los costes de alquiler de equipos topográficos y venta de materiales relacionados. Al igual que se obtuvo información verídica, por diferentes medios, del resto de costes y precios reflejados (automóvil, equipos informáticos, sueldos de empleados, etc).

5.3 RELACIÓN DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

Para el cálculo del coste total se dividió el proyecto en una serie de fases que ya se mencionó anteriormente. Encontramos el desglose de los mismos en las tablas que se presentan a continuación.

ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN

	Personal / Material	Día / Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Obtención de permisos	1 ITT	1	100	100
Vehículo	1 Turismo	2	8,56	17,12
Reconocimiento zona	1 ITT	1	100	100
Gasoil (Km)	160 Km/Día		0,12	19,2
Planificación	2 ITT	1	100	100
Total =				336,32



ESTABLECIMIENTO DE LA RED BÁSICA Y OBSERVACIÓN POR TOPOGRAFÍA CLÁSICA

	Personal /Material	Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Vehículo	1 Turismo	3	8,56	25,68
Gasoil (Km)	160 Km/ Día	3	0,12	57,6
Estacas	15 Unidades	1	0,3	4,5
Clavos	15 Unidades	1	0,4	6
Instrumentos	1 TC Leica 1202+	3	80	240
Spray	1 Unidades	1	4	4
Observaciones clásicas	2 ITT	3	100	600
	2 Peón /Auxiliar	3	50	300
Total =				1237,78

OBSERVACIONES POR TÉCNICAS GPS

	Personal /Material	Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Instrumentos	3 Leica System 500	1	100	300
Vehículo	1 Turismo	1	8,56	8,56
Gasoil	160 Km /Día	1	0,12	19,2
Observación estático	1 Peón	1	50	50
Observación RTK	2 ITT	1	100	200
Total =				577,76

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

	Personal /Material	Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Instrumento	1 Leica Sprinter 50	1	65	65
Nivelación	2 ITT	1	100	200
Vehículo	1 Turismo	1	8,56	8,56
Gasoil (Km)	160 Km /Día	1	0,12	19,2
Spray	1 Unidades	1	4	4
Total =				296,76

CÁLCULO Y AJUSTE DE LA RED BÁSICA

	Personal /Material	Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
TOPOGRAFÍA CLÁSICA				
Cálculos	2 ITT	2	100	400
Equipo Informático	2 Ordenador	2	1,1	4,4
Software	1 Topcal/Excel	2	9,13	18,26
TÉCNICAS GPS				
Cálculos	1 ITT	0,5	100	50
Equipo Informático	1 Ordenador	0,5	1,1	0,55
Software	1 Leica Geoffice	0,5	9,13	4,57
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA				
Cálculos	1 ITT	1	100	100
Equipo Informático	1 Ordenador	1	1,1	1,1
Total =				578,875



REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE ERRORES POR ESTIMACIÓN ROBUSTA

	Personal /Material		Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Cálculo	2	ITT	30	100	6000
Equipo informático	2	Ordenador	30	1,1	66
Software	1	Excell	30	9,13	273,9
Total =					6339,9

CONFECCIÓN Y REPRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA

	Personal /Material		Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Materialización	1	ITT	1	100	100
Equipo Informático	1	Ordenador	1	1,1	1,1
Software	1	Autocad	1	9,13	9,13
Total =					110,23

REDACCIÓN DE LA MEMORIA E INFORME DE RESULTADOS

	Personal /Material		Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Redacción Memoria	2	ITT	15	100	3000
Equipo informático	2	Ordenadores	2	1,1	4,4
Total =					3004,4

IMPRESIÓN

	Personal /Material		Día /Unidad	Precio (€)	Coste (€)
Impresora	1	HP	1	0,55	0,55
Plotter	1	HP	1	2,74	2,74
Papel	1200	Folios	1	0,04	48
Equipo informático	1	Ordenador	1	1,1	1,1
Reproducción	1	ITT	1	100	100
Cartuchos	1	HP	1	30	30
Encuadernación	1		3	25	75
Total =					257,39

GASTOS DE CONTRATACIÓN

Los gastos de contratación de un empleado suponen un pago por parte de la empresa de un 30% de su sueldo para aportaciones a la Seguridad Social.

Empleado	Pago Diario	30%	Jornadas	Gastos S.S.
ITT	100	30	109,5	3285
Peón/Auxiliar	50	15	7	105
Total =				3390

5.4 PRESUPUESTO TOTAL Y BENEFICIO EMPRESARIAL

El coste total de ejecución material del presente proyecto, antes de impuestos y beneficio empresarial asciende a la cantidad de *DIECISEIS MIL CIENTO VEINTINUEVE euros con CUARENTA Y DOS céntimos de euro (16.129,42 €)*.

A esta cantidad se le debe sumar un beneficio empresarial del 15% y su correspondiente IVA del 21%.

TOTAL ACTIVIDADES	16129,42
BENEFICIO EMPRESARIAL (15%)	2419,41
TOTAL PROYECTO	18548,83
IVA (21%)	3895,25
PRESUPUESTO FINAL	22444,08

Por lo que el coste total de ejecución por contrato del proyecto “*Aplicación de los métodos de estimación robusta en el ajuste de observaciones para la detección de errores en un red básica situada en la Ciudad de Valdeluz, Guadalajara*” es de veintidós mil cuatrocientos cuarenta y cuatro euros con ocho céntimos de euro (**22.444,08 €**).

Los porcentajes de costes y beneficios se pueden observar en la figura 5.1.

GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE COSTES Y BENEFICIOS

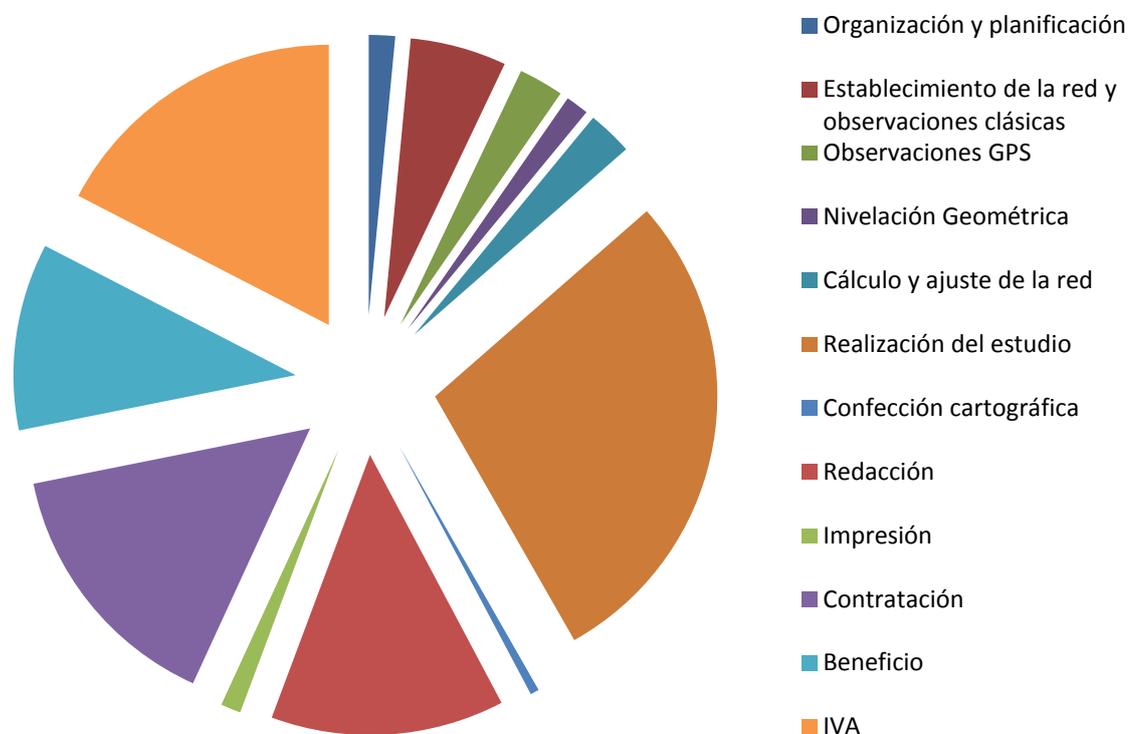


Figura 5.1 Gráfico de porcentajes de costes y beneficios del proyecto

CAPÍTULO 6: ANEXOS



6.1. RESEÑAS



VÉRTICE 10

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490217,849 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 39,65967''$ N
Y= 4493734,063 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 56,18776''$ W
H= 930,455 m	h= 982,459 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

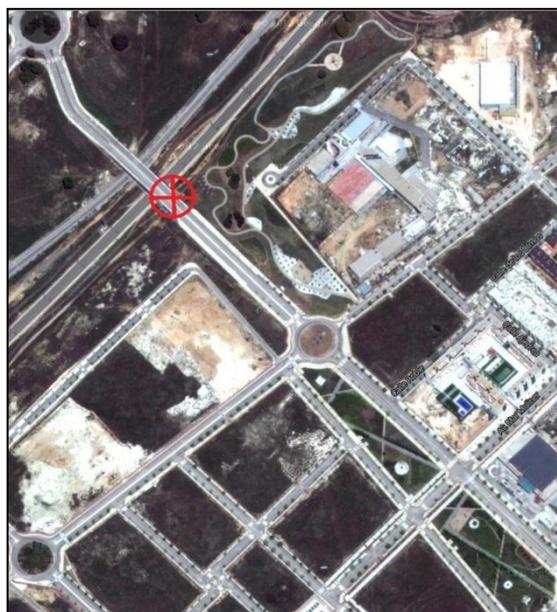
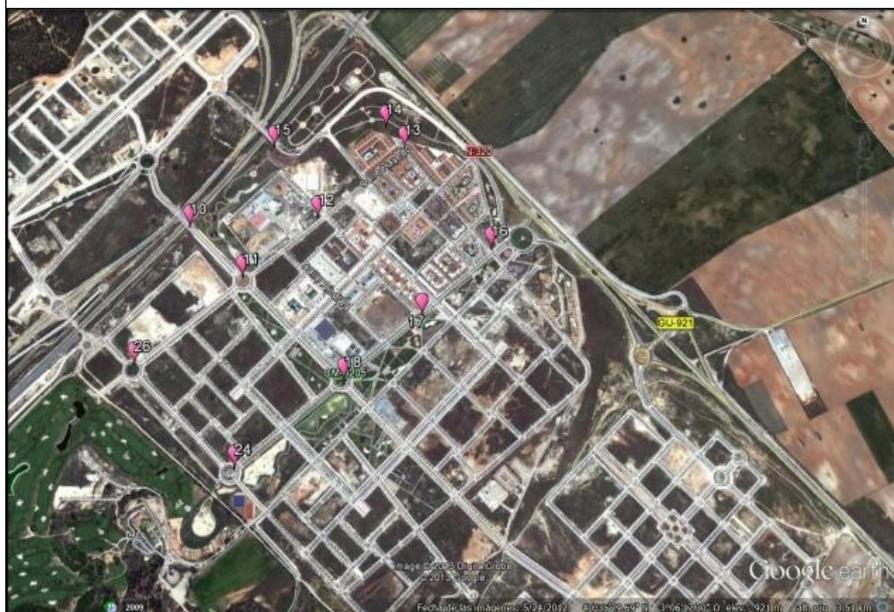
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Parte superior del segundo puente al Suroeste que cruza la vía del AVE a la altura de Guadalajara-Yebes.



CROQUIS





VÉRTICE 11

COORDENADAS ETRS89		COORDENADAS GEODÉSICAS	
X=	490406,613 m	$\phi =$	40° 35' 33,91304'' N
Y=	4493556,628 m	$\lambda =$	3° 06' 48,14701'' W
H=	914,916 m	h=	966,918 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Estaca

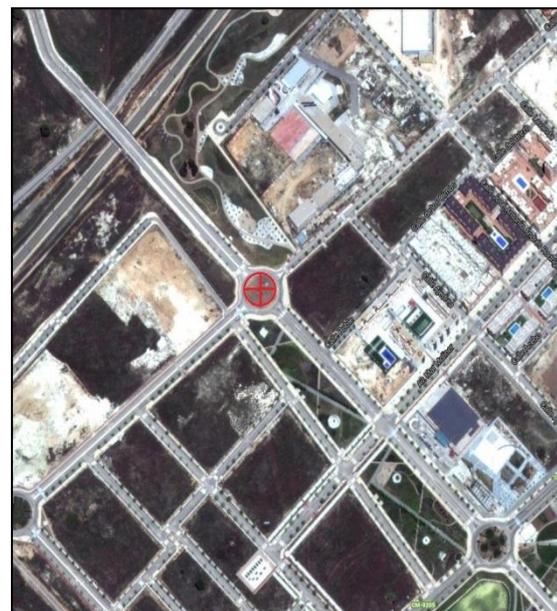
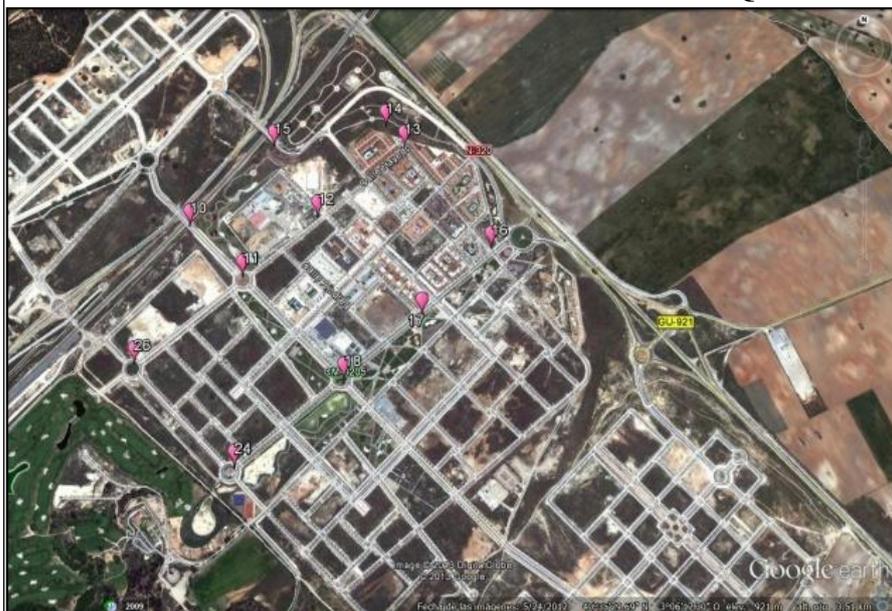
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Glorieta situada al inicio del segundo puente al Suroeste que cruza la vía del AVE a la altura de Guadalajara-Yebes.



CROQUIS





VÉRTICE 12

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490661,762 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 40,68656''$ N
Y= 4493765,158 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 37,30288''$ W
H= 913,562 m	h= 965,569 m

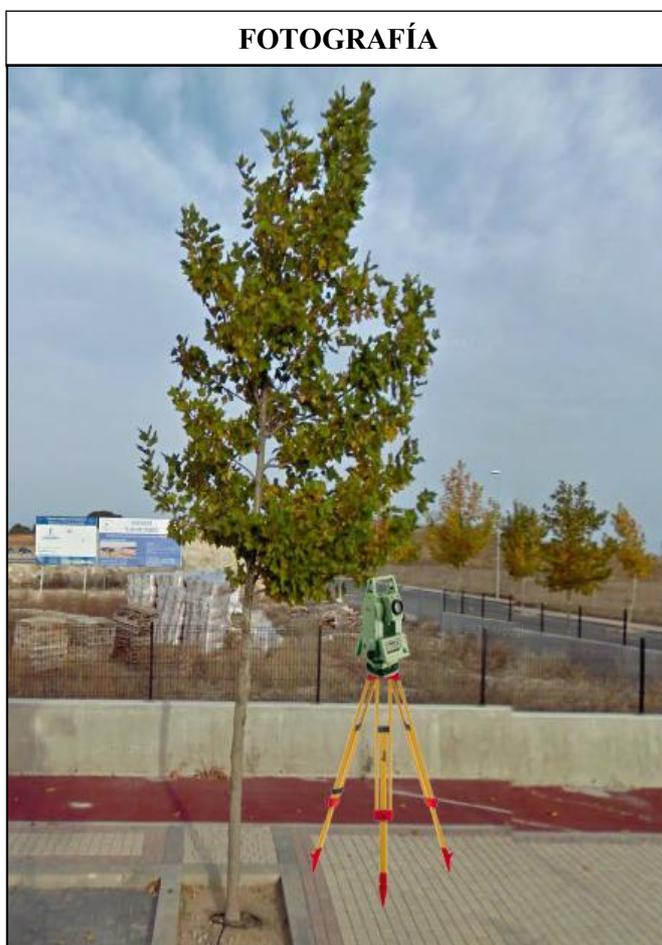
Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

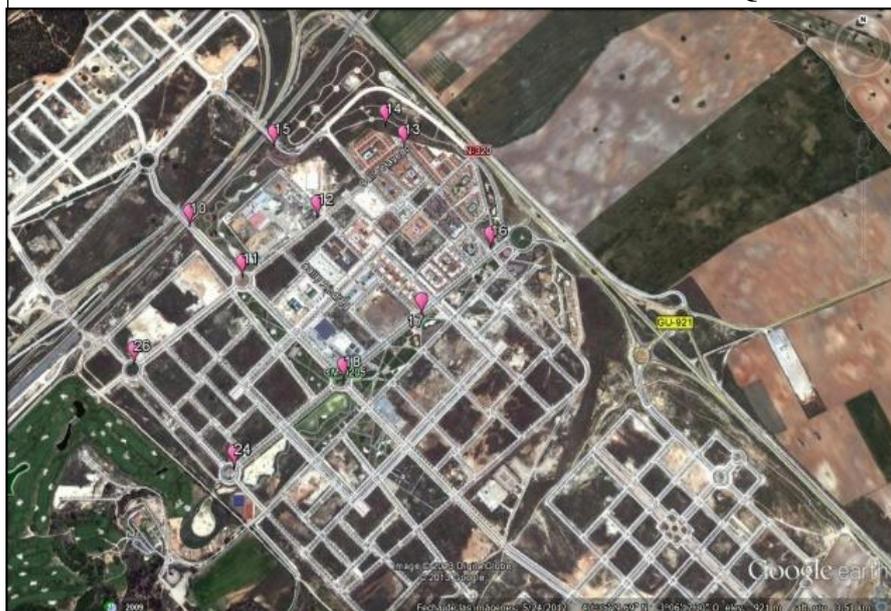
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Desde el vértice 11 dirección Noreste por la Calle Hayedo.



CROQUIS





VÉRTICE 13

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490966,930 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 48,83305''$ N
Y= 4494015,970 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 24,33233''$ W
H= 916,695 m	h= 968,706 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

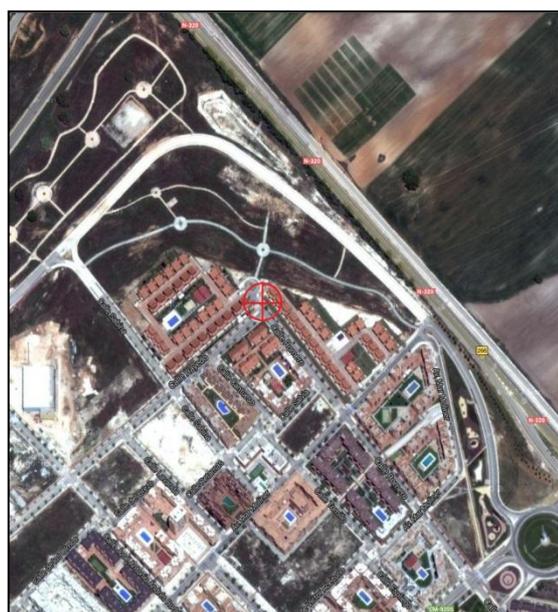
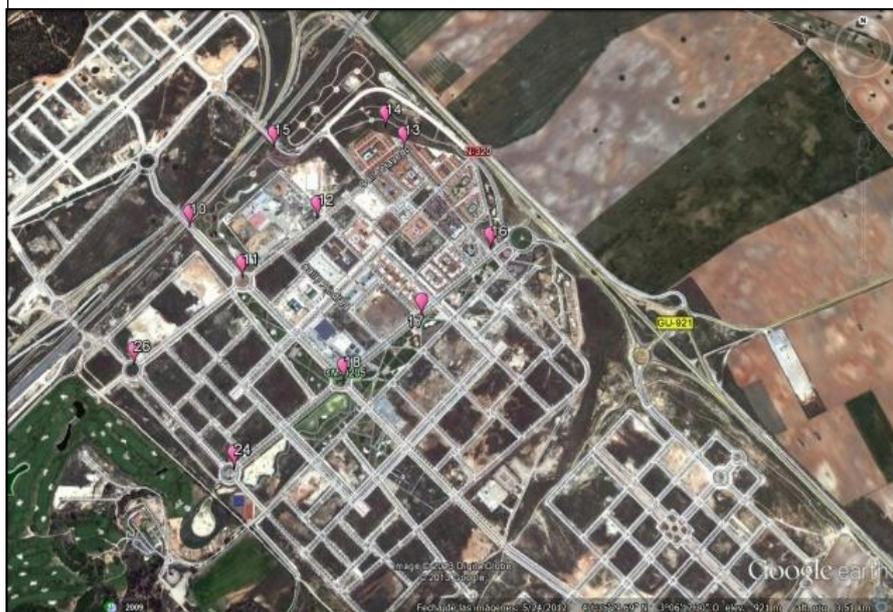
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Siguiendo la Calle Hayedo dirección Noreste desde el vértice 12.



CROQUIS





VÉRTICE 14

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490900,386 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 51,39914''$ N
Y= 4494095,172 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 27,16762''$ W
H= 916,152 m	h= 968,163 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Estaca

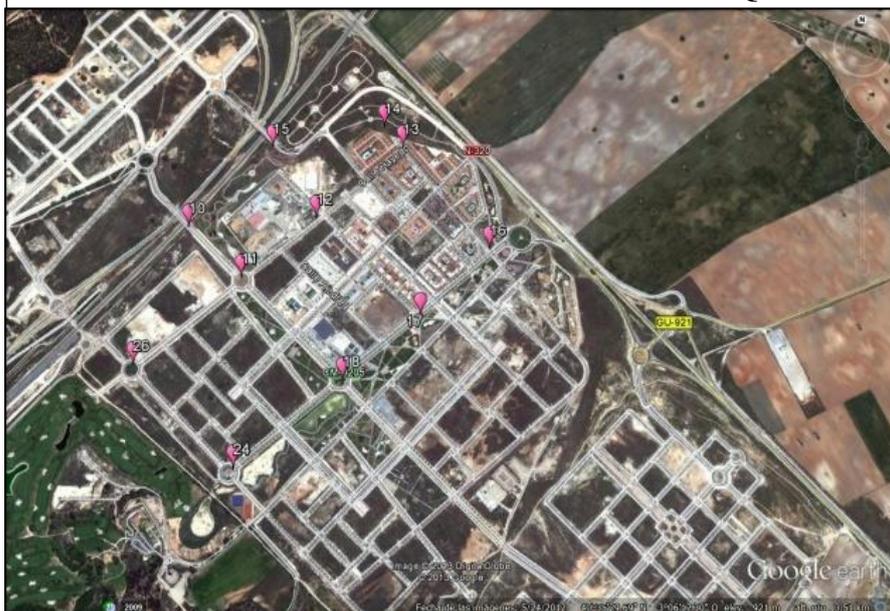
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Desde el vértice 13 dirección Noroeste, unos 500m en línea recta.



CROQUIS





VÉRTICE 15

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490502,536 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 49,03922''$ N
Y= 4494022,903 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 44,09126''$ W
H= 934,569 m	h= 986,576 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

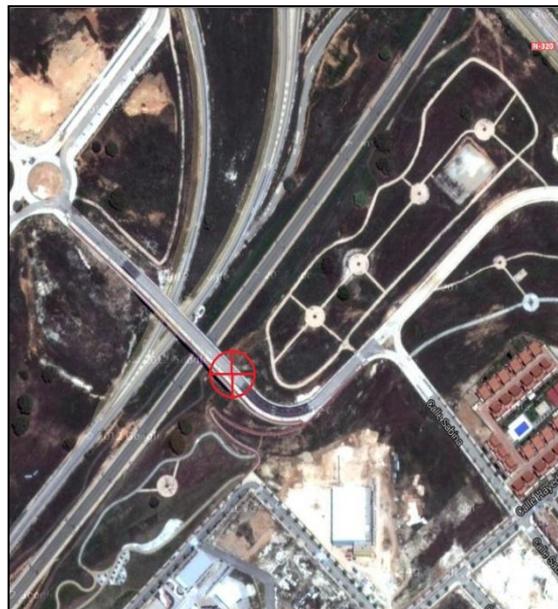
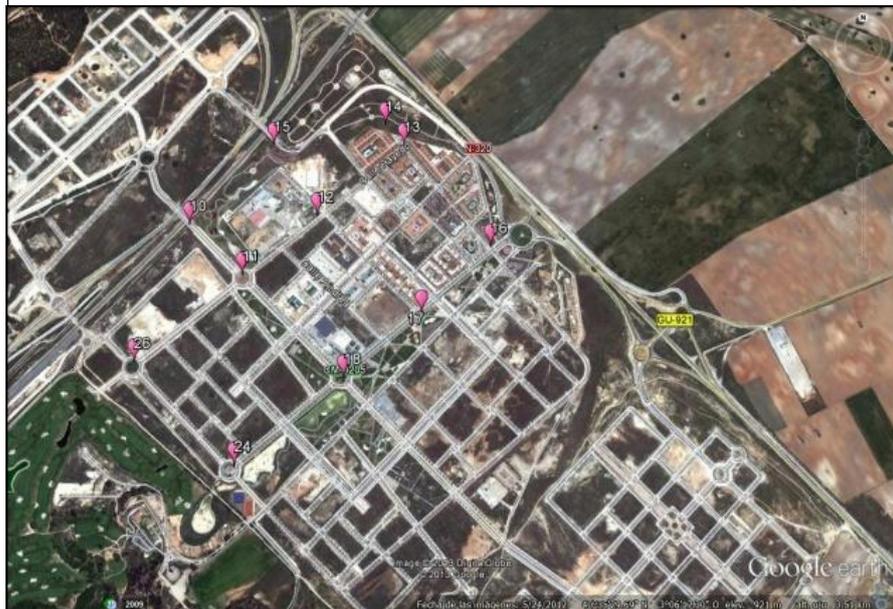
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Parte superior del primer puente al Suroeste que cruza la vía del AVE a la altura de Guadalajara-Yebes.



CROQUIS





VÉRTICE 16

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 491268,558 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 36,83858''$ N
Y= 4493645,773 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 11,48034''$ W
H= 918,599 m	h= 970,608 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

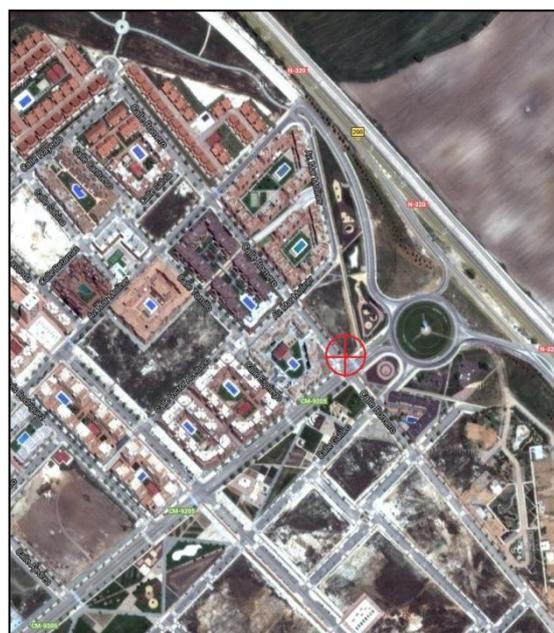
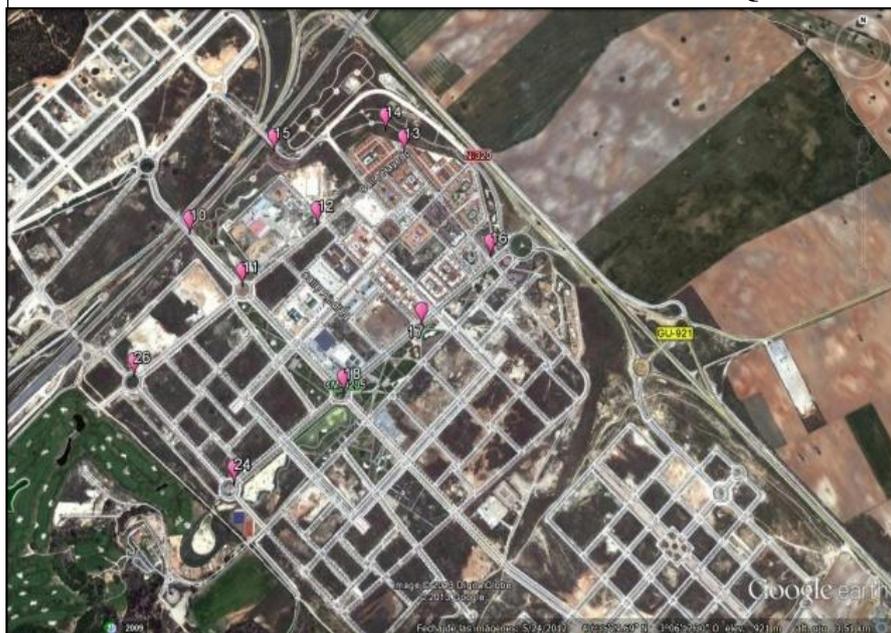
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Primera esquina a mano derecha pasada la glorieta principal de la Ciudad de Valdeluz.



CROQUIS





VÉRTICE 17

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 491026,701 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 29,37179''$ N
Y= 4493415,831 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 21,75846''$ W
H= 918,805 m	h= 970,810 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

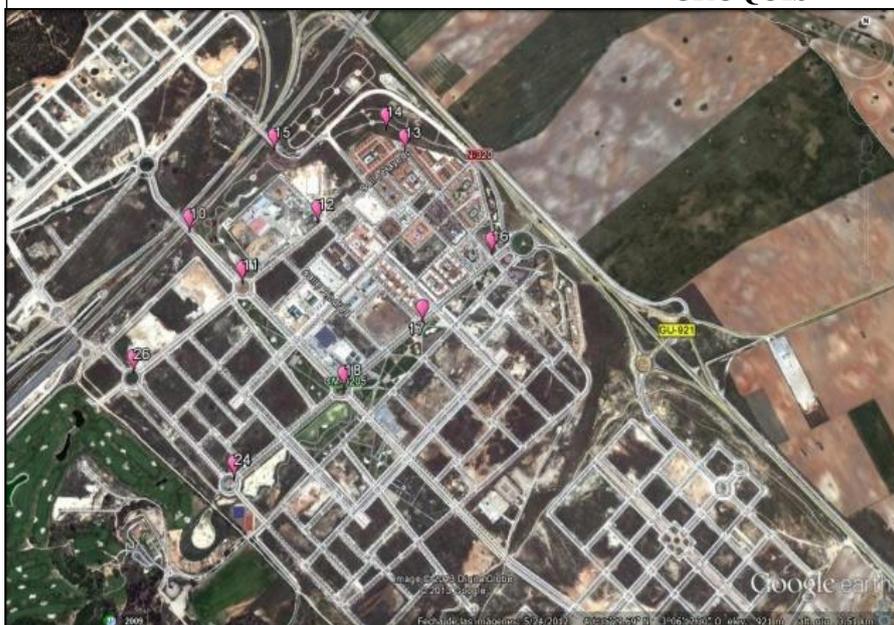
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Desde la glorieta de entrada a la Ciudad de Valdeluz en dirección Suroeste en la acera de la izquierda.



CROQUIS





VÉRTICE 18

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490762,888 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 22,37783''$ N
Y= 4493200,504 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 32,97073''$ W
H= 916,669 m	h= 968,670 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Estaca

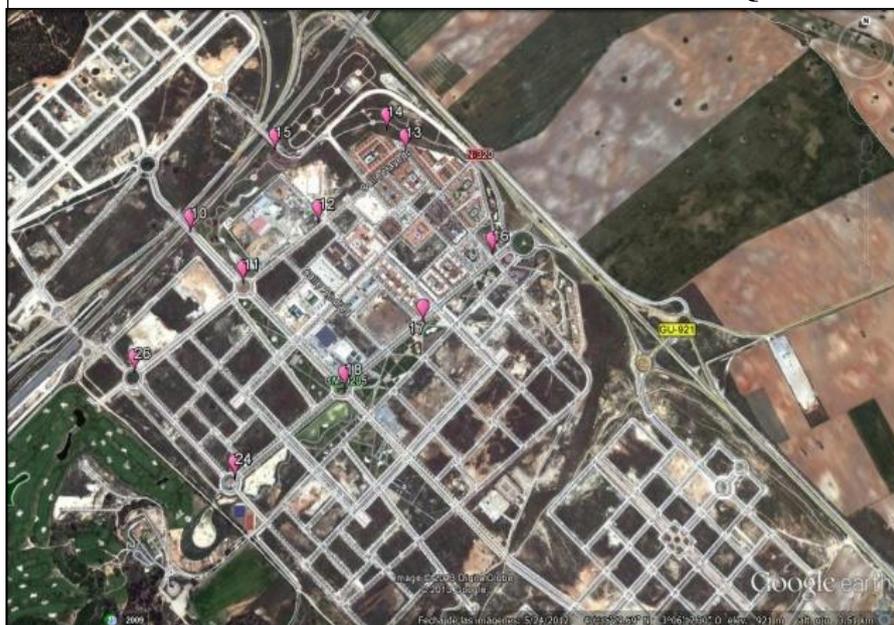
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Desde la glorieta de entrada a la Ciudad de Valdeluz en dirección Suroeste en la glorieta siguiente.



CROQUIS





VÉRTICE 24

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490405,039 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 13,21801''$ N
Y= 4492918,523 m	$\lambda = 3^{\circ} 06' 48,17901''$ W
H= 913,818 m	h= 965,815 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

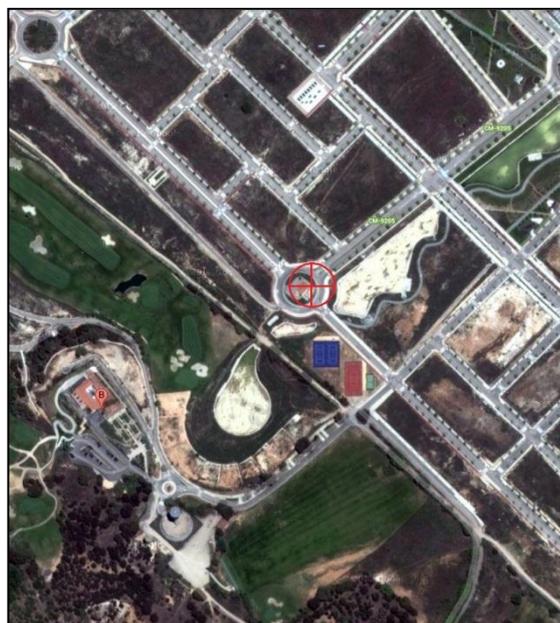
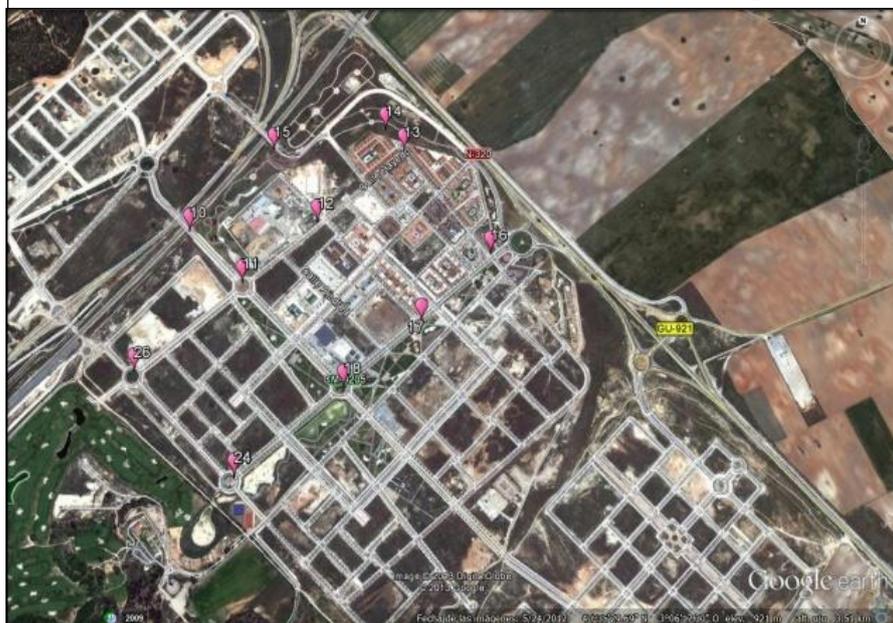
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Desde la glorieta de entrada a la Ciudad de Valdeluz en dirección Suroeste en la segunda glorieta existente.



CROQUIS





VÉRTICE 26

COORDENADAS ETRS89	COORDENADAS GEODÉSICAS
X= 490050,584 m	$\phi = 40^{\circ} 35' 24,33147''$ N
Y= 4493261,658 m	$\lambda = 3^{\circ} 07' 03,27731''$ W
H= 912,124 m	h= 964,121 m

Fecha señalización: Abril 2013

Tipo de señal: Clavo

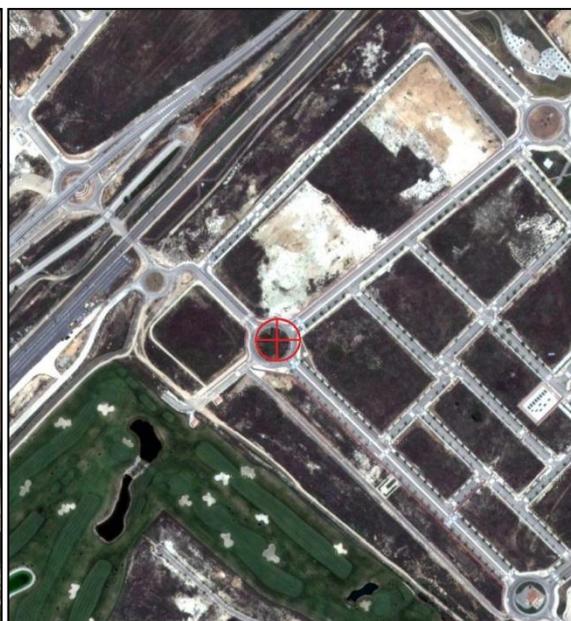
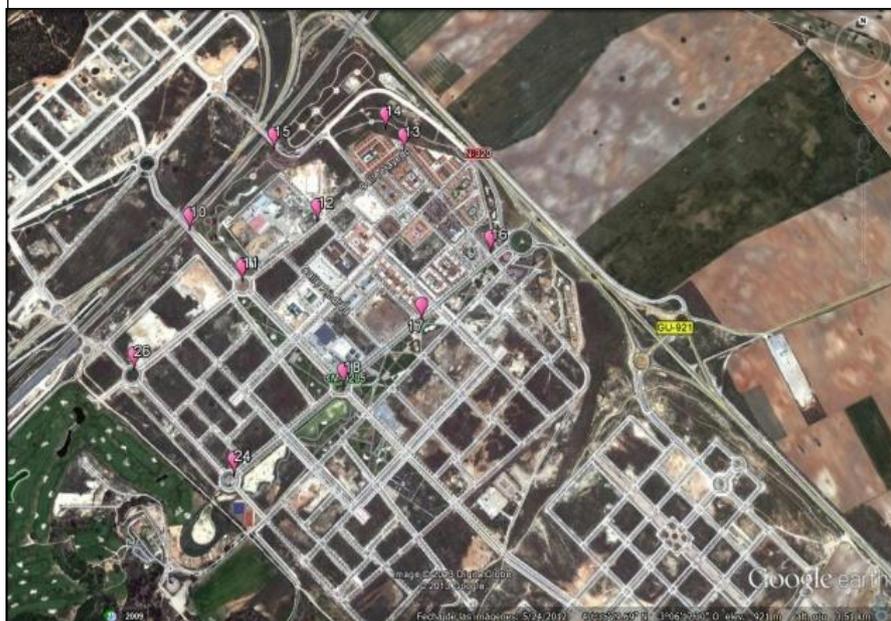
Situación: Ciudad de Valdeluz, Guadalajara

Acceso: Salida 55 de la carretera nacional A-2 hacia N-320 dirección Sacedón. Salida 266 de dicha carretera convencional.

Reseña: Glorieta situada al final de la Calle Hayedo en dirección Suroeste.



CROQUIS





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA



Área de Geodesia

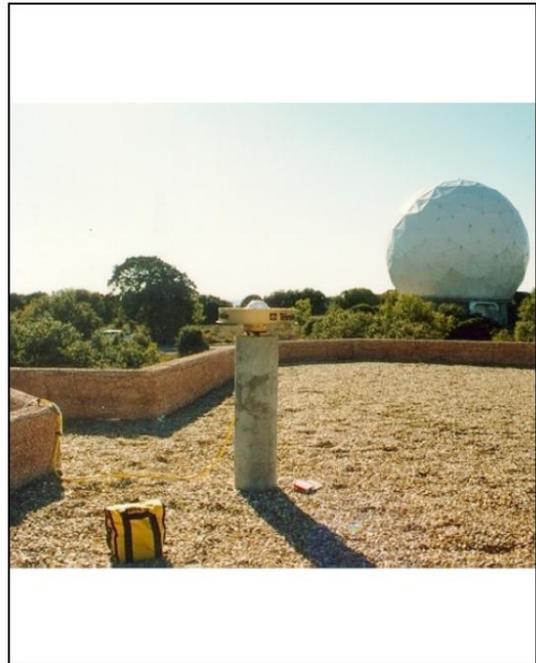
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Reseña de Estación Permanente - ERGNSS

11-may-2013

Situación:

Código.....: YEBE	Municipio: Yebes
Nombre.....: Yebes	Provincia: Guadalajara
Código IERS: 13420M001	Instalación...: 30 de noviembre de 1992
Localización.: Guadalajara Centro Astronómico de Yebes, Apto. 143, 19080 - Guadalajara	
Construcción: Pilar de hormigón armado de 1.2 m de altura. Marca de coordenadas, parte superior sobre placa metálica.	

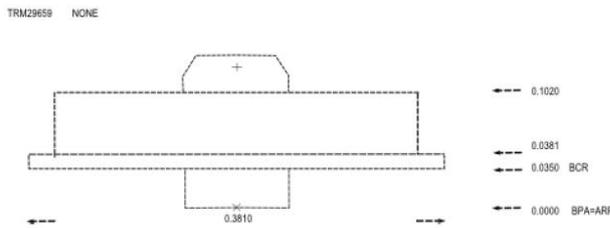


Coordenadas ETRS89:

Longitud.....: - 3° 05' 19,06498"	X.....: 4848724.914 m.
Latitud.....: 40° 31' 29,63168"	Y.....: -261632.472 m.
Altitud elipsoidal: 972.778 m.	Z.....: 4123093.922 m.
X UTM.....: 492492.886 m.	Altitud sobre el nivel medio del mar:
Y UTM.....: 4486022.150 m.	
Huso.....: 30	920.813 m.

Instrumentación:

Receptor: TRIMBLE NETRS
Antena: TRM29659.00 NONE **Altura:** 0.0000 m. (ARP)
Offset de centros de fase de antena: L1 0.091 m. L2 0.120 m.
Esquema antena



Información adicional:

Esta estación permanente, además de a la red ERGNSS, pertenece a las siguientes redes:

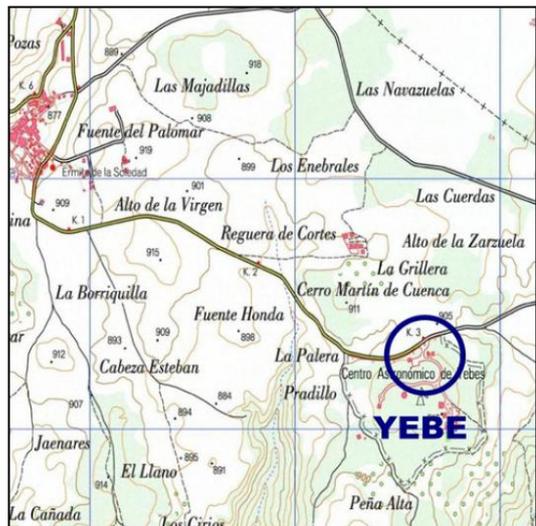
- Red de EUREF Permanent Network (EPN): <http://www.epncb.oma.be>
- Red del International GNSS Services (IGS): <http://igsceb.jpl.nasa.gov>
- Red TEIDE

Datos horarios a 1, 5, 15 y 30 segundos y diarios a 30 segundos
<ftp://ftp.geodesia.ign.es>

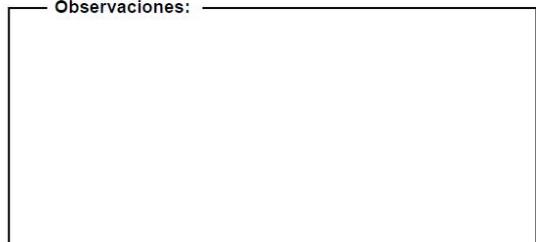
Emite correcciones diferenciales a través del Caster <http://ergnss-ig.ign.es>
a través de los puntos de montaje:

- YEBE0 formato de la corrección RTCM versión RTCM 2.3
- YEB11 formato de la corrección RTCM versión RTCM 2.3

E-mail de contacto: buzon-geodesia@fomento.es



Observaciones:





6.2. VALORES OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN

	EST	VIS	HZ	E.S.ACIMUTAL	V	E.S.CENITAL	Dg	m	i
1ª VUELTA HORIZONTE	16	17 (ref)	197,620996 397,621079 197,621038	0,000041	99,961902 300,032364 99,964769	-0,002867	333,87490 333,87940 333,87715	1,51999	1,49199
		14	302,320593 102,321044 302,320818	0,000225	100,269521 299,727589 100,270966	-0,001445	581,29248 581,30348 581,29798	1,51999	1,49199
		13	302,492339 102,493620 302,492980	0,000640	100,257210 299,742592 100,257309	-0,000099	477,80443 477,80773 477,80608	1,51999	1,49199
		17 (ref)	197,620642 397,621677 197,621159	0,000517	99,960225 300,037212 99,961507	-0,001282	333,87280 333,86730 333,87005	1,51999	1,49199
2ª VUELTA HORIZONTE	16	17 (ref)	197,619980 397,622617 197,621298	0,001318	99,963305 300,036446 99,963430	-0,000124	333,87640 333,87580 333,87610	1,51999	1,49199
		14	302,321559 102,321226 302,321393	-0,000166	100,270077 299,730333 100,269872	0,000205	581,29388 581,29688 581,29538	1,51999	1,49199
		13	302,494723 102,492809 302,493766	-0,000957	100,257410 299,740346 100,258532	-0,001122	477,80923 477,80833 477,80878	1,51999	1,49199
		17 (ref)	197,620436 397,623581 197,622008	0,001573	99,963500 300,037153 99,963173	0,000326	333,87570 333,87560 333,87565	1,51999	1,49199
1ª VUELTA HORIZONTE	13	14 (ref)	4,360468 204,366751 4,363610	0,003141	100,335445 299,666089 100,334678	0,000767	103,49786 103,49466 103,49626	1,51999	1,51900
		16	205,328744 5,327058 205,327901	-0,000843	99,749178 300,251679 99,748749	0,000428	477,80683 477,79953 477,80318	1,51999	1,51900
		12	305,054893 105,061503 305,058198	0,003305	100,503343 299,490852 100,506246	-0,002902	395,24623 395,24423 395,24523	1,51999	1,51900
		11	305,135865 105,141713 305,138789	0,002924	100,156842 299,840768 100,158037	-0,001195	724,94520 724,94390 724,94455	1,51999	1,51900
		14 (ref)	4,363779 204,368587 4,366183	0,002404	100,334594 299,665064 100,334765	-0,000171	103,49706 103,49866 103,49786	1,51999	1,51900
2ª VUELTA HORIZONTE	13	14 (ref)	4,364298 204,369621 4,366959	0,002661	100,334427 299,665276 100,334576	-0,000148	103,50756 103,48966 103,49861	1,51999	1,51900
		16	205,331008 5,327453 205,329231	-0,001778	99,747594 300,250189 99,748703	-0,001108	477,80063 477,80153 477,80108	1,51999	1,51900
		12	305,053844 105,054903 305,054374	0,000529	100,503344 299,494373 100,504486	-0,001141	395,24493 395,23633 395,24063	1,51999	1,51900
		11	305,138335 105,138817 305,138576	0,000241	100,158574 299,841260 100,158657	-0,000083	724,94140 724,93910 724,94025	1,51999	1,51900
		14 (ref)	4,368401 204,365107 4,366754	-0,001647	100,332037 299,665738 100,333150	-0,001112	103,49726 103,49566 103,49646	1,51999	1,51900
1ª VUELTA HORIZONTE	14	13 (ref)	125,183257 325,191457 125,187357	0,004100	99,651148 300,347463 99,651842	-0,000695	103,49716 103,49946 103,49831	1,51999	1,51900
		16	125,984009 325,987511 125,985760	0,001751	99,732011 300,265376 99,733318	-0,001306	581,29348 581,29288 581,29318	1,51999	1,51900
		15	258,237031 58,237340 258,237186	0,000154	97,034773 302,963267 97,035753	-0,000980	405,02624 405,01854 405,02239	1,94000	1,51900
		13 (ref)	125,192279 325,189951 125,191115	-0,001164	99,652291 300,348004 99,652143	0,000148	103,50006 103,49326 103,49666	1,51999	1,51900
2ª VUELTA HORIZONTE	14	13 (ref)	125,188505 325,188857 125,188681	0,000176	99,651515 300,346878 99,652318	-0,000803	103,49726 103,49806 103,49766	1,51999	1,51900
		16	125,983157 325,984784 125,983970	0,000814	99,736025 300,263055 99,736485	-0,000460	581,29348 581,29438 581,29393	1,51999	1,51900
		15	258,236357 58,238349 258,237353	0,000996	97,034679 302,962617 97,036031	-0,001352	405,02054 405,02454 405,02254	1,94000	1,51900
		13 (ref)	125,187897 325,190910 125,189403	0,001507	99,652819 300,348082 99,652368	0,000451	103,49976 103,50216 103,50096	1,51999	1,51900

1ª VUELTA HORIZONTE	17	18 (ref)	105,501342 305,498774 105,500058	-0,001284	100,403861 299,592163 100,405849	-0,001988	340,73102 340,73532 340,73317	1,51999	1,51300
		12	197,694284 397,691752 197,693018	-0,001266	100,662856 299,329321 100,666767	-0,003911	505,49840 505,49030 505,49435	1,51999	1,51300
		16	300,689860 100,690084 300,689972	0,000112	100,045113 299,954138 100,045487	-0,000374	333,86820 333,87270 333,87045	1,51999	1,51300
		18 (ref)	105,503805 305,499611 105,501708	-0,002097	100,404883 299,590479 100,407202	-0,002319	340,73502 340,73112 340,73307	1,51999	1,51300
2ª VUELTA HORIZONTE	17	18 (ref)	105,502212 305,495095 105,498653	-0,003559	100,405398 299,590857 100,407271	-0,001872	340,73052 340,72932 340,72992	1,51999	1,51300
		12	197,693577 397,687695 197,690636	-0,002941	100,667325 299,328666 100,669329	-0,002005	505,48190 505,47580 505,47885	1,51999	1,51300
		16	300,689838 100,686575 300,688207	-0,001631	99,969099 300,026624 99,971237	-0,002139	333,87080 333,86740 333,86910	1,89500	1,51300
		18 (ref)	105,497626 305,500972 105,499299	0,001673	100,405867 299,590678 100,407595	-0,001728	340,72942 340,73062 340,73002	1,51999	1,51300
1ª VUELTA HORIZONTE	18	24 (ref)	106,959103 306,955552 106,957328	-0,001775	100,397218 299,600179 100,398520	-0,001301	455,80224 455,80434 455,80329	1,51999	1,50800
		10	198,767965 398,768009 198,767987	0,000022	98,850874 301,145230 98,852822	-0,001948	763,26201 763,26271 763,26236	1,51999	1,50800
		11	199,431383 399,429693 199,430538	-0,000845	100,215996 299,780113 100,217941	-0,001945	504,02515 504,01545 504,02030	1,51999	1,50800
		17	305,865657 105,865666 305,865661	0,000004	99,596548 300,401213 99,597667	-0,001120	340,72622 340,72312 340,72467	1,51999	1,50800
		24 (ref)	106,957831 306,957023 106,957427	-0,000404	100,396916 299,600303 100,398306	-0,001391	455,80424 455,80624 455,80524	1,51999	1,50800
		24 (ref)	106,957466 306,952069 106,954767	-0,002698	100,396171 299,601740 100,397215	-0,001045	455,80524 455,81204 455,80864	1,51999	1,50800
2ª VUELTA HORIZONTE	18	10	198,766511 398,765330 198,765921	-0,000591	98,851954 301,147030 98,852462	-0,000508	763,26121 763,25921 763,26021	1,51999	1,50800
		11	199,430551 399,428895 199,429723	-0,000828	100,220073 299,779141 100,220466	-0,000393	504,01945 504,02445 504,02195	1,51999	1,50800
		17	305,866274 105,866605 305,866440	0,000165	99,599725 300,399742 99,599991	-0,000267	340,72622 340,72642 340,72632	1,51999	1,50800
		24 (ref)	106,960542 306,957070 106,958806	-0,001736	100,396849 299,599891 100,398479	-0,001630	455,80744 455,79994 455,80369	1,51999	1,50800
		15 (ref)	105,731031 305,733201 105,732116	0,001085	95,602970 304,398083 95,602443	0,000526	303,85806 303,85406 303,85606	1,51999	1,53400
		13	197,162151 397,160910 197,161531	-0,000620	99,505712 300,493921 99,505896	-0,000183	395,23623 395,22503 395,23063	1,51999	1,53400
1ª VUELTA HORIZONTE	12	17	289,567010 89,571225 289,569117	0,002108	99,347170 300,652104 99,347533	-0,000363	505,48480 505,47850 505,48165	1,51999	1,53400
		11	397,340778 197,338584 397,339681	-0,001097	99,746488 300,255938 99,745275	0,001213	329,70737 329,78827 329,74782	1,51999	1,53400
		15 (ref)	105,731688 305,733121 105,732405	0,000716	95,603483 304,394994 95,604245	-0,000761	303,85926 303,85916 303,85921	1,51999	1,53400
		15 (ref)	105,733692 305,731620 105,732656	-0,001036	95,601721 304,396728 95,602496	-0,000776	303,85996 303,86076 303,86036	1,51999	1,53400
		13	197,164291 397,163804 197,164047	-0,000243	99,505178 300,494805 99,505186	-0,000009	395,23753 395,23463 395,23608	1,51999	1,53400
2ª VUELTA HORIZONTE	12	17	289,571210 89,571059 289,571134	-0,000076	99,347116 300,654705 99,346206	0,000911	505,48470 505,48570 505,48520	1,51999	1,53400
		11	397,341818 197,340468 397,341143	-0,000675	99,743663 300,256064 99,743799	-0,000137	329,72057 329,71037 329,71547	1,51999	1,53400
		15 (ref)	105,732164 305,731628 105,731896	-0,000268	95,602072 304,396668 95,602702	-0,000630	303,85306 303,85396 303,85351	1,51999	1,53400

1ª VUELTA HORIZONTE	24	10 (ref)	27,595079 227,596579 27,595829	0,000750	98,736513 301,261581 98,737466	-0,000953	837,34804 837,33944 837,34374	1,51999	1,45599
		15	47,563571 247,567735 47,565653	0,002082	98,810455 301,184271 98,813092	-0,002637	1109,45070 1109,44540 1109,44805	1,51999	1,45599
		18	99,475110 299,476437 99,475773	0,000664	99,472986 300,525625 99,473680	-0,000695	455,80554 455,81594 455,81074	2,40500	1,45599
		26	390,919673 190,921898 390,920785	0,001113	100,212616 299,784153 100,214232	-0,001616	493,62403 493,61793 493,62098	1,51999	1,45599
		10 (ref)	27,595926 227,593648 27,594787	-0,001139	98,735222 301,263041 98,736091	-0,000868	837,35884 837,36104 837,35994	1,51999	1,45599
2ª VUELTA HORIZONTE	24	10 (ref)	27,596062 227,595520 27,595791	-0,000271	98,740402 301,265127 98,737638	0,002764	837,35044 837,36004 837,35524	1,51999	1,45599
		15	47,568604 247,567079 47,567841	-0,000762	98,816723 301,187194 98,814764	0,001958	1109,44510 1109,44460 1109,44485	1,51999	1,45599
		18	99,475376 299,477680 99,476528	0,001152	99,470253 300,525042 99,472605	-0,002352	455,81744 455,81894 455,81819	2,40500	1,45599
		26	390,921640 190,925271 390,923456	0,001816	100,214697 299,784908 100,214895	-0,000197	493,63673 493,62683 493,63178	1,51999	1,45599
		10 (ref)	27,595435 227,595083 27,595259	-0,000176	98,736436 301,263198 98,736619	-0,000183	837,35784 837,36174 837,35979	1,51999	1,45599
1ª VUELTA HORIZONTE	11	10 (ref)	83,484727 283,486168 83,485448	0,000720	96,157166 303,841117 96,158025	-0,000858	259,67927 259,68007 259,67967	1,54990	1,47000
		15	148,369308 348,368523 148,368915	-0,000392	97,359550 302,635016 97,362267	-0,002717	476,72159 476,71499 476,71829	1,54990	1,47000
		13	191,738135 391,734981 191,736558	-0,001577	99,839496 300,157540 99,840978	-0,001482	724,93800 724,95070 724,94435	1,54990	1,47000
		12	191,833796 391,831919 191,832858	-0,000939	100,240890 299,757242 100,241824	-0,000934	329,70837 329,71467 329,71152	1,54990	1,47000
		18	285,441747 85,440492 285,441120	-0,000627	99,769195 300,231962 99,768617	0,000579	504,02675 504,02835 504,02755	1,54990	1,47000
		26	391,408004 191,408338 391,408171	0,000167	100,371321 299,627067 100,372127	-0,000806	462,61325 462,62355 462,61840	1,54990	1,47000
		10 (ref)	83,485699 283,487567 83,486633	0,000934	96,156293 303,841053 96,157620	-0,001327	259,67627 259,67697 259,67662	1,54990	1,47000
2ª VUELTA HORIZONTE	11	10 (ref)	83,485414 283,486871 83,486143	0,000729	96,158843 303,840477 96,159183	-0,000340	259,67967 259,67767 259,67867	1,54990	1,47000
		15	148,369504 348,367194 148,368349	-0,001155	97,362803 302,635321 97,363741	-0,000938	476,71619 476,71409 476,71514	1,54990	1,47000
		13	191,735575 391,734912 191,735244	-0,000331	99,842000 300,158450 99,841775	0,000225	724,94380 724,94470 724,94425	1,54990	1,47000
		12	191,835151 391,834108 191,834629	-0,000521	100,241272 299,755752 100,242760	-0,001488	329,70857 329,70427 329,70642	1,54990	1,47000
		18	285,442144 85,445095 285,443619	0,001475	99,766478 300,231770 99,767354	-0,000876	504,03365 504,02415 504,02890	1,54990	1,47000
		26	391,406642 191,404346 391,405494	-0,001148	100,371147 299,627316 100,371916	-0,000769	462,60785 462,60875 462,60830	1,54990	1,47000
		10 (ref)	83,485473 283,486307 83,485890	0,000417	96,158567 303,840111 96,159228	-0,000661	259,68607 259,68317 259,68462	1,54990	1,47000

1ª VUELTA HORIZONTE	10	26 (ref)	21,977827 221,975032 21,976430	-0,001397	102,323308 297,675648 102,323830	-0,000522	501,75588 501,75868 501,75728	1,54990	1,51400
		15	249,852281 49,849841 249,851061	-0,001220	99,356143 300,645266 99,355438	0,000705	405,80656 405,80496 405,80576	1,54990	1,51400
		11	348,344734 148,340492 348,342613	-0,002121	103,808856 296,185902 103,811477	-0,002621	259,66937 259,66997 259,66967	1,54990	1,51400
		18	349,635039 149,634859 349,634949	-0,000090	101,154196 298,847597 101,153300	0,000897	763,27011 763,26971 763,26991	1,54990	1,51400
		24	385,946851 185,946513 385,946682	-0,000169	101,268853 298,726901 101,270976	-0,002123	837,35844 837,35524 837,35684	1,54990	1,51400
		26 (ref)	21,976141 221,976807 21,976474	0,000333	102,325101 297,674185 102,325458	-0,000357	501,75568 501,75708 501,75638	1,54990	1,51400
2ª VUELTA HORIZONTE	10	26 (ref)	21,978155 221,979629 21,978892	0,000737	102,325440 297,674729 102,325356	0,000084	501,75938 501,75478 501,75708	1,54990	1,51400
		15	249,853289 49,850298 249,851793	-0,001495	99,354052 300,641017 99,356517	-0,002466	405,81186 405,80696 405,80941	1,54990	1,51400
		11	348,343254 148,342629 348,342941	-0,000313	103,807932 296,191366 103,808283	-0,000351	259,67067 259,66997 259,67032	1,54990	1,51400
		18	349,635103 149,634258 349,634681	-0,000423	101,153596 298,848045 101,152776	0,000820	763,26901 763,27051 763,26976	1,54990	1,51400
		24	385,947676 185,946583 385,947129	-0,000547	101,269994 298,727826 101,271084	-0,001090	837,35964 837,35754 837,35859	1,54990	1,51400
		26 (ref)	21,978615 221,975905 21,977260	-0,001355	102,325728 297,675274 102,325227	0,000501	501,76338 501,75878 501,76108	1,54990	1,51400
1ª VUELTA HORIZONTE	26	10 (ref)	26,329046 226,329547 26,329296	0,000250	97,675801 302,321793 97,677004	-0,001203	501,75458 501,74848 501,75153	1,54990	1,55200
		15	38,771179 238,771631 38,771405	0,000226	98,393529 301,603419 98,395055	-0,001526	886,07877 886,07847 886,07862	1,54990	1,55200
		11	60,614747 260,616372 60,615560	0,000813	99,620789 300,377663 99,621563	-0,000774	462,60755 462,61245 462,61000	1,54990	1,55200
		24	153,633420 353,633065 153,633242	-0,000178	99,783853 300,211143 99,786355	-0,002502	493,61893 493,61843 493,61868	1,54990	1,55200
		10 (ref)	26,328814 226,330106 26,329460	0,000646	97,678844 302,322184 97,678330	0,000514	501,75838 501,75208 501,75523	1,54990	1,55200
2ª VUELTA HORIZONTE	26	10 (ref)	26,329185 226,328548 26,328867	-0,000318	97,674054 302,321401 97,676326	-0,002272	501,75078 501,75418 501,75248	1,54990	1,55200
		15	38,772323 238,773353 38,772838	0,000515	98,393596 301,605658 98,393969	-0,000373	886,07707 886,07587 886,07647	1,54990	1,55200
		11	60,620540 260,618586 60,619563	-0,000977	99,617398 300,379531 99,618934	-0,001536	462,61105 462,61185 462,61145	1,54990	1,55200
		24	153,628941 353,630302 153,629621	0,000680	99,794360 300,207964 99,793198	0,001162	493,61403 493,61453 493,61428	1,54990	1,55200
		10 (ref)	26,331281 226,330759 26,331020	-0,000261	97,677791 302,322082 97,677855	-0,000063	501,75538 501,75058 501,75298	1,54990	1,55200

1ª VUELTA HORIZONTE	15	14 (ref)	132,378177 332,378268 132,378223	0,000045	102,898992 297,102038 102,898477	0,000515	405,01354 405,01654 405,01504	1,54990	1,52400
		12	208,583862 8,590629 208,587246	0,003383	104,405655 295,597348 104,404153	0,001502	303,86816 303,86636 303,86726	1,54990	1,52400
		24	249,418414 49,422240 249,420327	0,001913	101,200257 298,804105 101,198076	0,002181	1109,46190 1109,45550 1109,45870	1,54990	1,52400
		11	256,734961 56,733917 256,734439	-0,000522	102,627033 297,375104 102,625965	0,001069	476,71149 476,71029 476,71089	1,54990	1,52400
		26	277,923599 77,925269 277,924434	0,000835	101,618614 298,380542 101,619036	-0,000422	886,07927 886,06917 886,07422	1,54990	1,52400
		10	293,357578 93,356096 293,356837	-200,000741	100,645760 299,357134 100,644313	0,001447	405,80156 405,80126 405,80141	1,54990	1,52400
		14 (ref)	132,379691 332,377396 132,378543	-0,001147	102,900937 297,100130 102,900404	0,000533	405,00764 405,01004 405,00884	1,54990	1,52400
2ª VUELTA HORIZONTE	15	14 (ref)	132,377245 332,374432 132,375839	-0,001407	102,899909 297,097877 102,901016	-0,001107	405,01314 405,01934 405,01624	1,54990	1,52400
		12	208,589410 8,588826 208,589118	-0,000292	104,404420 295,595036 104,404692	-0,000272	303,87016 303,86756 303,86886	1,54990	1,52400
		24	249,421824 49,421493 249,421658	-0,000165	101,200594 298,800432 101,200081	0,000513	1109,45830 1109,45370 1109,45600	1,54990	1,52400
		11	256,736451 56,737569 256,737010	0,000559	102,627485 297,372812 102,627336	0,000149	476,70659 476,70769 476,70714	1,54990	1,52400
		26	277,927624 77,926121 277,926872	-0,000751	101,617570 298,381507 101,618032	-0,000462	886,08177 886,07997 886,08087	1,54990	1,52400
		10	293,357720 93,358017 293,357869	0,000148	100,644141 299,354015 100,645063	-0,000922	405,77516 405,77446 405,77481	1,54990	1,52400
		14 (ref)	132,381720 332,379526 132,380623	-0,001097	102,900164 297,098760 102,900702	-0,000538	405,01204 405,01134 405,01169	1,54990	1,52400



6.3. INFORME DE RESULTADOS

TOPCAL

14/11/13

Compensación MM.CC. de redes topográficas

Compensación MM.CC. de redes topográficas

Proyecto : VALDELUZ VIRGI

Fecha de cálculo : 14/11/2013 18:09

Sistema de referencia : WGS84

Proyección : UTM - 30N

Elipsoide : WGS-84

Ficheros utilizados

Puntos

PUNTOS,pts

Visuales

OBSERVACIONES,obs

Características de la red

Tipo de red :	Triangulateración
Observaciones de dirección :	92
Observaciones de distancia :	92
Observaciones de altimetría :	92
Ecuaciones de observación :	276
Número de incógnitas de planimetría :	14
Número de incógnitas de desorientación :	11
Número de incógnitas de altimetría :	10
Parámetros sistemáticos de distancia :	1
Número total de incógnitas :	36
Número de vértices fijos de planimetría :	4
Número de vértices fijos de altimetría :	1
Número total de vértices :	11
Error kilométrico a priori :	0,050 metros
Desviación estándar a priori :	1.000
Desviación estándar estimada planimétrica :	1.564
Varianza estimada planimétrica :	2,446
Desviación estándar estimada altimétrica :	1,220
Varianza estimada altimétrica :	1.488

Los residuos sin ponderar están en segundos para las direcciones

Los residuos sin ponderar están en metros para las distancias

Los residuos sin ponderar están en metros para los desniveles

Factor de escala calculado para distancias medidas 11.076 ppm \pm 2.764

Coordenadas iniciales

Número	X	Y	Z	Tipo
10	490217,849	4493734,063	930,456	P
11	490406,612	4493556,628	914,911	Incógnita
12	490661,762	4493765,158	913,549	Incógnita
13	490966,930	4494015,970	916,691	Incógnita
14	490900,386	4494095,172	916,147	Incógnita
15	490502,536	4494022,903	934,567	AP
16	491268,558	4493645,773	918,602	P
17	491026,700	4493415,831	918,802	Incógnita
18	490762,888	4493200,504	916,664	Incógnita

24	490405,039	4492918,523	913,789	P
26	490050,584	4493261,657	912,124	Incógnita

Pesos y residuos de las observaciones planimétricas

Estación	Visado	Lectura	Error a priori	Residuo ponderado	Residuo sin ponderar	Clase
10	11	348,3426	14,57	0,48	6,97	Dirección
10	11	348,3429	14,57	0,25	3,69	Dirección
10	15	249,8511	12,16	-0,12	-1,43	Dirección
10	15	249,8518	12,16	-0,72	-8,75	Dirección
10	18	349,6347	10,77	-0,19	-2,09	Dirección
10	18	349,6349	10,77	-0,44	-4,77	Dirección
10	24	385,9467	10,67	1,75	18,69	Dirección
10	24	385,9471	10,67	1,33	14,21	Dirección
10	26	21,9765	11,51	-0,45	-5,15	Dirección
10	26	21,9781	11,51	-1,86	-21,39	Dirección
11	10	83,4860	14,57	-0,63	-9,17	Dirección
11	10	83,4860	14,57	-0,65	-9,41	Dirección
11	12	191,8329	13,06	0,15	1,90	Dirección
11	12	191,8346	13,06	-1,21	-15,81	Dirección
11	13	191,7352	10,83	2,19	23,69	Dirección
11	13	191,7366	10,83	0,97	10,55	Dirección
11	15	148,3683	11,65	1,63	18,98	Dirección
11	15	148,3689	11,65	1,14	13,31	Dirección
11	18	285,4411	11,50	-0,76	-8,72	Dirección
11	18	285,4436	11,50	-2,93	-33,71	Dirección
11	26	391,4055	11,73	1,50	17,58	Dirección
11	26	391,4082	11,73	-0,78	-9,19	Dirección
12	11	397,3397	13,06	0,20	2,55	Dirección
12	11	397,3411	13,06	-0,92	-12,06	Dirección
12	13	197,1615	12,26	2,74	33,57	Dirección
12	13	197,1640	12,26	0,69	8,40	Dirección
12	15	105,7323	13,52	-0,68	-9,25	Dirección
12	15	105,7323	13,52	-0,70	-9,41	Dirección
12	17	289,5691	11,49	0,28	3,19	Dirección
12	17	289,5711	11,49	-1,48	-16,98	Dirección
13	11	305,1386	10,83	-1,92	-20,84	Dirección
13	11	305,1388	10,83	-2,12	-22,98	Dirección
13	12	305,0544	12,26	2,04	25,04	Dirección
13	12	305,0582	12,26	-1,08	-13,20	Dirección
13	14	4,3649	28,02	1,24	34,78	Dirección
13	14	4,3669	28,02	0,54	15,18	Dirección
13	16	205,3279	11,64	-0,20	-2,34	Dirección
13	16	205,3292	11,64	-1,34	-15,64	Dirección
14	13	125,1890	28,02	1,28	35,90	Dirección
14	13	125,1892	28,02	1,21	33,96	Dirección
14	15	258,2372	12,17	0,28	3,38	Dirección
14	15	258,2374	12,17	0,14	1,70	Dirección
14	16	125,9840	11,18	-2,55	-28,53	Dirección
14	16	125,9858	11,18	-4,15	-46,42	Dirección

15	10	293,3568	12,16	-0,27	-3,31	Dirección
15	10	293,3579	12,16	-1,12	-13,63	Dirección
15	11	256,7344	11,65	-0,34	-3,94	Dirección
15	11	256,7370	11,65	-2,55	-29,65	Dirección
15	12	208,5872	13,52	0,74	10,00	Dirección
15	12	208,5891	13,52	-0,64	-8,72	Dirección
15	14	132,3782	12,17	-0,04	-0,46	Dirección
15	14	132,3784	12,17	-0,16	-1,98	Dirección
15	24	249,4203	10,46	2,78	29,08	Dirección
15	24	249,4217	10,46	1,51	15,76	Dirección
15	26	277,9244	10,62	1,47	15,62	Dirección
15	26	277,9269	10,62	-0,83	-8,76	Dirección
16	13	302,4930	11,64	-1,35	-15,71	Dirección
16	13	302,4938	11,64	-2,03	-23,57	Dirección
16	14	302,3208	11,18	-0,19	-2,17	Dirección
16	14	302,3214	11,18	-0,71	-7,91	Dirección
16	17	197,6211	13,00	2,11	27,45	Dirección
16	17	197,6217	13,00	1,69	21,91	Dirección
17	12	197,6906	11,49	-0,36	-4,15	Dirección
17	12	197,6930	11,49	-2,44	-27,98	Dirección
17	16	300,6882	13,00	0,53	6,89	Dirección
17	16	300,6900	13,00	-0,83	-10,76	Dirección
17	18	105,4990	12,90	2,14	27,54	Dirección
17	18	105,5009	12,90	0,66	8,47	Dirección
18	10	198,7659	10,77	0,85	9,10	Dirección
18	10	198,7680	10,77	-1,07	-11,56	Dirección
18	11	199,4297	11,50	0,95	10,95	Dirección
18	11	199,4305	11,50	0,24	2,80	Dirección
18	17	305,8657	12,90	-0,80	-10,34	Dirección
18	17	305,8664	12,90	-1,41	-18,13	Dirección
18	24	106,9568	11,77	0,98	11,54	Dirección
18	24	106,9574	11,77	0,48	5,64	Dirección
24	10	27,5953	10,67	0,61	6,54	Dirección
24	10	27,5955	10,67	0,41	4,37	Dirección
24	15	47,5657	10,46	-0,57	-5,94	Dirección
24	15	47,5678	10,46	-2,66	-27,82	Dirección
24	18	99,4758	11,77	-2,36	-27,79	Dirección
24	18	99,4765	11,77	-3,00	-35,34	Dirección
24	26	390,9208	11,55	4,88	56,34	Dirección
24	26	390,9235	11,55	2,57	29,64	Dirección
26	10	26,3294	11,51	-0,83	-9,52	Dirección
26	10	26,3299	11,51	-1,32	-15,17	Dirección
26	11	60,6156	11,73	2,04	23,93	Dirección
26	11	60,6196	11,73	-1,37	-16,10	Dirección
26	15	38,7714	10,62	1,41	14,94	Dirección
26	15	38,7728	10,62	0,06	0,61	Dirección
26	24	153,6296	11,55	1,62	18,76	Dirección
26	24	153,6332	11,55	-1,51	-17,45	Dirección
10	11	259,670	0,007	0,24	0,002	Distancia

14/11/03

Compensación MM,CC, de redes topográficas

10	11	259,670	0,007	0,03	0,000	Distancia
10	15	405,806	0,007	-1,19	-0,008	Distancia
10	15	405,809	0,007	-1,72	-0,012	Distancia
10	18	763,270	0,007	-0,41	-0,003	Distancia
10	18	763,270	0,007	-0,42	-0,003	Distancia
10	24	837,357	0,007	1,63	0,012	Distancia
10	24	837,359	0,007	1,40	0,010	Distancia
10	26	501,757	0,007	-0,91	-0,007	Distancia
10	26	501,759	0,007	-1,20	-0,009	Distancia
11	10	259,682	0,007	-0,38	-0,003	Distancia
11	10	259,678	0,007	0,17	0,001	Distancia
11	12	329,712	0,007	-0,87	-0,006	Distancia
11	12	329,706	0,007	-0,14	-0,001	Distancia
11	13	724,944	0,007	-1,93	-0,014	Distancia
11	13	724,944	0,007	-1,94	-0,014	Distancia
11	15	476,715	0,007	-0,94	-0,007	Distancia
11	15	476,718	0,007	-1,32	-0,009	Distancia
11	18	504,028	0,007	-1,15	-0,008	Distancia
11	18	504,029	0,007	-1,33	-0,010	Distancia
11	26	462,608	0,007	-0,49	-0,003	Distancia
11	26	462,618	0,007	-1,91	-0,014	Distancia
12	11	329,748	0,007	-6,07	-0,042	Distancia
12	11	329,715	0,007	-1,40	-0,010	Distancia
12	13	395,231	0,007	0,96	0,007	Distancia
12	13	395,236	0,007	0,18	0,001	Distancia
12	15	303,858	0,007	-0,93	-0,006	Distancia
12	15	303,857	0,007	-0,80	-0,005	Distancia
12	17	505,482	0,007	0,29	0,002	Distancia
12	17	505,485	0,007	-0,19	-0,001	Distancia
13	11	724,940	0,007	-1,40	-0,010	Distancia
13	11	724,945	0,007	-1,99	-0,014	Distancia
13	12	395,241	0,007	-0,42	-0,003	Distancia
13	12	395,245	0,007	-1,07	-0,007	Distancia
13	14	103,497	0,007	0,97	0,007	Distancia
13	14	103,498	0,007	0,89	0,006	Distancia
13	16	477,803	0,007	-2,81	-0,020	Distancia
13	16	477,801	0,007	-2,52	-0,018	Distancia
14	13	103,499	0,007	0,65	0,004	Distancia
14	13	103,497	0,007	0,92	0,006	Distancia
14	15	405,022	0,008	-0,23	-0,002	Distancia
14	15	405,023	0,008	-0,26	-0,002	Distancia
14	16	581,294	0,007	-2,36	-0,017	Distancia
14	16	581,293	0,007	-2,23	-0,016	Distancia
15	10	405,801	0,007	-0,60	-0,004	Distancia
15	10	405,775	0,007	3,18	0,022	Distancia
15	11	476,711	0,007	-0,94	-0,007	Distancia
15	11	476,707	0,007	-0,35	-0,003	Distancia
15	12	303,867	0,007	-2,05	-0,014	Distancia
15	12	303,869	0,007	-2,26	-0,016	Distancia

14/11/03

Compensación MM,CC, de redes topográficas

15	14	405,014	0,007	-1,84	-0,013	Distancia
15	14	405,012	0,007	-1,61	-0,011	Distancia
15	24	1109,459	0,008	2,10	0,016	Distancia
15	24	1109,456	0,008	2,53	0,020	Distancia
15	26	886,074	0,007	-0,94	-0,007	Distancia
15	26	886,081	0,007	-1,87	-0,014	Distancia
16	13	477,806	0,007	-3,21	-0,023	Distancia
16	13	477,809	0,007	-3,59	-0,025	Distancia
16	14	581,298	0,007	-2,90	-0,021	Distancia
16	14	581,295	0,007	-2,54	-0,018	Distancia
16	17	333,874	0,007	3,93	0,027	Distancia
16	17	333,876	0,007	3,60	0,025	Distancia
17	12	505,479	0,007	0,85	0,006	Distancia
17	12	505,494	0,007	-1,37	-0,010	Distancia
17	16	333,869	0,008	4,07	0,032	Distancia
17	16	333,870	0,007	4,38	0,030	Distancia
17	18	340,730	0,007	-0,64	-0,004	Distancia
17	18	340,733	0,007	-1,10	-0,008	Distancia
18	10	763,260	0,007	0,92	0,007	Distancia
18	10	763,262	0,007	0,61	0,004	Distancia
18	11	504,022	0,007	-0,42	-0,003	Distancia
18	11	504,020	0,007	-0,20	-0,001	Distancia
18	17	340,725	0,007	0,10	0,001	Distancia
18	17	340,726	0,007	-0,15	-0,001	Distancia
18	24	455,806	0,007	6,82	0,048	Distancia
18	24	455,804	0,007	7,10	0,050	Distancia
24	10	837,352	0,007	2,27	0,017	Distancia
24	10	837,358	0,007	1,49	0,011	Distancia
24	15	1109,448	0,008	3,37	0,026	Distancia
24	15	1109,445	0,008	3,72	0,028	Distancia
24	18	455,811	0,009	5,49	0,050	Distancia
24	18	455,818	0,009	4,68	0,043	Distancia
24	26	493,621	0,007	-2,18	-0,015	Distancia
24	26	493,632	0,007	-3,71	-0,026	Distancia
26	10	501,753	0,007	-0,38	-0,003	Distancia
26	10	501,753	0,007	-0,26	-0,002	Distancia
26	11	462,610	0,007	-0,68	-0,005	Distancia
26	11	462,611	0,007	-0,86	-0,006	Distancia
26	15	886,079	0,007	-1,89	-0,014	Distancia
26	15	886,076	0,007	-1,56	-0,012	Distancia
26	24	493,614	0,007	-1,24	-0,009	Distancia
26	24	493,619	0,007	-1,83	-0,013	Distancia

Correcciones, precisiones y elipses de error planimétricas

Número	Correcciones		Precisiones		Semiejes elipses de error		
	X	Y	X	Y	Mayor	Menor	Orientación
11	-0,007	-0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	72,9245
12	0,007	-0,000	0,003	0,003	0,003	0,003	119,3433
13	-0,002	0,022	0,004	0,004	0,004	0,004	70,5467
14	-0,003	0,015	0,004	0,004	0,004	0,004	145,8606

17	0,010	-0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	138,8801
18	-0,009	-0,020	0,004	0,004	0,004	0,004	145,7746
26	-0,022	-0,006	0,004	0,004	0,004	0,003	75,1856

Test de Baarda planimétrico

Estación	Visado	Desv. Tip. Observ.	Desv. Tip. Residuo	Residuo sin Pond.	Residuo tipificado	Clase
13	12	0,004	0,010	-0,000	0,00	Distancia
11	13	6,360	15,701	0,09	0,01	Dirección
26	11	0,004	0,010	0,000	0,04	Distancia
13	14	0,004	0,010	0,000	0,04	Distancia
10	18	6,412	15,574	0,75	0,05	Dirección
14	13	0,004	0,010	0,001	0,06	Distancia
10	26	0,003	0,011	0,001	0,06	Distancia
12	11	0,003	0,010	0,001	0,06	Distancia
15	26	0,003	0,011	-0,001	0,06	Distancia
16	13	8,217	16,239	-1,11	0,07	Dirección
18	11	0,004	0,010	0,001	0,08	Distancia
14	15	10,439	15,910	1,26	0,08	Dirección
12	17	0,004	0,010	0,001	0,08	Distancia
15	12	7,897	19,622	-1,60	0,08	Dirección
11	13	0,004	0,011	-0,001	0,08	Distancia
13	14	20,402	38,783	3,32	0,09	Dirección
13	14	0,004	0,010	0,001	0,09	Distancia
11	13	0,004	0,011	-0,001	0,09	Distancia
10	24	0,002	0,011	0,001	0,10	Distancia
11	18	7,652	16,271	-1,70	0,10	Dirección
15	11	0,003	0,011	-0,001	0,11	Distancia
16	17	9,699	17,864	2,03	0,11	Dirección
16	14	8,101	15,499	-1,78	0,11	Dirección
13	11	0,004	0,011	-0,001	0,12	Distancia
10	26	0,003	0,011	-0,001	0,13	Distancia
14	13	0,004	0,010	-0,001	0,13	Distancia
26	10	7,065	16,556	2,28	0,14	Dirección
10	24	6,100	15,533	2,31	0,15	Dirección
24	10	0,002	0,011	0,002	0,15	Distancia
15	10	5,559	18,181	-2,86	0,16	Dirección
26	11	0,004	0,010	0,002	0,16	Distancia
11	10	8,380	21,180	3,69	0,17	Dirección
14	15	10,439	15,910	2,94	0,18	Dirección
11	10	8,380	21,180	3,93	0,19	Dirección
11	12	7,918	18,830	3,56	0,19	Dirección
15	26	5,881	15,530	2,96	0,19	Dirección
14	16	9,515	14,674	2,93	0,20	Dirección
24	15	6,286	15,099	-3,09	0,20	Dirección
10	18	6,412	15,574	3,43	0,22	Dirección
18	11	0,004	0,010	0,002	0,23	Distancia
17	12	8,856	15,635	3,66	0,23	Dirección
17	16	10,703	17,281	-4,09	0,24	Dirección
10	24	0,002	0,011	0,003	0,25	Distancia

16/11/13

Compensación MM,CC, de redes topográficas

12	17	0,004	0,010	-0,003	0,25	Distancia
15	11	6,160	17,140	4,36	0,25	Dirección
16	14	8,101	15,499	3,97	0,26	Dirección
10	11	0,003	0,010	-0,003	0,27	Distancia
26	24	0,004	0,010	-0,003	0,27	Distancia
13	11	0,004	0,011	0,003	0,28	Distancia
11	26	0,004	0,010	0,003	0,29	Distancia
11	10	0,003	0,010	-0,003	0,31	Distancia
11	26	8,178	16,418	-5,20	0,32	Dirección
18	11	7,379	16,396	5,22	0,32	Dirección
10	18	0,003	0,011	-0,004	0,33	Distancia
15	24	0,003	0,012	0,004	0,33	Distancia
10	18	0,003	0,011	-0,004	0,34	Distancia
18	10	0,003	0,011	0,004	0,36	Distancia
12	13	9,107	16,864	6,34	0,38	Dirección
26	15	6,435	15,308	5,82	0,38	Dirección
10	26	7,102	16,541	6,45	0,39	Dirección
12	11	9,550	18,058	7,07	0,39	Dirección
10	11	0,003	0,010	-0,004	0,40	Distancia
12	13	0,004	0,010	0,004	0,41	Distancia
11	12	0,003	0,010	0,004	0,41	Distancia
11	18	0,004	0,011	-0,004	0,42	Distancia
26	10	0,003	0,011	0,005	0,42	Distancia
16	17	9,699	17,864	7,58	0,42	Dirección
10	24	6,100	15,533	6,79	0,44	Dirección
12	17	8,746	15,697	-6,97	0,44	Dirección
13	12	0,004	0,010	-0,005	0,44	Distancia
18	10	6,739	15,435	-6,97	0,45	Dirección
18	24	8,210	16,479	7,44	0,45	Dirección
24	26	7,233	16,552	7,60	0,46	Dirección
17	12	0,004	0,010	0,005	0,46	Distancia
24	10	6,286	15,458	7,22	0,47	Dirección
12	15	0,003	0,010	-0,005	0,47	Distancia
26	15	0,003	0,011	-0,005	0,48	Distancia
26	10	7,065	16,556	7,93	0,48	Dirección
13	16	0,004	0,010	-0,005	0,49	Distancia
13	12	8,392	17,231	8,49	0,49	Dirección
11	15	0,003	0,011	-0,005	0,50	Distancia
26	10	0,003	0,011	0,005	0,50	Distancia
15	11	0,003	0,011	-0,005	0,50	Distancia
11	18	0,004	0,011	-0,006	0,54	Distancia
14	15	0,004	0,012	-0,006	0,55	Distancia
16	13	8,217	16,239	-8,97	0,55	Dirección
18	10	0,003	0,011	0,006	0,56	Distancia
12	15	0,003	0,010	-0,006	0,57	Distancia
14	15	0,004	0,012	-0,007	0,57	Distancia
26	11	7,170	16,883	-9,94	0,59	Dirección
13	14	20,402	38,783	22,92	0,59	Dirección
10	26	7,102	16,541	-9,79	0,59	Dirección

24	10	6.286	15.458	9.39	0.61	Dirección
24	18	7.438	16.841	-10.32	0.61	Dirección
10	11	8.096	21.290	13.12	0.62	Dirección
15	24	0.003	0.012	0.007	0.62	Distancia
12	15	9.681	18.805	-12.05	0.64	Dirección
12	15	9.681	18.805	-12.21	0.65	Dirección
14	13	19.619	39.185	25.66	0.65	Dirección
24	10	0.002	0.011	0.007	0.66	Distancia
11	26	0.004	0.010	-0.007	0.67	Distancia
26	24	0.004	0.010	-0.007	0.68	Distancia
11	10	0.003	0.010	-0.007	0.68	Distancia
15	26	0.003	0.011	-0.008	0.69	Distancia
13	16	0.004	0.010	-0.007	0.69	Distancia
26	15	0.003	0.011	-0.008	0.70	Distancia
14	13	19.619	39.185	27.60	0.70	Dirección
15	10	5.559	18.181	-13.18	0.72	Dirección
10	15	6.100	18.007	-13.33	0.74	Dirección
11	15	0.003	0.011	-0.008	0.75	Distancia
11	12	7.918	18.830	-14.15	0.75	Dirección
11	15	6.318	17.082	12.93	0.76	Dirección
26	24	8.287	16.050	-12.18	0.76	Dirección
10	11	8.096	21.290	16.40	0.77	Dirección
17	18	10.492	17.226	13.57	0.79	Dirección
15	10	0.001	0.011	-0.009	0.79	Distancia
18	24	8.210	16.479	13.35	0.81	Dirección
18	11	7.379	16.396	13.37	0.82	Dirección
11	13	6.360	15.701	-13.06	0.83	Dirección
12	17	8.746	15.697	13.21	0.84	Dirección
14	16	0.004	0.010	-0.009	0.86	Distancia
18	10	6.739	15.435	13.70	0.89	Dirección
11	12	0.003	0.010	0.009	0.90	Distancia
24	26	0.004	0.010	-0.009	0.91	Distancia
12	13	0.004	0.010	0.010	0.93	Distancia
14	16	0.004	0.010	-0.010	0.94	Distancia
16	13	0.004	0.010	-0.010	0.96	Distancia
14	16	9.515	14.674	-14.96	1.02	Dirección
15	12	7.897	19.622	-20.32	1.04	Dirección
15	24	5.559	15.382	16.21	1.05	Dirección
24	18	7.438	16.841	-17.86	1.06	Dirección
17	12	0.004	0.010	-0.011	1.06	Distancia
16	14	0.004	0.010	-0.011	1.07	Distancia
13	11	7.598	15.141	-16.30	1.08	Dirección
11	15	6.318	17.082	18.60	1.09	Dirección
12	13	9.107	16.864	-18.83	1.12	Dirección
10	15	6.100	18.007	-20.65	1.15	Dirección
24	15	0.003	0.012	0.014	1.17	Distancia
10	15	0.001	0.011	-0.013	1.17	Distancia
12	11	9.550	18.058	21.68	1.20	Dirección
13	11	7.598	15.141	-18.44	1.22	Dirección

14/11/13

Compensación MM.CC. de redes topográficas

16	13	0,004	0,010	-0,013	1,22	Distancia
15	11	6,160	17,140	-21,35	1,25	Dirección
17	16	10,703	17,281	-21,74	1,26	Dirección
17	12	8,856	15,635	-20,16	1,29	Dirección
13	16	8,729	15,970	20,73	1,30	Dirección
16	14	0,004	0,010	-0,014	1,31	Distancia
11	26	8,178	16,418	21,57	1,31	Dirección
26	15	6,435	15,308	20,15	1,32	Dirección
15	12	0,003	0,010	-0,014	1,32	Distancia
24	18	0,004	0,014	0,018	1,32	Distancia
17	18	0,004	0,010	0,014	1,36	Distancia
15	14	7,334	17,559	-23,92	1,36	Dirección
24	15	0,003	0,012	0,016	1,40	Distancia
18	17	9,523	17,780	-25,11	1,41	Dirección
15	14	7,334	17,559	-25,44	1,45	Dirección
15	12	0,003	0,010	-0,015	1,46	Distancia
10	15	0,001	0,011	-0,017	1,51	Distancia
15	14	0,004	0,010	-0,016	1,55	Distancia
15	10	0,001	0,011	0,018	1,64	Distancia
11	18	7,652	16,271	-26,70	1,64	Dirección
24	15	6,286	15,099	-24,97	1,65	Dirección
17	18	0,004	0,010	0,017	1,68	Distancia
16	17	0,004	0,010	0,017	1,69	Distancia
15	14	0,004	0,010	-0,017	1,70	Distancia
13	12	8,392	17,231	-29,76	1,73	Dirección
15	26	5,881	15,530	27,34	1,76	Dirección
26	11	7,170	16,883	30,10	1,78	Dirección
18	17	9,523	17,780	-32,89	1,85	Dirección
24	18	0,004	0,014	0,025	1,86	Distancia
17	18	10,492	17,226	32,64	1,90	Dirección
16	17	0,004	0,010	0,019	1,92	Distancia
15	24	5,559	15,382	29,53	1,92	Dirección
24	26	0,004	0,010	-0,020	1,97	Distancia
18	17	0,004	0,010	0,020	2,03	Distancia
17	16	0,004	0,011	0,024	2,07	Distancia
24	26	7,233	16,552	34,30	2,07	Dirección
13	16	8,729	15,970	34,03	2,13	Dirección
18	17	0,004	0,010	0,022	2,20	Distancia
17	16	0,004	0,010	0,022	2,23	Distancia
18	24	0,004	0,010	0,023	2,29	Distancia
18	24	0,004	0,010	0,025	2,48	Distancia
26	24	8,287	16,050	-48,39	3,02	Dirección
12	11	0,003	0,010	-0,032	3,09	Distancia

: Marca para aquellas observaciones que superan el límite crítico de 3.29

Pesos y residuos de las observaciones altimétricas

Estación	Visado	Lectura	Error a priori	Residuo ponderado	Residuo sin ponderar	Clase
10	11	-15,569	0,013	1,88	0,024	Desnivel
10	11	-15,556	0,013	0,88	0,011	Desnivel

14/1/13

Compensación MM.CC. de redes topográficas

10	15	4,082	0,020	1,40	0,028	Desnivel
10	15	4,075	0,020	1,73	0,035	Desnivel
10	18	-13,822	0,038	0,80	0,030	Desnivel
10	18	-13,829	0,038	0,96	0,037	Desnivel
10	24	-16,711	0,042	1,05	0,044	Desnivel
10	24	-16,713	0,042	1,08	0,045	Desnivel
10	26	-18,339	0,025	0,25	0,006	Desnivel
10	26	-18,344	0,025	0,46	0,012	Desnivel
11	10	15,582	0,013	-2,89	-0,037	Desnivel
11	10	15,588	0,013	-3,30	-0,043	Desnivel
11	12	-1,325	0,016	-2,24	-0,037	Desnivel
11	12	-1,330	0,016	-1,95	-0,032	Desnivel
11	13	1,753	0,036	0,73	0,026	Desnivel
11	13	1,762	0,036	0,48	0,017	Desnivel
11	15	19,669	0,024	-0,59	-0,014	Desnivel
11	15	19,681	0,024	-1,06	-0,025	Desnivel
11	18	1,768	0,025	-0,59	-0,015	Desnivel
11	18	1,778	0,025	-0,98	-0,025	Desnivel
11	26	-2,769	0,023	-0,81	-0,019	Desnivel
11	26	-2,771	0,023	-0,74	-0,017	Desnivel
12	11	1,340	0,016	1,35	0,022	Desnivel
12	11	1,347	0,016	0,90	0,015	Desnivel
12	13	3,091	0,020	2,58	0,051	Desnivel
12	13	3,095	0,020	2,36	0,047	Desnivel
12	15	20,988	0,015	1,96	0,030	Desnivel
12	15	20,991	0,015	1,73	0,026	Desnivel
12	17	5,209	0,025	1,70	0,043	Desnivel
12	17	5,220	0,025	1,28	0,032	Desnivel
13	11	-1,777	0,036	-0,07	-0,002	Desnivel
13	11	-1,770	0,036	-0,26	-0,010	Desnivel
13	12	-3,124	0,020	-0,89	-0,018	Desnivel
13	12	-3,135	0,020	-0,34	-0,007	Desnivel
13	14	-0,545	0,005	0,04	0,000	Desnivel
13	14	-0,543	0,005	-0,22	-0,001	Desnivel
13	16	1,898	0,024	0,55	0,013	Desnivel
13	16	1,898	0,024	0,54	0,013	Desnivel
14	13	0,565	0,005	-3,97	-0,021	Desnivel
14	13	0,565	0,005	-4,08	-0,021	Desnivel
14	15	18,440	0,020	-1,00	-0,020	Desnivel
14	15	18,439	0,020	-0,92	-0,019	Desnivel
14	16	2,425	0,029	1,05	0,031	Desnivel
14	16	2,454	0,029	0,06	0,002	Desnivel
15	10	-4,123	0,020	0,63	0,013	Desnivel
15	10	-4,128	0,020	0,85	0,017	Desnivel
15	11	-19,671	0,024	0,64	0,015	Desnivel
15	11	-19,681	0,024	1,07	0,025	Desnivel
15	12	-21,025	0,015	0,52	0,008	Desnivel
15	12	-21,028	0,015	0,70	0,011	Desnivel
15	14	-18,465	0,020	2,22	0,045	Desnivel

14/11/13

Compensación MM.CC. de redes topográficas

15	14	-18,456	0,020	1,77	0,036	Desnivel
15	24	-20,832	0,055	0,98	0,054	Desnivel
15	24	-20,867	0,055	1,61	0,089	Desnivel
15	26	-22,512	0,044	1,56	0,069	Desnivel
15	26	-22,498	0,044	1,25	0,055	Desnivel
16	13	-1,946	0,024	1,46	0,035	Desnivel
16	13	-1,955	0,024	1,84	0,044	Desnivel
16	14	-2,483	0,029	0,94	0,027	Desnivel
16	14	-2,473	0,029	0,59	0,017	Desnivel
16	17	0,172	0,017	1,67	0,028	Desnivel
16	17	0,171	0,017	1,72	0,029	Desnivel
17	12	-5,307	0,025	2,15	0,054	Desnivel
17	12	-5,286	0,025	1,35	0,034	Desnivel
17	16	-0,225	0,017	1,50	0,025	Desnivel
17	16	-0,239	0,017	2,37	0,039	Desnivel
17	18	-2,181	0,017	2,55	0,043	Desnivel
17	18	-2,176	0,017	2,27	0,039	Desnivel
18	10	13,779	0,038	0,33	0,013	Desnivel
18	10	13,775	0,038	0,45	0,017	Desnivel
18	11	-1,743	0,025	-0,41	-0,010	Desnivel
18	11	-1,723	0,025	-1,20	-0,030	Desnivel
18	17	2,148	0,017	-0,63	-0,011	Desnivel
18	17	2,136	0,017	0,10	0,002	Desnivel
18	24	-2,848	0,023	-1,19	-0,027	Desnivel
18	24	-2,852	0,023	-1,02	-0,023	Desnivel
24	10	16,591	0,042	1,83	0,077	Desnivel
24	10	16,586	0,042	1,94	0,081	Desnivel
24	15	20,691	0,055	1,58	0,087	Desnivel
24	15	20,662	0,055	2,10	0,117	Desnivel
24	18	2,831	0,023	1,94	0,044	Desnivel
24	18	2,839	0,023	1,60	0,036	Desnivel
24	26	-1,711	0,025	1,86	0,046	Desnivel
24	26	-1,716	0,025	2,07	0,051	Desnivel
26	10	18,316	0,025	0,66	0,017	Desnivel
26	10	18,321	0,025	0,48	0,012	Desnivel
26	11	2,764	0,023	1,01	0,023	Desnivel
26	11	2,784	0,023	0,18	0,004	Desnivel
26	15	22,384	0,044	1,35	0,060	Desnivel
26	15	22,399	0,044	1,01	0,045	Desnivel
26	24	1,620	0,025	1,84	0,045	Desnivel
26	24	1,673	0,025	-0,31	-0,008	Desnivel

Correcciones y precisiones altimétricas

Número	Corrección Z	Precisión Z
10	0,007	0,008
11	-0,019	0,007
12	0,008	0,007
13	-0,019	0,008
14	-0,028	0,008
16	-0,006	0,011

17	0,003	0,010
18	-0,017	0,010
24	0,017	0,012
26	0,002	0,010

Test de Baarda altimétrico

Estación	Visado	Desv.Tip. Observ.	Desv.Tip. Residuo	Residuo sin Pond.	Residuo tipificado	Clase
10	26	0,009	0,029	0,002	0,05	Desnivel
13	11	0,009	0,043	-0,002	0,06	Desnivel
10	11	0,006	0,014	-0,001	0,07	Desnivel
11	26	0,009	0,027	0,002	0,07	Desnivel
24	18	0,011	0,026	0,002	0,09	Desnivel
26	11	0,009	0,027	0,003	0,10	Desnivel
15	11	0,007	0,028	-0,003	0,12	Desnivel
16	14	0,010	0,034	0,004	0,13	Desnivel
11	26	0,009	0,027	0,004	0,13	Desnivel
10	18	0,010	0,045	0,007	0,15	Desnivel
16	14	0,010	0,034	-0,006	0,16	Desnivel
11	15	0,007	0,028	0,005	0,17	Desnivel
13	11	0,009	0,043	-0,009	0,22	Desnivel
11	15	0,007	0,028	-0,006	0,23	Desnivel
10	26	0,009	0,029	0,007	0,23	Desnivel
15	11	0,007	0,028	0,007	0,24	Desnivel
12	11	0,007	0,019	-0,005	0,24	Desnivel
26	24	0,011	0,028	0,007	0,27	Desnivel
18	24	0,011	0,026	0,007	0,27	Desnivel
11	12	0,007	0,019	-0,005	0,28	Desnivel
10	18	0,010	0,045	0,013	0,28	Desnivel
15	14	0,008	0,023	0,007	0,32	Desnivel
14	15	0,008	0,023	0,008	0,35	Desnivel
24	18	0,011	0,026	0,010	0,39	Desnivel
11	13	0,009	0,043	0,017	0,40	Desnivel
18	11	0,009	0,029	-0,012	0,40	Desnivel
13	12	0,008	0,023	0,009	0,41	Desnivel
14	15	0,008	0,023	0,010	0,43	Desnivel
18	24	0,011	0,026	0,011	0,43	Desnivel
11	18	0,009	0,029	-0,013	0,45	Desnivel
18	17	0,009	0,019	0,009	0,49	Desnivel
11	12	0,007	0,019	-0,010	0,54	Desnivel
26	10	0,009	0,029	0,017	0,58	Desnivel
11	13	0,009	0,043	0,026	0,61	Desnivel
26	11	0,009	0,027	-0,016	0,62	Desnivel
12	11	0,007	0,019	-0,012	0,64	Desnivel
15	14	0,008	0,023	0,016	0,71	Desnivel
14	16	0,010	0,034	0,024	0,72	Desnivel
26	10	0,009	0,029	0,021	0,73	Desnivel
16	13	0,009	0,028	0,022	0,79	Desnivel
11	18	0,009	0,029	-0,023	0,79	Desnivel
18	10	0,010	0,045	0,037	0,80	Desnivel

14/11/13

Compensación MM.CC. de redes topográficas

26	15	0,010	0,053	0,043	0,81	Desnivel
15	10	0,008	0,023	0,019	0,83	Desnivel
11	10	0,006	0,014	-0,012	0,83	Desnivel
12	13	0,008	0,023	0,020	0,87	Desnivel
13	12	0,008	0,023	0,020	0,89	Desnivel
18	10	0,010	0,045	0,041	0,90	Desnivel
17	16	0,009	0,018	0,017	0,90	Desnivel
12	17	0,010	0,029	0,027	0,92	Desnivel
10	15	0,008	0,023	0,022	0,93	Desnivel
15	12	0,007	0,017	0,016	0,93	Desnivel
13	16	0,009	0,028	0,026	0,94	Desnivel
13	16	0,009	0,028	0,026	0,95	Desnivel
10	11	0,006	0,014	-0,014	0,97	Desnivel
17	18	0,009	0,019	0,019	1,00	Desnivel
15	10	0,008	0,023	0,024	1,02	Desnivel
12	15	0,007	0,017	0,018	1,05	Desnivel
24	15	0,012	0,067	0,070	1,06	Desnivel
12	13	0,008	0,023	0,024	1,06	Desnivel
15	24	0,012	0,067	0,071	1,07	Desnivel
15	26	0,010	0,053	0,057	1,08	Desnivel
18	11	0,009	0,029	-0,032	1,09	Desnivel
15	12	0,007	0,017	0,019	1,09	Desnivel
10	24	0,011	0,050	0,054	1,09	Desnivel
26	15	0,010	0,053	0,058	1,09	Desnivel
24	26	0,011	0,028	0,031	1,10	Desnivel
10	24	0,011	0,050	0,056	1,12	Desnivel
16	13	0,009	0,028	0,031	1,12	Desnivel
18	17	0,009	0,019	0,022	1,15	Desnivel
11	10	0,006	0,014	-0,017	1,21	Desnivel
10	15	0,008	0,023	0,029	1,22	Desnivel
17	18	0,009	0,019	0,024	1,25	Desnivel
12	15	0,007	0,017	0,022	1,26	Desnivel
24	26	0,011	0,028	0,036	1,28	Desnivel
12	17	0,010	0,029	0,038	1,29	Desnivel
24	10	0,011	0,050	0,066	1,33	Desnivel
15	26	0,010	0,053	0,071	1,34	Desnivel
17	12	0,010	0,029	0,039	1,35	Desnivel
24	10	0,011	0,050	0,071	1,42	Desnivel
24	15	0,012	0,067	0,100	1,50	Desnivel
14	16	0,010	0,034	0,053	1,56	Desnivel
15	24	0,012	0,067	0,106	1,59	Desnivel
17	16	0,009	0,018	0,031	1,69	Desnivel
13	14	0,003	0,006	-0,009	1,71	Desnivel
13	14	0,003	0,006	-0,011	1,96	Desnivel
14	13	0,003	0,006	-0,011	1,98	Desnivel
16	17	0,009	0,018	0,036	1,98	Desnivel
16	17	0,009	0,018	0,037	2,02	Desnivel
17	12	0,010	0,029	0,060	2,04	Desnivel
14	13	0,003	0,006	-0,011	2,08	Desnivel

14/11/13

Compensación MM.C.C. de redes topográficas

26 24 0,011 0,028 0,061 2,16 Desnivel

: Marca para aquellas observaciones que superan el límite crítico de 3,29

Coordenadas finales

Número	X	Y	Z	Desor	Nombre
10	490217,849	4493734,063	930,463	199,6892	
11	490406,605	4493556,623	914,893	264,5471	
12	490661,769	4493765,158	913,557	259,0384	
13	490966,928	4494015,991	916,672	351,1454	
14	490900,383	4494095,187	916,118	30,3208	
15	490502,536	4494022,903	934,567	356,1824	
16	491268,558	4493645,773	918,596	53,9838	
17	491026,710	4493415,827	918,804	150,9179	
18	490762,879	4493200,483	916,647	150,5570	
24	490405,039	4492918,523	913,806	358,0404	
26	490050,562	4493261,652	912,125	395,3362	

Fichero de salida : CompensacionMMCC,pts

Incluido

Red Ajuste

www.MOVE3.com

(c) 1993-2007 Grontmij

con licencia para Leica Geosystems AG

Creado: 07/30/2013 18:04:52

Información del proyecto

Nombre del proyecto: CAMPO_RTK
Fecha de creación: 07/28/2013 13:37:19
Huso horario: 1h 00'
Sistema de coordenadas: ETRS89_UTM30_EGM08
Programa de aplicación: LEICA Geo Office 6.0
Kernel de procesamiento: MOVE3 3.4

Información general

Ajuste

Tipo: Mínimamente ajustado
Dimensión: 3D
Sistema de coordenadas: WGS 1984
Tipo de altura: Elipsoidal

Número de iteraciones: 1
Corrección máxima de coordenadas en la última iteración: 0.0000 m ✓ (tolerancia alcanzada)

Estaciones

Número de estaciones (parcialmente) conocidas: 1
Número de estaciones desconocidas: 11
Total: 12

Observaciones

Diferencias de coordenadas GPS: 75 (25 líneas base)
Coordenadas conocidas: 3
Total: 78

Incógnitas

Coordenadas: 36
Total: 36

Grados de libertad: 42

Pruebas

Alfa (multi dimensional): 0.5303
Alfa 0 (una dimensión): 5.0 %
Beta: 80.0 %
Sigma a-priori (GPS): 10.0

Valor crítico de Prueba W: 1.96
Valor crítico de la prueba T (2 dimensiones): 2.42

Valor crítico de la prueba T (3 dimensiones): 1.89
 Valor crítico de prueba F: 0.97
 Prueba F: 0.04 ✓ (aceptado)

Resultados basados en el factor de varianza a posteriori

Datos de entrada

Coordenadas aproximadas

Estación	Latitud	Longitud	Altura [m]	
10	40° 35' 39.65967" N	3° 06' 56.18776" W	982.4593	
11	40° 35' 33.91304" N	3° 06' 48.14701" W	966.9176	
12	40° 35' 40.68656" N	3° 06' 37.30288" W	965.5675	
13	40° 35' 48.83305" N	3° 06' 24.33233" W	968.7036	
14	40° 35' 51.39914" N	3° 06' 27.16762" W	968.1623	
15	40° 35' 49.03922" N	3° 06' 44.09126" W	986.5762	
16	40° 35' 36.83858" N	3° 06' 11.48034" W	970.6080	
17	40° 35' 29.37179" N	3° 06' 21.75846" W	970.8095	
18	40° 35' 22.37783" N	3° 06' 32.97073" W	968.6693	
24	40° 35' 13.21801" N	3° 06' 48.17901" W	965.8152	
26	40° 35' 24.33147" N	3° 07' 03.27731" W	964.1217	
YEBE	40° 31' 29.63168" N	3° 05' 19.06498" W	972.7775	Conocido en posición y altura

Observaciones

	Estación	Pto visado	Alt inst	Alt obs	Lectura
DX	16	26			179.6730 m
DY					-1229.7216 m
DZ					-297.2283 m
DX	16	24			422.9685 m
DY					-887.3046 m
DZ					-556.4924 m
DX	16	18			260.9817 m
DY					-520.3205 m
DZ					-340.0427 m
DX	16	17			136.7210 m
DY					-249.4894 m
DZ					-174.7982 m
DX	16	15			-274.0479 m
DY					-753.1659 m
DZ					296.2015 m
DX	16	14			-313.7176 m
DY					-352.4362 m
DZ					339.4960 m
DX	16	13			-258.2639 m
DY					-288.6733 m
DZ					279.7351 m
DX	16	12			-113.8769 m
DY					-601.9915 m
DZ					86.8857 m
DX	16	11			9.0857 m
DY					-864.0757 m
DZ					-70.9414 m
DX	16	10			-104.5970 m
DY					-1047.2636 m

DZ			73.7939 m
DX	24	26	-243.3156 m
DY			-342.3866 m
DZ			259.2749 m
DX	24	18	-161.9887 m
DY			367.0225 m
DZ			216.4681 m
DX	24	17	-286.2581 m
DY			637.8503 m
DZ			381.7116 m
DX	24	16	-422.9622 m
DY			887.3184 m
DZ			556.4791 m
DX	24	14	-736.7111 m
DY			534.9065 m
DZ			895.9991 m
DX	24	12	-536.8607 m
DY			285.3597 m
DZ			643.3523 m
DX	24	11	-413.9169 m
DY			23.2698 m
DZ			485.5616 m
DX	24	10	-527.5921 m
DY			-159.9291 m
DZ			630.2946 m
DX	YEBE	24	-4597.0180 m
DY			-1850.9343 m
DZ			5236.2074 m
DX	YEBE	16	-5020.0203 m
DY			-963.5922 m
DZ			5792.6975 m
DX	YEBE	15	-5294.0577 m
DY			-1716.7499 m
DZ			6088.8986 m
DX	24	15	-697.0362 m
DY			134.1900 m
DZ			852.7011 m
DX	24	15	-697.0429 m
DY			134.1895 m
DZ			852.7096 m
DX	24	13	-681.2417 m
DY			598.6722 m
DZ			836.2372 m
DX	24	13	-681.2422 m
DY			598.6656 m
DZ			836.2385 m

Desviaciones estándar

	Estación	Pto visado	D. E. abs / Cor	D. E. rel / Cor	D. E. tot / Cor
DX	16	26	0.0707 m	-	-
DY			0.0888	0.0326 m	-
DZ			0.5496	0.2088	0.0696 m
DX	16	24	0.0916 m	-	-
DY			0.0952	0.0429 m	-
DZ			0.5514	0.2068	0.0910 m
DX	16	18	0.0775 m	-	-

DY			0.0990	0.0369 m	-
DZ			0.5524	0.2025	0.0778 m
DX	16	17	0.0721 m	-	-
DY			0.0278	0.0307 m	-
DZ			0.4956	0.0830	0.0665 m
DX	16	15	0.0660 m	-	-
DY			0.1090	0.0283 m	-
DZ			0.5381	0.1905	0.0634 m
DX	16	14	0.0717 m	-	-
DY			0.0628	0.0306 m	-
DZ			0.5122	0.1418	0.0709 m
DX	16	13	0.1274 m	-	-
DY			-0.1009	0.0497 m	-
DZ			0.4487	0.1172	0.1109 m
DX	16	12	0.1279 m	-	-
DY			0.0816	0.0547 m	-
DZ			0.5236	0.1639	0.1248 m
DX	16	11	0.0720 m	-	-
DY			0.1117	0.0330 m	-
DZ			0.5493	0.2117	0.0722 m
DX	16	10	0.0872 m	-	-
DY			0.1265	0.0403 m	-
DZ			0.5535	0.2192	0.0873 m
DX	24	26	0.1101 m	-	-
DY			-0.0022	0.0602 m	-
DZ			0.5039	-0.0374	0.1070 m
DX	24	18	0.1008 m	-	-
DY			-0.2929	0.0646 m	-
DZ			0.5590	-0.3944	0.0898 m
DX	24	17	0.0992 m	-	-
DY			-0.2839	0.0640 m	-
DZ			0.5599	-0.4036	0.0901 m
DX	24	16	0.1017 m	-	-
DY			-0.2758	0.0660 m	-
DZ			0.5606	-0.4116	0.0939 m
DX	24	14	0.1082 m	-	-
DY			-0.2624	0.0723 m	-
DZ			0.5809	-0.3904	0.1062 m
DX	24	12	0.1209 m	-	-
DY			-0.0655	0.0698 m	-
DZ			0.4955	-0.1682	0.1152 m
DX	24	11	0.0914 m	-	-
DY			-0.0489	0.0521 m	-
DZ			0.4963	-0.1358	0.0876 m
DX	24	10	0.0877 m	-	-
DY			-0.0248	0.0489 m	-
DZ			0.4985	-0.0865	0.0845 m
DX	YEBE	24	0.0057 m	-	-
DY			-0.1629	0.0034 m	-
DZ			0.5423	-0.2792	0.0054 m
DX	YEBE	16	0.0049 m	-	-
DY			0.1058	0.0021 m	-
DZ			0.5263	0.2201	0.0049 m
DX	YEBE	15	0.0047 m	-	-
DY			-0.2627	0.0030 m	-
DZ			0.5336	-0.4038	0.0045 m
DX	24	15	0.1339 m	-	-

DZ			-0.1034	0.0792 m	-
DX	24	15	0.4949	-0.2365	0.1255 m
DY			-0.1889	0.0802 m	-
DZ			0.5319	-0.3129	0.1237 m
DX	24	13	0.1764 m	-	-
DY			-0.6454	0.1053 m	-
DZ			0.6876	-0.5991	0.1218 m
DX	24	13	0.1563 m	-	-
DY			-0.6405	0.0934 m	-
DZ			0.6865	-0.5925	0.1081 m

Resultados del ajuste

Coordenadas

Estación		Coordenada	Corr	Prec (99%)	
10	Latitud	40° 35' 39.85965" N	-0.0004 m	0.0230 m	
	Longitud	3° 06' 56.18774" W	0.0006 m	0.0169 m	
	Altura	982.4581 m	-0.0012 m	0.0410 m	
11	Latitud	40° 35' 33.91305" N	0.0002 m	0.0211 m	
	Longitud	3° 06' 48.14699" W	0.0006 m	0.0152 m	
	Altura	986.9184 m	0.0008 m	0.0375 m	
12	Latitud	40° 35' 40.88659" N	0.0007 m	0.0328 m	
	Longitud	3° 06' 37.30288" W	-0.0001 m	0.0233 m	
	Altura	985.5686 m	0.0012 m	0.0573 m	
13	Latitud	40° 35' 48.83308" N	0.0009 m	0.0256 m	
	Longitud	3° 06' 24.33225" W	0.0018 m	0.0203 m	
	Altura	988.7057 m	0.0021 m	0.0479 m	
14	Latitud	40° 35' 51.39914" N	0.0001 m	0.0220 m	
	Longitud	3° 06' 27.16759" W	0.0007 m	0.0151 m	
	Altura	988.1631 m	0.0008 m	0.0391 m	
15	Latitud	40° 35' 49.03922" N	0.0001 m	0.0017 m	
	Longitud	3° 06' 44.09126" W	-0.0001 m	0.0016 m	
	Altura	986.5762 m	0.0001 m	0.0031 m	
16	Latitud	40° 35' 36.83857" N	-0.0002 m	0.0018 m	
	Longitud	3° 06' 11.48034" W	0.0000 m	0.0012 m	
	Altura	970.6083 m	0.0003 m	0.0032 m	
17	Latitud	40° 35' 29.37179" N	0.0001 m	0.0210 m	
	Longitud	3° 06' 21.75841" W	0.0012 m	0.0148 m	
	Altura	970.8100 m	0.0005 m	0.0368 m	
18	Latitud	40° 35' 22.37787" N	0.0010 m	0.0218 m	
	Longitud	3° 06' 32.97065" W	0.0020 m	0.0169 m	
	Altura	988.6704 m	0.0011 m	0.0393 m	
24	Latitud	40° 35' 13.21801" N	0.0001 m	0.0020 m	
	Longitud	3° 06' 48.17900" W	0.0003 m	0.0018 m	
	Altura	985.8145 m	-0.0007 m	0.0037 m	
26	Latitud	40° 35' 24.33146" N	-0.0003 m	0.0220 m	
	Longitud	3° 07' 03.27729" W	0.0004 m	0.0157 m	
	Altura	984.1212 m	-0.0005 m	0.0397 m	
YEBE	Latitud	40° 31' 29.63168" N	0.0000 m	-	fijo
	Longitud	3° 05' 19.06498" W	0.0000 m	-	fijo
	Altura	972.7775 m	0.0000 m	-	fijo

Observaciones y residuales						
	Estación	Pto	Obs. ajus.	Resid	Resid	Desv. Est.
DX	16	26	179.6766 m	-0.0036 m	0.0010 m	0.0126 m
DY			-1229.7228 m	0.0012 m	-0.0001 m	0.0080 m
DZ			-297.2251 m	-0.0032 m	-0.0049 m	0.0123 m
DX	16	24	423.0014 m	-0.0329 m	0.0353 m	0.0016 m
DY			-887.3417 m	0.0371 m	0.0213 m	0.0008 m
DZ			-556.4906 m	-0.0019 m	-0.0277 m	0.0015 m
DX	16	18	260.9942 m	-0.0124 m	-0.0027 m	0.0127 m
DY			-520.3185 m	-0.0020 m	0.0009 m	0.0065 m
DZ			-340.0333 m	-0.0094 m	-0.0154 m	0.0119 m
DX	16	17	136.7288 m	-0.0078 m	-0.0010 m	0.0122 m
DY			-249.4888 m	-0.0006 m	-0.0002 m	0.0058 m
DZ			-174.7913 m	-0.0069 m	-0.0104 m	0.0110 m
DX	16	15	-274.0377 m	-0.0102 m	-0.0088 m	0.0014 m
DY			-753.1577 m	-0.0082 m	0.0066 m	0.0008 m
DZ			296.2012 m	0.0003 m	-0.0072 m	0.0014 m
DX	16	14	-313.7150 m	-0.0026 m	-0.0009 m	0.0125 m
DY			-352.4355 m	-0.0008 m	-0.0017 m	0.0058 m
DZ			339.5004 m	-0.0045 m	-0.0049 m	0.0121 m
DX	16	13	-258.2494 m	-0.0145 m	-0.0022 m	0.0169 m
DY			-288.6719 m	-0.0015 m	0.0032 m	0.0082 m
DZ			279.7432 m	-0.0081 m	-0.0162 m	0.0124 m
DX	16	12	-113.8671 m	-0.0098 m	-0.0039 m	0.0186 m
DY			-601.9881 m	-0.0034 m	0.0066 m	0.0090 m
DZ			86.8651 m	0.0005 m	-0.0069 m	0.0177 m
DX	16	11	9.0859 m	-0.0002 m	-0.0016 m	0.0119 m
DY			-864.0741 m	-0.0016 m	-0.0041 m	0.0058 m
DZ			-70.9359 m	-0.0055 m	-0.0036 m	0.0117 m
DX	16	10	-104.5942 m	-0.0028 m	0.0023 m	0.0131 m
DY			-1047.2661 m	0.0025 m	-0.0013 m	0.0065 m
DZ			73.7981 m	-0.0042 m	-0.0050 m	0.0127 m
DX	24	26	-243.3248 m	0.0092 m	-0.0050 m	0.0126 m
DY			-342.3811 m	-0.0056 m	0.0010 m	0.0061 m
DZ			259.2655 m	0.0095 m	0.0134 m	0.0123 m
DX	24	18	-162.0073 m	0.0186 m	0.0003 m	0.0128 m
DY			367.0232 m	-0.0007 m	-0.0039 m	0.0066 m
DZ			216.4573 m	0.0108 m	0.0212 m	0.0119 m
DX	24	17	-286.2726 m	0.0145 m	-0.0018 m	0.0122 m
DY			637.8530 m	-0.0026 m	-0.0001 m	0.0058 m
DZ			381.6993 m	0.0124 m	0.0192 m	0.0110 m
DX	24	16	-423.0014 m	0.0393 m	-0.0212 m	0.0016 m
DY			887.3417 m	-0.0234 m	-0.0350 m	0.0008 m
DZ			556.4906 m	-0.0114 m	0.0233 m	0.0015 m
DX	24	14	-736.7164 m	0.0053 m	0.0005 m	0.0125 m
DY			534.9063 m	0.0002 m	0.0027 m	0.0059 m
DZ			895.9910 m	0.0081 m	0.0093 m	0.0121 m
DX	24	12	-536.8685 m	0.0078 m	0.0065 m	0.0186 m
DY			285.3536 m	0.0061 m	-0.0074 m	0.0090 m
DZ			643.3557 m	-0.0034 m	0.0035 m	0.0177 m
DX	24	11	-413.9155 m	-0.0013 m	0.0021 m	0.0120 m
DY			23.2677 m	0.0022 m	0.0061 m	0.0059 m
DZ			485.5547 m	0.0069 m	0.0034 m	0.0117 m
DX	24	10	-527.5956 m	0.0035 m	-0.0046 m	0.0131 m
DY			-159.9244 m	-0.0048 m	0.0021 m	0.0065 m
DZ			630.2887 m	0.0060 m	0.0067 m	0.0127 m
DX	YEBE	24	-4597.0185 m	0.0005 m	-0.0003 m	0.0012 m
DY			-1850.9340 m	-0.0003 m	-0.0001 m	0.0007 m

			5236.2070 m	0.0004 m	0.0007 m	0.0011 m
DX	YEBE	16	-5020.0200 m	-0.0004 m	0.0000 m	0.0010 m
DY			-963.5923 m	0.0001 m	0.0002 m	0.0004 m
DZ			5792.6975 m	-0.0001 m	-0.0003 m	0.0010 m
DX	YEBE	15	-5294.0577 m	0.0000 m	0.0001 m	0.0010 m
DY			-1716.7499 m	0.0001 m	-0.0001 m	0.0006 m
DZ			6088.8987 m	-0.0001 m	-0.0001 m	0.0010 m
DX	24	15	-897.0391 m	0.0030 m	0.0081 m	0.0015 m
DY			134.1841 m	0.0060 m	0.0054 m	0.0010 m
DZ			852.6917 m	0.0094 m	0.0081 m	0.0015 m
DX	24	15	-897.0391 m	-0.0037 m	0.0052 m	0.0015 m
DY			134.1841 m	0.0054 m	0.0162 m	0.0010 m
DZ			852.6917 m	0.0179 m	0.0086 m	0.0015 m
DX	24	13	-881.2508 m	0.0091 m	0.0028 m	0.0169 m
DY			598.6699 m	0.0024 m	-0.0032 m	0.0082 m
DZ			836.2338 m	0.0034 m	0.0090 m	0.0124 m
DX	24	13	-881.2508 m	0.0086 m	-0.0038 m	0.0169 m
DY			598.6699 m	-0.0043 m	-0.0022 m	0.0082 m
DZ			836.2338 m	0.0047 m	0.0098 m	0.0124 m

Residuales del vector de línea base GPS

	Estación	Pto visado	Vector ajus. [m]	Resid [m]	Resid [ppm]
DV	16	26	1277.8281	0.0050	3.9
DV	16	24	1129.5961	0.0497	44.0
DV	16	18	674.1453	0.0157	23.3
DV	16	17	333.9033	0.0104	31.3
DV	16	15	854.4462	0.0131	15.3
DV	16	14	581.2817	0.0053	9.0
DV	16	13	477.7870	0.0167	34.9
DV	16	12	618.7899	0.0104	16.7
DV	16	11	867.0285	0.0058	6.8
DV	16	10	1055.0604	0.0056	5.4
DV	24	26	493.6095	0.0143	29.0
DV	24	18	455.8576	0.0215	47.2
DV	24	17	796.5568	0.0193	24.2
DV	24	16	1129.5961	0.0471	41.7
DV	24	14	1277.3706	0.0097	7.6
DV	24	12	885.1898	0.0104	11.8
DV	24	11	638.4597	0.0073	11.5
DV	24	10	837.3749	0.0084	10.0
DV	YEBE	24	7209.4660	0.0007	0.1
DV	YEBE	16	7725.5715	0.0004	0.0
DV	YEBE	15	8249.1796	0.0001	0.0
DV	24	15	1109.4828	0.0115	10.4
DV	24	15	1109.4828	0.0190	17.2
DV	24	13	1233.6106	0.0100	8.1
DV	24	13	1233.6106	0.0107	8.7

Fiabilidad externa

Estación		Fiab Ext [m]		Estación	Pto visado
10	Latitud	0.0238	DZ	16	10
	Longitud	0.0224	DY	16	10
	Altura	0.0241	DX	16	10
11	Latitud	0.0271	DZ	16	11
	Longitud	0.0259	DY	16	11
	Altura	0.0280	DX	16	11

12	Latitud	0.0347	DZ	24	12
	Longitud	0.0323	DY	16	12
	Altura	0.0357	DX	24	12
13	Latitud	-0.0193	DX	24	13
	Longitud	0.0278	DY	16	13
	Altura	-0.0257	DY	16	13
14	Latitud	0.0302	DZ	16	14
	Longitud	0.0368	DY	16	14
	Altura	0.0335	DX	16	14
15	Latitud	0.0193	DZ	YEBE	15
	Longitud	0.0146	DY	YEBE	15
	Altura	0.0206	DX	YEBE	15
16	Latitud	0.0118	DZ	YEBE	16
	Longitud	0.0097	DY	YEBE	16
	Altura	0.0126	DX	YEBE	16
17	Latitud	0.0252	DZ	16	17
	Longitud	0.0317	DY	16	17
	Altura	0.0302	DX	16	17
18	Latitud	-0.0252	DX	16	18
	Longitud	0.0311	DY	16	18
	Altura	0.0304	DX	16	18
24	Latitud	0.0126	DZ	YEBE	24
	Longitud	0.0111	DY	YEBE	24
	Altura	0.0135	DX	YEBE	24
26	Latitud	0.0355	DZ	16	26
	Longitud	0.0313	DY	16	26
	Altura	0.0356	DX	16	26
YEBE	Latitud	0.0000	DZ	YEBE	15
	Longitud	0.0000	DY	YEBE	24
	Altura	0.0000	DX	YEBE	24

Elipses de error absoluto (2D - 99% 1D - 99%)

Estación	A [m]	B [m]	A/B	Phi	Desv. Est. Alt [m]
10	0.0271	0.0199	1.4	2°	0.0410
11	0.0248	0.0178	1.4	3°	0.0375
12	0.0387	0.0275	1.4	-2°	0.0573
13	0.0305	0.0234	1.3	15°	0.0479
14	0.0259	0.0178	1.5	0°	0.0391
15	0.0021	0.0018	1.2	-37°	0.0031
16	0.0022	0.0014	1.6	7°	0.0032
17	0.0247	0.0175	1.4	-3°	0.0368
18	0.0256	0.0198	1.3	1°	0.0393
24	0.0025	0.0020	1.2	-28°	0.0037
26	0.0260	0.0184	1.4	7°	0.0397
YEBE	0.0000	0.0000	1.0	90°	0.0000

Elipses de error relativo (2D - 99%)

Estación	Estación	A [m]	B [m]	A/B	Psi	Desv. Est. Alt [m]
16	26	0.0259	0.0184	1.4	-66°	0.0396
16	24	0.0032	0.0025	1.3	-56°	0.0049
16	18	0.0256	0.0198	1.3	-47°	0.0393
16	17	0.0247	0.0175	1.4	-49°	0.0367
16	15	0.0029	0.0023	1.3	58°	0.0045
16	14	0.0259	0.0178	1.5	39°	0.0390
16	13	0.0305	0.0234	1.3	54°	0.0479
16	12	0.0387	0.0275	1.4	77°	0.0573

16	11	0.0248	0.0178	1.4	-81°	0.0375
16	10	0.0271	0.0199	1.4	87°	0.0410
24	26	0.0260	0.0185	1.4	53°	0.0397
24	18	0.0256	0.0199	1.3	-51°	0.0393
24	17	0.0247	0.0175	1.4	-54°	0.0368
24	14	0.0260	0.0179	1.4	-23°	0.0391
24	12	0.0387	0.0275	1.4	-18°	0.0573
24	11	0.0248	0.0179	1.4	3°	0.0376
24	10	0.0271	0.0200	1.4	15°	0.0410
YEBE	24	0.0025	0.0020	1.2	-11°	0.0037
YEBE	16	0.0022	0.0014	1.6	16°	0.0032
YEBE	15	0.0021	0.0018	1.2	-23°	0.0031
24	15	0.0032	0.0027	1.2	-37°	0.0048
24	13	0.0305	0.0234	1.3	-12°	0.0479

Pruebas y errores estimados

Pruebas de observación

	Estación	Pto visado	MDB	Red	BNR	Prueba W	Prueba T
DX	16	26	0.0665 m	28	4.5	-0.26	0.17
DY			0.0406 m	22	5.3	0.48	
DZ			0.0648 m	28	4.6	-0.28	
DX	16	24	0.0454 m	99	0.2	-1.88	7.10 ▲
DY			0.0250 m	99	0.3	4.17 ▲	
DZ			0.0444 m	99	0.2	0.22	
DX	16	18	0.0626 m	36	3.6	-0.87	0.49
DY			0.0432 m	26	4.9	-0.31	
DZ			0.0583 m	46	3.3	-0.23	
DX	16	17	0.0613 m	35	3.7	-0.51	0.31
DY			0.0405 m	20	5.6	-0.12	
DZ			0.0550 m	39	3.5	-0.44	
DX	16	15	0.0332 m	98	0.3	-0.87	0.93
DY			0.0166 m	98	0.4	-1.41	
DZ			0.0315 m	98	0.3	0.71	
DX	16	14	0.0638 m	31	4.0	-0.04	0.09
DY			0.0449 m	17	6.4	-0.19	
DZ			0.0615 m	34	3.9	-0.40	
DX	16	13	0.0814 m	63	2.0	-0.55	0.17
DY			0.0467 m	37	3.6	-0.28	
DZ			0.0685 m	72	1.8	-0.10	
DX	16	12	0.0898 m	52	2.7	-0.61	0.21
DY			0.0526 m	38	3.7	-0.50	
DZ			0.0866 m	53	2.7	0.40	
DX	16	11	0.0591 m	36	3.7	0.37	0.16
DY			0.0366 m	28	4.6	-0.30	
DZ			0.0577 m	40	3.6	-0.64	
DX	16	10	0.0625 m	48	2.9	-0.04	0.16
DY			0.0375 m	39	3.5	0.56	
DZ			0.0613 m	50	2.9	-0.34	
DX	24	26	0.0665 m	71	1.8	0.26	0.17
DY			0.0406 m	77	1.5	-0.48	
DZ			0.0648 m	70	1.8	0.28	
DX	24	18	0.0626 m	62	2.2	0.87	0.49
DY			0.0432 m	72	2.0	0.31	
DZ			0.0583 m	53	2.7	0.23	
DX	24	17	0.0613 m	63	2.2	0.51	0.31

DY			0.0405 m	78	1.7	0.12		
DZ			0.0550 m	60	2.4	0.44		
DX	24	16	0.0500 m	99	0.2	2.48	▲	3.63 ▲
DY			0.0357 m	99	0.2	-1.95		
DZ			0.0438 m	99	0.2	-2.46	▲	
DX	24	14	0.0638 m	67	2.0	0.04		0.09
DY			0.0449 m	82	1.5	0.19		
DZ			0.0615 m	64	2.1	0.40		
DX	24	12	0.0898 m	47	2.9	0.61		0.21
DY			0.0526 m	61	2.3	0.50		
DZ			0.0866 m	46	3.0	-0.40		
DX	24	11	0.0591 m	62	2.1	-0.37		0.16
DY			0.0366 m	70	1.8	0.30		
DZ			0.0577 m	59	2.3	0.64		
DX	24	10	0.0625 m	51	2.7	0.04		0.16
DY			0.0375 m	59	2.3	-0.56		
DZ			0.0613 m	49	2.8	0.34		
DX	YEBE	24	0.0182 m	2	17.8	2.11	▲	3.93 ▲
DY			0.0115 m	3	16.3	-2.15	▲	
DZ			0.0170 m	2	18.0	-0.02		
DX	YEBE	16	0.0169 m	2	19.1	-2.57	▲	2.95 ▲
DY			0.0099 m	1	22.5	1.23		
DZ			0.0159 m	2	18.1	0.76		
DX	YEBE	15	0.0273 m	0	32.5	0.99		0.79
DY			0.0148 m	1	25.1	0.93		
DZ			0.0256 m	0	33.4	-1.18		
DX	24	15	0.0691 m	99	0.1	-0.09		0.11
DY			0.0457 m	99	0.2	0.45		
DZ			0.0632 m	99	0.1	0.44		
DX	24	15	0.0666 m	99	0.2	-0.57		0.37
DY			0.0452 m	99	0.2	0.55		
DZ			0.0602 m	99	0.2	1.00		
DX	24	13	0.0831 m	71	1.8	0.39		0.09
DY			0.0530 m	83	1.6	0.40		
DZ			0.0618 m	67	2.0	0.06		
DX	24	13	0.0784 m	64	2.2	0.16		0.03
DY			0.0495 m	78	1.9	-0.07		
DZ			0.0591 m	59	2.4	0.03		

Redundancia:

Prueba W:

Prueba T (3 dimensiones):

Errores estimados (observaciones)

Errores estimados para observaciones rechazadas por las pruebas W (máx. 10)

	Estación	Pto visado	Prueba W	Fact	Err est
DY	16	24	4.17	2.1	0.0373 m
DX	YEBE	16	-2.57	1.3	-0.0156 m
DX	24	16	2.48	1.3	0.0442 m
DZ			-2.46	1.3	-0.0385 m
DX	YEBE	24	2.11	1.1	0.0137 m
DY			-2.15	1.1	-0.0088 m

Errores estimados para observaciones con altura de antena rechazadas por las pruebas W (máx. 10)

Estación	Pto visado	Prueba W	Fact	MDB [m]	Err est ant [m]
YEBE	16	-2.14	1.1	0.0238	-0.0182

Errores estimados para observaciones rechazadas por las pruebas T (máx. 10)

	Estación	Pto visado	Prueba T	Fact	Err est
DX	16	24	7.10	1.9	-0.0332 m
DY					0.0375 m
DZ					-0.0020 m
DX	YEBE	24	3.93	1.4	0.0204 m
DY					-0.0099 m
DZ					0.0109 m
DX	24	16	3.63	1.4	0.0394 m
DY					-0.0235 m
DZ					-0.0116 m
DX	YEBE	16	2.95	1.2	-0.0184 m
DY					0.0046 m
DZ					-0.0047 m



6.4. COMPARATIVA RESULTADOS EN RESIDUOS ANGULARES

Error introducido en una observación

		MM.CC	Error = 1 c GM	Error = 1 c MS	MM.CC	Error = -1 c GM	Error = -1 c MS	
DISTANCIA (m)	15	14 (ref)	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,00	
		12	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	
		24	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	
		11	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	
		26	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	
		10	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	
		14 (ref)	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,01	
		12	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	
		24	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
		11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-58,2648	-89,180	-61,799	80,352	95,085	103,487
		14	10,8652	6,927	5,674	-9,255	0,290	0,900
		13	6,9749	7,001	1,776	-11,521	0,181	0,039
		17 (ref)	36,1871	5,272	32,653	-25,196	-10,463	-2,061
		14	5,1235	1,185	-0,067	-14,997	-5,452	-4,842
		13	-0,8859	-0,860	-6,085	-19,382	-7,680	-7,822
		14 (ref)	5,751	0,133	3,625	5,280	0,027	3,246
		16	23,384	40,230	20,300	32,071	39,208	37,953
		12	-18,696	-23,474	-13,520	-22,382	-25,439	-20,377
		11	-14,179	-24,176	-11,795	-18,709	-26,112	-19,930
ANGULARES (cc)	13	14 (ref)	-13,851	-19,469	-15,977	-14,322	-19,575	-16,356
		16	10,088	26,934	7,004	18,775	25,912	24,657
		12	19,548	14,770	24,724	15,862	12,805	17,867
		11	-12,045	-22,041	-9,661	-16,575	-23,978	-17,796
		13 (ref)	6,740	-0,950	-0,054	7,043	-0,518	-0,040
		16	-28,541	-17,731	-36,284	-20,704	-18,032	-21,276
		15	12,724	1,626	8,305	4,583	1,331	2,150
		13 (ref)	8,677	0,987	1,883	8,980	1,419	1,898
		16	-10,650	0,160	-18,393	-2,812	-0,141	-3,384
		15	11,050	-0,048	6,632	2,909	-0,343	0,476
			4º ITERACIÓN	4º ITERACIÓN			4º ITERACIÓN	4º ITERACIÓN

		MM.CC	Error = 1 g GM	Error = 1 g MS	MM.CC	Error = -1 g GM	Error = -1 g MS	
DISTANCIA (m)	15	14 (ref)	-0,66	-0,04	-0,04	0,63	0,00	0,01
		12	-0,06	-0,06	-0,01	0,03	0,00	-0,01
		24	0,28	0,02	0,03	-0,26	0,01	0,00
		11	0,07	-0,03	0,00	-0,08	-0,01	-0,01
		26	0,20	-0,02	0,03	-0,20	-0,02	-0,01
		10	0,09	0,00	0,00	-0,11	-0,01	-0,01
		14 (ref)	-0,66	-0,04	-0,04	0,63	0,00	0,01
		12	-0,07	-0,06	-0,01	0,03	0,00	-0,01
		24	0,28	0,03	0,03	-0,26	0,01	0,01
		11	0,07	-0,03	0,00	-0,08	0,00	0,00
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-6919,777	-9916,012	-9919,129	6941,864	9950,268	9947,666
		14	1006,813	5,960	8,599	-1005,202	5,723	1,418
		13	922,540	-3,241	1,346	-927,087	5,989	0,980
		17 (ref)	3074,675	78,440	75,323	-3063,684	-55,280	-57,882
		14	1001,071	0,218	2,858	-1010,944	-0,018	-4,323
		13	914,679	-11,102	-6,515	-934,947	-1,872	-6,881
		14 (ref)	29,068	19,484	14,178	-18,036	0,136	5,744
		16	-406,632	13,336	13,324	462,087	40,437	43,476
		12	163,779	-5,784	-7,063	-204,858	-14,443	-22,073
		11	210,045	-1,486	-2,144	-242,933	-3,411	-20,457
ANGULARES (cc)	13	14 (ref)	9,466	-0,118	-5,424	-37,638	-19,465	-13,858
		16	-419,928	0,040	0,028	448,791	27,141	30,180
		12	202,023	32,460	31,181	-166,613	23,802	16,171
		11	212,179	0,648	-0,010	-240,799	-1,277	-18,323
		13 (ref)	-8,269	-1,140	-0,285	22,052	-1,140	-0,892
		16	-416,500	-54,891	-50,689	367,255	-17,909	-19,524
		15	415,691	55,837	27,281	-398,385	16,007	2,171
		13 (ref)	-6,331	0,797	1,652	23,989	0,798	1,046
		16	-398,608	-37,000	-32,797	385,147	-0,017	-1,633
		15	414,018	54,163	25,607	-400,058	14,334	0,497
			4º ITERACIÓN	4º ITERACIÓN			4º ITERACIÓN	4º ITERACIÓN

		MM.CC	Error = 100 g GM	Error = 100 g MS	MM.CC	Error = -100 g GM	Error = -100 g MS			
DISTANCIA (m)	15	14 (ref)	-322,12	0,00	-0,69	64,41	0,01	0,04		
		12	-24,72	-0,02	-0,03	4,93	0,00	-0,01		
		24	135,02	0,02	0,03	-27,00	0,00	0,00		
		11	37,90	-0,01	-0,01	-7,59	-0,01	-0,01		
		26	98,87	-0,01	0,06	-19,77	-0,01	-0,01		
		10	49,38	0,00	0,00	-9,89	-0,01	-0,01		
		14 (ref)	-322,12	0,00	-0,70	64,40	0,01	0,03		
		12	-24,72	-0,02	-0,03	4,93	0,00	-0,01		
		24	135,03	0,02	0,03	-26,99	0,00	0,00		
		11	37,90	-0,01	-0,01	-7,58	0,00	-0,01		
		26	98,86	-0,02	0,05	-19,78	-0,01	-0,01		
		10	49,41	0,02	0,03	-9,86	0,02	0,02		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	534600,623	-999953,515	-997424,381	693093,127	999922,164	999860,627
				14	503004,511	7,102	1459,990	-100599,936	6,571	-40,199
13	462404,441			-0,956	1348,792	-92483,616	6,877	-39,109		
17 (ref)	-2465404,925			40,937	2570,071	-306912,421	-83,384	-144,921		
14	502998,769			1,361	1454,249	-100605,678	0,829	-45,941		
13	462396,581		-8,817	1340,931	-92491,477	-0,984	-46,969			
13	14 (ref)		11781,566	19,517	4,567	-2349,694	19,955	14,659		
	16		-217151,919	15,986	-620,649	43463,656	60,772	61,470		
	12		92138,663	-25,484	13,903	-18452,380	-5,832	-17,848		
	11		113227,949	-20,661	33,371	-22665,323	-2,733	-15,994		
	14 (ref)		11761,964	-0,084	-15,035	-2369,296	0,353	-4,943		
	16		-217165,215	2,690	-633,945	43450,361	47,476	48,174		
	12		92176,908	12,761	52,148	-18414,136	32,413	20,396		
11	113230,083		-18,527	35,505	-22663,189	-0,599	-13,860			
14	13 (ref)		-7573,214	-0,837	-0,332	1522,913	-1,505	-1,617		
	16		-195963,433	-53,114	-571,154	39163,140	-17,798	-12,700		
	15		203527,569	6,396	93,944	-40695,130	1,494	-3,950		
	13 (ref)		-7571,277	1,101	1,605	1524,850	0,432	0,320		
	16		-195945,541	-35,222	-553,263	39181,031	0,094	5,192		
	15		203525,896	4,722	92,271	-40696,804	-0,180	-5,624		

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

Error introducido en dos observaciones

			<u>MM.CC</u>	<u>Error = 1 c Y 10c GM</u>	<u>Error = 1 c Y 10c MS</u>
DISTANCIA (m)	15	14 (ref)	-0,08	-0,05	-0,03
		12	-0,02	-0,01	-0,01
		24	0,03	0,02	0,02
		11	0,00	0,00	0,00
		26	0,02	0,01	0,01
		10	0,00	0,00	0,00
		14 (ref)	-0,08	-0,06	-0,03
		12	-0,02	-0,01	-0,01
		24	0,04	0,02	0,02
		11	0,01	0,00	0,00
		26	0,01	0,00	0,01
		10	0,03	0,02	0,02
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-679,807	-901,635	-940,131
		14	100,313	5,115	5,765
		13	89,069	0,518	-0,003
		17 (ref)	314,645	92,817	54,321
		14	94,572	-0,627	0,023
		13	81,208	-7,343	-7,864
	13	14 (ref)	7,766	0,092	7,604
		16	-16,109	13,237	13,462
		12	-1,943	-0,469	-2,954
		11	6,546	7,082	-2,300
		14 (ref)	-11,836	-19,510	-11,998
		16	-29,405	-0,059	0,166
		12	36,302	37,775	35,290
	11	8,680	9,216	-0,166	
	18	24 (ref)	-16,506	-3,973	0,000
		10	30,764	9,053	0,000
		11	41,390	23,434	14,764
		17	-19,116	-0,126	-9,939
		24 (ref)	-10,598	1,935	5,908
		10	-48,572	-70,283	-79,336
		11	49,538	31,582	22,912
	17	-26,900	-7,910	-17,724	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Error = 10c Y 100g GM</u>	<u>Error = 10c Y 100g MS</u>		
DISTANCIA (m)	15	14 (ref)	-322,11	0,00	-0,05		
		12	-24,72	-0,02	-0,01		
		24	135,02	0,02	0,00		
		11	37,91	-0,01	-0,01		
		26	98,87	-0,02	0,01		
		10	49,38	0,00	-0,01		
		14 (ref)	-322,11	0,00	-0,05		
		12	-24,72	-0,02	-0,02		
		24	135,03	0,02	0,01		
		11	37,92	-0,01	-0,01		
		26	98,86	-0,02	0,00		
		10	49,41	0,02	0,02		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	534622,937	-999941,395	-999914,109
				14	502993,585	15,306	10,421
13	462393,053			7,136	3,995		
17 (ref)	-2465382,611			53,057	80,343		
14	502987,843			9,564	4,679		
13	462385,192			-0,725	-3,866		
13	14 (ref)		11780,517	19,602	10,492		
	16		-217155,926	15,393	13,687		
	12		92140,311	-25,019	-10,496		
	11		113231,357	-19,851	-2,186		
	14 (ref)		11760,915	0,000	-9,110		
	16		-217169,222	2,097	0,391		
	12		92178,556	13,225	27,748		
	11		113233,491	-17,716	-0,052		
18	24 (ref)		-167644,797	-2,689	0,016		
	10		111720,093	11,446	4,458		
	11		86991,678	30,604	21,612		
	17		-30580,442	-0,027	5,757		
	24 (ref)		-167638,889	3,219	5,924		
	10		110740,758	-967,889	-974,877		
	11		86999,826	38,752	29,760		
	17		-30588,227	-7,811	-2,027		

			<u>MM.CC</u>	<u>Error = 50g Y 100g GM</u>	<u>Error = 50g Y 100g MS</u>
DISTANCIA (m)	15	14 (ref)	-317,53	0,01	-0,05
		12	-22,63	-0,04	-0,01
		24	135,70	0,02	0,00
		11	45,47	-0,02	-0,01
		26	98,33	-0,05	0,01
		10	49,63	0,00	-0,01
		14 (ref)	-317,54	0,00	-0,05
		12	-22,63	-0,05	-0,01
		24	135,70	0,02	0,01
		11	45,47	-0,02	-0,01
		26	98,32	-0,05	0,00
		10	49,65	0,02	0,02
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	545757,756	-999963,325	-999905,791
		14	497541,652	6,750	11,648
		13	456710,167	-1,703	5,121
		17 (ref)	-2454247,792	31,127	88,661
		14	497535,911	1,008	5,907
		13	456702,306	-9,564	-2,740
	13	14 (ref)	11257,086	19,485	9,763
		16	-219155,466	16,396	11,626
		12	92962,682	-13,315	-6,724
		11	114931,958	-15,478	-2,134
		14 (ref)	11237,484	-0,117	-9,839
		16	-219168,762	3,100	-1,670
		12	93000,926	24,929	31,521
	11	114934,093	-13,344	0,000	
	18	24 (ref)	-116566,757	38,734	0,039
		10	189517,618	32,313	3,716
		11	162082,126	49,078	21,342
		17	14953,545	0,822	1,380
		24 (ref)	-116560,849	44,642	5,947
		10	-310461,717	-499947,023	-499975,620
		11	162090,274	57,226	29,490
	17	14945,761	-6,963	-6,404	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

Error introducido en cuatro observaciones

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>		
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-0,06	-0,03	-0,03		
		12	0,18	-0,02	0,00		
		24	0,03	0,01	0,01		
		11	0,19	-0,01	0,00		
		26	0,08	0,01	0,01		
		10	0,00	-0,01	-0,01		
		14 (ref)	-0,06	-0,04	-0,03		
		12	0,18	-0,02	0,00		
		24	0,03	0,01	0,02		
		11	0,20	-0,01	0,01		
		26	0,07	0,00	0,00		
		10	0,03	0,02	0,02		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-621,738	-941,716	-947,974
				14	68,882	8,090	5,742
13	62,431			-0,439	0,000		
17 (ref)	372,714			52,736	46,478		
14	63,140			2,349	0,000		
13	54,570			-8,299	-7,861		
18	24 (ref)		112,355	19,298	0,000		
	10		350,781	-0,177	-0,004		
	11		314,310	17,420	14,520		
	17		209,086	-24,374	-12,688		
	24 (ref)		118,263	25,206	5,908		
	10		-1628,555	-1979,512	-1979,340		
	11		322,458	25,568	22,668		
17	201,301		-32,158	-20,472			
24	10 (ref)		453,047	12,316	11,897		
	15		440,569	-0,162	-0,582		
	18		283,556	-11,502	-23,968		
	26		351,979	26,805	38,435		
	10 (ref)		450,876	10,145	9,725		
	15		-2581,317	-3022,048	-3022,467		
	18		276,014	-19,044	-31,510		
	26		325,276	0,102	11,732		
26	10 (ref)		678,071	23,781	5,564		
	15		585,712	37,464	21,898		
	11		-4020,510	-4960,207	-4958,632		
	24		268,632	-36,119	-39,203		
	10 (ref)		672,420	18,129	-0,088		
	15		571,379	23,131	7,564		
	11		939,455	-0,243	1,332		
24	304,841		0,090	-2,993			

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-11,41	0,01	-0,04
		12	-19,71	-0,03	0,00
		24	-8,29	0,01	0,01
		11	-1,56	-0,02	0,00
		26	185,88	0,02	0,01
		10	-3,04	-0,01	0,00
		14 (ref)	-11,42	0,01	-0,04
		12	-19,72	-0,03	0,00
		24	-8,28	0,01	0,02
		11	-1,55	-0,01	0,00
		26	185,88	0,01	0,00
		10	-3,01	0,02	0,02
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-265406,589
14	7750,848			4,993	5,734
13	7665,316			1,570	1,571
17 (ref)	234587,863			68,640	75,166
14	7745,106			-0,749	-0,008
13	7657,455			-6,291	-6,289
18	24 (ref)		-184862,308	5,401	1,173
	10		25910,392	-3,962	10,574
	11		11945,046	0,620	27,924
	17		147993,402	-0,196	-0,502
	24 (ref)		-184856,400	11,309	7,081
	10		23931,057	-1983,298	-1968,761
	11		11953,194	8,768	36,072
17	147985,617		-7,980	-8,286	
24	10 (ref)		743424,211	12,501	37,896
	15		-3256588,268	0,023	25,418
	18		509960,562	-54,129	-11,682
	26		503232,646	27,172	67,183
	10 (ref)		743422,039	10,329	35,725
	15		-256610,153	-1000021,863	-999996,467
	18		509953,020	-61,672	-19,224
	26		503205,943	0,469	40,479
26	10 (ref)		116478,151	40,874	5,632
	15		71581,384	59,680	22,250
	11		-23372,051	-961,547	-959,952
	24		-165175,579	-5,911	-36,496
	10 (ref)		116472,500	35,222	-0,019
	15		71567,051	45,347	7,916
	11		-22412,086	-1,583	0,012
24	-165139,370		30,299	-0,287	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-11,10	0,04	-0,03
		12	8,91	-0,01	0,00
		24	-7,67	0,02	0,01
		11	24,78	-0,01	0,00
		26	178,91	-0,03	0,01
		10	-2,81	0,00	-0,01
		14 (ref)	-11,10	0,04	-0,03
		12	8,91	-0,01	0,00
		24	-7,66	0,02	0,01
		11	24,78	-0,01	0,00
	26	178,90	-0,04	0,00	
	10	-2,79	0,02	0,02	
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-265598,770	-499997,452	-499931,040
		14	7663,038	5,233	5,826
		13	7945,308	4,750	0,099
		17 (ref)	234395,682	-3,000	63,411
		14	7657,296	-0,509	0,085
		13	7937,447	-3,111	-7,762
	18	24 (ref)	-159651,649	-5,759	0,121
		10	58894,694	9,336	9,240
		11	39675,788	28,786	27,296
		17	161067,698	-0,029	-11,684
		24 (ref)	-159645,741	0,149	6,029
		10	-141084,641	-199970,000	-199970,095
		11	39683,936	36,934	35,444
		17	161059,913	-7,813	-19,468
	24	10 (ref)	741298,351	1,783	35,181
		15	-3258714,127	-10,695	22,703
		18	514166,558	-46,052	-7,500
		26	503278,369	71,840	60,171
		10 (ref)	741296,179	-0,389	33,010
		15	-258736,013	-1000032,581	-999999,182
		18	514159,016	-53,594	-15,042
		26	503251,666	45,137	33,468
	26	10 (ref)	200036,698	0,754	10,951
		15	144258,687	14,149	26,456
		11	-586595,917	-699964,895	-699959,709
		24	-107687,563	-21,076	-37,000
10 (ref)		200031,047	-4,897	5,300	
15		144244,354	-0,185	12,122	
11		113364,048	-4,931	0,255	
24		-107651,354	15,133	-0,790	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

Error introducido en diez observaciones

0.

		<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>	
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-0,10	0,03	0,02
		12	0,21	-0,01	0,00
		24	0,05	0,01	0,00
		11	0,52	-0,01	0,00
		26	-0,03	-0,01	-0,01
		10	0,01	-0,01	-0,01
		14 (ref)	-0,10	0,03	0,02
		12	0,21	-0,01	-0,01
		24	0,05	0,01	0,01
		11	0,53	0,00	0,00
		26	-0,04	-0,01	-0,02
	10	0,04	0,02	0,02	
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-3542,161	-4996,314	-4912,084
		14	494,020	4,173	3,967
		13	557,717	7,947	7,755
		17 (ref)	1452,291	-1,862	82,368
		14	488,278	-1,569	-1,774
		13	549,856	0,086	-0,106
	13	14 (ref)	1165,534	26,981	24,890
		16	1589,322	89,181	86,696
		12	140,804	-5,950	-6,021
		11	100,599	-1,685	-2,177
		14 (ref)	1145,932	7,379	5,289
		16	-4423,974	-5924,115	-5926,600
		12	179,049	32,295	32,224
		11	102,733	0,449	-0,043
	14	13 (ref)	-3396,174	-4002,063	-4001,996
		16	907,113	-0,440	-0,783
		15	479,983	1,484	6,513
		13 (ref)	605,763	-0,125	-0,059
		16	925,005	17,452	17,109
		15	478,310	-0,190	4,839
	17	18 (ref)	-422,295	0,035	-19,046
		12	1252,804	154,231	1571,429
		16	639,215	-20,573	-0,003
		18 (ref)	-403,225	19,104	0,024
		12	-1723,371	-2821,944	-1404,747
		16	656,871	-2,917	17,653
	18	24 (ref)	-54,878	-3,217	0,004
10		326,926	0,400	-25,517	
11		326,250	18,329	-6,748	
17		388,234	-0,138	7,558	
24 (ref)		-48,970	2,691	5,912	
10		-1652,410	-1978,936	-2004,852	
11		334,398	26,477	1,400	
	17	380,450	-7,922	-0,226	

ANGULARES (cc)	12	15 (ref)	373,601	-0,066	0,018
		13	287,175	14,877	15,568
		17	-4817,780	-7786,634	-6307,307
		11	187,060	14,852	14,601
		15 (ref)	373,443	-0,224	-0,139
		13	262,007	-10,291	-9,600
		17	3162,047	193,194	1672,520
		11	172,446	0,238	-0,012
	24	10 (ref)	1367,210	37,908	2,226
		15	1354,732	25,430	-10,252
		18	773,658	0,002	-0,013
		26	1283,551	74,865	42,818
		10 (ref)	1365,039	35,737	0,054
		15	-8167,154	-9496,456	-9532,138
		18	766,116	-7,540	-7,555
		26	1256,848	48,162	16,115
	11	10 (ref)	1004,002	-10,811	-0,268
		15	-94,772	0,107	0,036
		13	-275,700	-10,263	-7,095
		12	-323,010	-1,953	0,694
		18	874,218	-0,017	13,157
		26	3313,708	0,036	20,090
		10 (ref)	1004,243	-10,570	-0,027
		15	-89,106	5,773	5,702
		13	-262,555	2,882	6,050
		12	-340,724	-19,667	-17,020
		18	849,220	-25,015	-11,841
		26	-5659,523	-8973,195	-8953,141
	26	10 (ref)	823,993	4,387	1,895
		15	511,440	19,538	16,458
		11	-4691,987	-6960,539	-6951,367
		24	-131,541	-36,104	-37,547
		10 (ref)	818,342	-1,264	-3,757
		15	497,107	5,204	2,125
		11	2267,978	-0,574	8,598
		24	-95,332	0,105	-1,337
	15	14 (ref)	-965,087	-1001,789	-1001,593
		12	-707,361	18,979	15,625
		24	496,476	32,920	32,387
		11	-702,808	-1,186	-7,595
		26	960,154	29,875	31,340
		10	464,089	0,533	0,000
14 (ref)		36,435	-0,267	-0,071	
12		-726,082	0,258	-3,097	
24		483,163	19,607	19,074	
11		-728,520	-26,898	-33,307	
	26	935,770	5,490	6,956	
	10	453,771	-9,785	-10,318	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-49,92	-0,01	0,00
		12	27,31	-0,01	0,01
		24	20,95	0,00	0,01
		11	57,03	0,00	0,00
		26	-32,26	0,01	-0,02
		10	7,65	-0,01	-0,01
		14 (ref)	-49,92	-0,01	0,00
		12	27,31	-0,01	0,01
		24	20,95	0,00	0,01
		11	57,03	0,00	0,01
		26	-32,26	0,01	-0,03
		10	7,68	0,02	0,02
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-337046,696	-500045,050	-499743,437
		14	42935,159	5,872	5,128
		13	44121,112	6,436	7,560
		17 (ref)	162947,756	-50,598	251,015
		14	42929,417	0,130	-0,614
		13	44113,251	-1,425	-0,301
	13	14 (ref)	21041,595	15,062	19,589
		16	27870,662	56,775	72,239
		12	-16337,055	-0,400	-9,102
		11	-29578,943	-1,778	-2,126
		14 (ref)	21021,993	-4,540	-0,013
		16	21857,366	-5956,521	-5941,057
		12	-16298,811	37,844	29,143
	14	11	-29576,808	0,356	0,008
		13 (ref)	-19275,872	-4002,118	-4001,937
		16	-9689,561	-17,772	-8,522
		15	26956,356	2,570	11,349
		13 (ref)	-15273,934	-0,181	0,001
		16	-9671,670	0,119	9,369
	17	15	26954,682	0,897	9,675
		18 (ref)	-74736,815	122,096	-157,718
		12	62900,436	80,193	2947,179
		16	13306,104	-0,092	0,003
		18 (ref)	-74717,745	141,165	-138,648
		12	59924,260	-2895,983	-28,997
	18	16	13323,760	17,564	17,658
		24 (ref)	13124,589	-0,114	-0,021
10		31990,376	-20,021	-26,811	
11		29429,000	-0,177	-0,566	
17		25442,567	0,118	8,340	
24 (ref)		13130,497	5,794	5,887	
10		-167988,959	-199999,357	-200006,147	
11	29437,148	7,971	7,582		
17	25434,783	-7,666	0,555		

ANGULARES (cc)	12	15 (ref)	56746,261	-5,777	-5,881
		13	53370,525	25,575	8,282
		17	-534062,419	-799955,636	-796781,383
		11	23975,689	13,066	14,168
		15 (ref)	56746,103	-5,935	-6,039
		13	53345,357	0,407	-16,886
		17	265917,409	24,191	3198,444
		11	23961,075	-1,548	-0,446
	24	10 (ref)	-751,704	10,560	0,230
		15	-764,183	-1,918	-12,248
		18	-31646,738	-1,809	8,081
		26	37941,776	26,818	50,225
		10 (ref)	-753,876	8,389	-1,942
		15	-10286,068	-9523,803	-9534,134
		18	-31654,280	-9,351	0,539
		26	37915,073	0,115	23,521
	11	10 (ref)	92241,643	-3,235	5,305
		15	-12140,600	-0,012	-3,953
		13	-14878,163	-0,446	-1,279
		12	-31018,513	1,022	10,231
		18	77231,713	13,079	40,030
		26	338562,363	-41,542	56,599
		10 (ref)	92241,885	-2,994	5,546
		15	-12134,934	5,654	1,713
		13	-14865,018	12,699	11,866
		12	-31036,226	-16,692	-7,483
		18	77206,715	-11,918	15,032
		26	-561410,867	-900014,772	-899916,631
	26	10 (ref)	64830,884	5,591	1,529
		15	36610,004	34,518	15,592
		11	-471626,802	-699968,909	-699929,905
		24	20197,820	-14,428	-32,617
		10 (ref)	64825,232	-0,060	-4,122
		15	36595,670	20,184	1,258
		11	228333,162	-8,944	30,060
		24	20234,030	21,782	3,593
	15	14 (ref)	10693,233	-1001,734	-1001,521
		12	-64469,721	18,952	14,527
		24	25581,281	43,011	37,794
		11	-78399,525	-0,383	-16,752
		26	80591,300	12,570	40,353
		10	25548,894	10,624	5,407
		14 (ref)	11694,755	-0,212	0,001
		12	-64488,442	0,230	-4,194
24		25567,968	29,698	24,481	
11		-78425,236	-26,095	-42,464	
26		80566,916	-11,815	15,968	
10		25538,576	0,306	-4,911	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	8,11	0,00	0,03
		12	8,32	0,00	0,01
		24	-13,16	0,00	0,01
		11	48,77	0,00	0,00
		26	139,37	0,00	-0,02
		10	-4,83	-0,01	-0,01
		14 (ref)	8,10	0,00	0,03
		12	8,32	-0,01	0,01
		24	-13,16	0,01	0,02
		11	48,78	0,00	0,01
		26	139,36	0,00	-0,03
		10	-4,80	0,02	0,02
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-289630,227
14	14871,774			0,069	3,701
13	24768,028			7,765	7,586
17 (ref)	210364,225			9,703	6790,165
14	14866,032			-5,672	-2,041
13	24760,167			-0,095	-0,275
13	14 (ref)		115173,542	19,601	33,183
	16		174384,819	104,051	95,419
	12		13486,696	-9,161	-9,656
	11		-3048,798	-1,169	-1,189
	14 (ref)		115153,940	-0,001	13,581
	16		-425628,477	-599909,245	-599917,877
	12		13524,941	29,083	28,589
14	11		-3046,664	0,965	0,945
	13 (ref)		-340243,268	-400037,634	-400001,996
	16		109014,951	-17,684	-0,448
	15		31219,239	1,182	1,678
	13 (ref)		59758,669	-35,697	-0,058
	16		109032,843	0,207	17,443
17	15		31217,566	-0,491	0,005
	18 (ref)		-27999,668	-2,101	-136,365
	12		68183,630	-16,326	112204,724
	16		109785,763	-0,831	168,693
	18 (ref)		-27980,599	16,968	-117,296
	12		-231792,545	-299992,502	-187771,451
18	16		109803,419	16,824	186,349
	24 (ref)		-142489,281	42,233	0,593
	10		45100,447	-0,020	-33,619
	11		34129,829	13,808	-8,103
	17		163245,537	0,080	6419,989
	24 (ref)	-142483,373	48,141	6,501	
	10	-154878,888	-199979,356	-200012,954	
	11	34137,977	21,956	0,045	
17	163237,752	-7,705	6412,205		

ANGULARES (cc)	12	15 (ref)	26800,028	0,022	-2,381
		13	34993,207	2,947	1,297
		17	-460176,244	-799959,035	-681136,655
		11	-1586,934	11,045	10,534
		15 (ref)	26799,870	-0,136	-2,539
		13	34968,039	-22,221	-23,871
		17	339803,584	20,792	118843,172
		11	-1601,548	-3,569	-4,080
	24	10 (ref)	731410,157	3,805	0,313
		15	-3268602,321	-8,673	-12,165
		18	512200,034	-21,286	13,831
		26	525021,282	28,736	54,428
		10 (ref)	731407,985	1,634	-1,858
		15	-268624,207	-1000030,559	-1000034,050
		18	512192,492	-28,828	6,288
		26	524994,579	2,033	27,725
	11	10 (ref)	127246,406	-0,162	0,057
		15	9008,619	-0,058	-2,885
		13	-12827,647	-12,640	-3,028
		12	-32859,694	0,065	10,342
		18	83191,142	-2,911	33,123
		26	276239,620	31,591	56,494
		10 (ref)	127246,647	0,080	0,298
		15	9014,285	5,607	2,781
		13	-12814,502	0,505	10,117
		12	-32877,408	-17,649	-7,371
		18	83166,144	-27,908	8,125
			26	-623733,611	-899941,640
	26	10 (ref)	175355,443	-7,988	0,804
		15	106179,313	14,737	12,441
		11	-487273,841	-699952,790	-699933,709
		24	-144249,010	-37,675	-36,615
		10 (ref)	175349,792	-13,639	-4,847
		15	106164,980	0,403	-1,893
		11	212686,124	7,174	26,256
		24	-144212,800	-1,465	-0,406
	15	14 (ref)	-98610,880	-100001,508	-100001,868
		12	-79881,224	0,176	20,129
		24	50354,389	42,465	31,730
		11	-66437,017	-26,069	-17,327
		26	94298,194	24,163	39,257
		10	50322,002	10,078	-0,657
		14 (ref)	1390,642	0,014	-0,346
		12	-79899,946	-18,546	1,408
		24	50341,076	29,152	18,417
		11	-66462,729	-51,781	-43,039
		26	94273,809	-0,221	14,872
	10	50311,684	-0,240	-10,975	

4ª ITERACIÓN

8ª ITERACIÓN

Error introducido en veinte observaciones

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>		
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-0,07	0,02	0,15		
		12	-0,24	-0,03	-0,01		
		24	-0,21	-0,01	-0,01		
		11	-0,52	-0,02	-0,02		
		26	1,23	0,03	0,02		
		10	-0,09	-0,01	-0,01		
		14 (ref)	-0,07	0,02	0,15		
		12	-0,24	-0,03	-0,01		
		24	-0,21	0,00	-0,01		
		11	-0,52	-0,01	-0,02		
		26	1,22	0,02	0,01		
		10	-0,06	0,01	0,01		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-3286,276	-4994,364	-4994,368
				14	-2383,350	-3503,698	-3496,859
13	1429,201			7,795	25,363		
17 (ref)	1708,176			0,088	0,084		
14	1110,909			-9,440	-2,600		
13	1421,340			-0,066	17,503		
13	14 (ref)		145,374	0,285	0,949		
	16		1945,150	108,861	174,968		
	12		-2919,008	-4512,803	-4502,443		
	11		1574,744	-13,499	-0,152		
	14 (ref)		125,772	-19,316	-18,652		
	16		-4068,146	-5904,435	-5838,328		
	12		1619,236	25,442	35,801		
14	11		1576,878	-11,365	1,982		
	13 (ref)		1204,254	2441,953	2387,116		
	16		134,675	-17,769	-17,891		
	15		-98,007	0,872	1,645		
	13 (ref)		-1293,809	-56,110	-110,947		
	16		152,567	0,122	0,000		
17	15		-99,680	-0,801	-0,028		
	18 (ref)		-181,355	0,107	-19,058		
	12		1457,886	516,989	1715,182		
	16		193,194	-17,764	-0,013		
	18 (ref)		-162,286	19,176	0,011		
	12		-1518,290	-2459,186	-1260,993		
18	16		210,850	-0,108	17,643		
	24 (ref)		-945,264	22,447	-5,464		
	10		-543,301	-26,690	-35,186		
	11	5418,788	5492,104	5492,503			
	17	-193,691	-0,179	7,749			
	24 (ref)	-939,356	28,355	0,444			
	10	-2522,637	-2006,026	-2014,522			
	11	-73,064	0,252	0,651			
	17	-201,476	-7,963	-0,036			

ANGULARES (cc)	12	15 (ref)	1928,572	1499,884	1495,249
		13	342,116	25,375	4,189
		17	-5811,697	-7387,552	-6190,121
		11	321,064	14,376	0,097
		15 (ref)	428,415	-0,274	-4,909
		13	316,948	0,207	-20,979
		17	2168,131	592,276	1789,706
		11	306,450	-0,238	-14,517
	24	10 (ref)	1263,865	12,317	5,053
		15	1251,387	-0,161	-7,426
		18	723,269	-0,022	5,070
		26	-259,371	0,135	0,153
		10 (ref)	1261,694	10,146	2,881
		15	-8670,498	-9922,047	-9929,311
		18	715,727	-7,564	-2,472
		26	3713,926	3973,432	3973,450
	11	10 (ref)	-1985,357	0,061	-39,552
		15	-1090,609	23,090	-5,148
		13	-940,102	-1,502	-4,182
		12	-942,307	0,794	2,034
		18	-662,677	13,419	1,482
		26	-2880,504	-15,600	-66,526
		10 (ref)	6014,885	8000,302	7960,689
		15	-1084,943	28,756	0,518
		13	-926,957	11,644	8,963
		12	-960,020	-16,919	-15,680
		18	-687,675	-11,578	-23,516
	26	6146,265	9011,169	8960,243	
	10	26 (ref)	284,826	0,147	5,181
		15	-2686,806	-3487,096	-3499,937
		11	-139,764	3,129	3,280
		18	722,749	-0,383	18,547
		24	833,311	33,021	20,181
		26 (ref)	268,588	-16,091	-11,057
		15	805,872	5,582	-7,259
		11	-143,044	-0,151	0,000
		18	-774,566	-1497,698	-1478,768
		24	828,835	28,545	15,705
	26	10 (ref)	2268,167	24,767	47,790
		15	2312,361	45,409	62,248
		11	-6030,464	-6966,805	-6959,979
		24	1211,841	-36,116	-23,686
10 (ref)		2262,516	19,115	42,139	
15		-4201,972	-6468,925	-6452,085	
11		929,500	-6,840	-0,014	
24	1248,051	0,094	12,524		
15	14 (ref)	-430,270	-974,578	-899,981	
	12	966,252	0,111	45,345	
	24	795,644	50,636	32,382	
	11	673,297	-0,246	5,866	
	26	277,284	24,334	17,771	
	10	763,256	18,248	-0,006	
	14 (ref)	571,252	26,944	101,541	
	12	-6052,469	-7018,610	-6973,377	
	24	782,331	37,323	19,069	
	11	647,586	-25,958	-19,845	
	26	252,899	-0,051	-6,613	
	10	752,939	7,931	-10,323	

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>		
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	9,92	0,02	-0,11		
		12	-21,55	-0,02	0,00		
		24	-20,93	-0,05	-0,01		
		11	-52,00	-0,02	-0,01		
		26	190,17	0,16	1,92		
		10	-7,67	-0,03	-0,02		
		14 (ref)	9,92	0,02	-0,12		
		12	-21,55	-0,02	-0,01		
		24	-20,93	-0,04	-0,01		
		11	-52,00	-0,02	0,00		
		26	190,16	0,15	1,92		
		10	-7,64	0,00	0,01		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-299626,166	-499993,979	-499979,081
				14	11326,728	3499,974	3345,531
				13	40059,014	0,209	7,617
17 (ref)	200368,285			0,473	15,371		
14	7820,987			-5,768	-160,211		
13	13		40051,153	-7,651	-0,243		
	14 (ref)		-15811,347	19,606	1,404		
	16		168584,685	61,934	942,702		
	12		62818,230	-4518,216	-3710,536		
	11		82154,692	-10,060	788,783		
	14 (ref)		-15830,949	0,004	-18,198		
	16		-431428,611	-599951,362	-599070,594		
14	12		67356,474	20,028	827,708		
	11		82156,826	-7,926	790,917		
	13 (ref)		129654,454	249997,487	249260,793		
	16		31761,396	-17,225	-16,800		
	15		-36424,928	1,055	1,519		
	13 (ref)		-120343,609	-0,575	-737,270		
17	16		31779,288	0,667	1,091		
	15		-36426,601	-0,619	-0,155		
	18 (ref)		-8248,423	-18,895	-18,809		
	12		-100179,792	-22,279	1469,541		
	16		109897,941	-17,653	-3,394		
	18 (ref)		-8229,354	0,175	0,260		
18	12		-103155,968	-2998,455	-1506,635		
	16		109915,597	0,002	14,261		
	24 (ref)		-226561,715	-5,041	-3,931		
	10	-44600,529	-0,811	-28,352			
	11	533127,243	549992,428	549993,757			
	17	113021,534	0,236	6,064			
	24 (ref)	-226555,807	0,867	1,977			
10	-244579,865	-199980,147	-200007,687				
11	-16864,609	0,576	1,905				
17	113013,750	-7,548	-1,720				

ANGULARES (cc)	12	15 (ref)	83037,846	1476,701	1490,040
		13	-54258,307	6,052	19,249
		17	-10821,950	-7979,798	-6408,461
		11	-21177,533	14,543	8,432
		15 (ref)	81537,688	-23,456	-10,118
		13	-54283,474	-19,116	-5,919
		17	-2842,123	0,030	1571,366
	11	-21192,147	-0,071	-6,182	
	24	10 (ref)	746398,207	20,718	1,618
		15	-3253614,271	8,240	-10,860
		18	510932,180	-30,718	-4,753
		26	489313,035	-200,199	-2298,237
		10 (ref)	746396,036	18,547	-0,553
		15	-243636,157	-990013,646	-990032,746
		18	510924,638	-38,260	-12,295
	26	493286,332	3773,098	1675,060	
	11	10 (ref)	-120379,555	1,869	-0,659
		15	-30902,454	-0,407	-5,637
		13	-40492,684	-12,817	-2,290
		12	-22235,772	0,118	0,172
		18	-41903,960	-59,495	21,774
		26	-148587,130	-147,499	-1358,328
		10 (ref)	679620,686	800002,110	799999,582
		15	-30896,788	5,259	0,029
		13	-40479,538	0,328	10,855
		12	-22253,485	-17,596	-17,541
	18	-41928,958	-84,493	-3,224	
	26	-139560,361	8879,271	7668,441	
	10	26 (ref)	78962,094	-0,119	5,906
		15	35361,289	-3550,590	-3514,391
		11	-65345,109	3,072	0,758
		18	-14595,363	-49,607	3,006
		24	38881,406	-30,473	5,726
		26 (ref)	78945,856	-16,357	-10,332
		15	38853,967	-57,912	-21,713
		11	-65348,389	-0,208	-2,522
		18	-164592,678	-150046,922	-149994,309
	24	38876,930	-34,948	1,250	
	26	10 (ref)	211161,868	214,377	2348,227
		15	164767,408	185,253	2084,539
		11	31668,197	-6910,693	-5993,484
		24	-86085,567	-118,468	-33,384
10 (ref)		211156,217	208,726	2342,576	
15		-485246,926	-649829,080	-647929,794	
11		38628,161	49,272	966,481	
24	-86049,357	-82,259	2,826		
15	14 (ref)	14635,954	998,585	941,288	
	12	148713,252	0,033	31,601	
	24	52087,480	12,955	61,003	
	11	37294,047	0,205	7,038	
	26	45759,638	0,115	-216,574	
	10	52055,093	-19,432	28,616	
	14 (ref)	13637,476	0,107	-57,190	
	12	-551305,469	-700018,689	-699987,121	
	24	52074,167	-0,358	47,690	
	11	37268,335	-25,506	-18,674	
26	45735,254	-24,270	-240,959		
10	52044,775	-29,750	18,298		

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	1,37	0,00	-2060,81
		12	-38,63	0,02	-53746,51
		24	-41,03	0,01	-2386,65
		11	-54,39	0,00	-148504,85
		26	263,80	-0,05	37416,39
		10	-15,02	-0,01	-873,07
		14 (ref)	1,37	0,00	-2060,82
		12	-38,63	0,02	-53746,52
		24	-41,03	0,02	-2386,64
		11	-54,38	0,00	-148504,84
		26	263,79	-0,05	37416,37
		10	-14,99	0,02	-872,99
ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-261543,377	-500026,494	-20963,234
		14	-273893,163	-349993,954	-357191,168
		13	110446,116	-0,136	140,725
		17 (ref)	238451,074	-32,042	479031,218
		14	76101,095	0,304	-7196,909
		13	110438,255	-7,997	132,864
	13	14 (ref)	17157,146	17,924	-489843,211
		16	212533,532	20,845	119900,421
		12	-296498,384	-450037,678	25884,157
		11	141803,966	-26,791	100207,559
		14 (ref)	17137,544	-1,678	-489862,813
		16	-387479,764	-599992,451	-480112,875
		12	153539,860	0,566	475922,401
	14	11	141806,100	-24,657	100209,693
		13 (ref)	117293,564	250044,559	-1933240,266
		16	28273,868	-3,142	-1580885,331
		15	-20576,510	0,775	1075639,230
		13 (ref)	-132704,498	46,497	-2183238,329
		16	28291,759	14,750	-1580867,439
	17	15	-20578,183	-0,899	1075637,557
		18 (ref)	4968,407	-18,979	75209,921
		12	73796,457	-0,007	-487944,942
		16	71204,862	-125,141	-1305804,537
		18 (ref)	4987,476	0,091	75228,990
		12	-226179,718	-299976,183	-787921,118
	18	16	71222,517	-107,485	-1305786,881
		24 (ref)	-226190,919	-5,824	987917,471
		10	-42098,312	-27,589	72652,385
		11	541671,929	549992,080	504814,700
		17	101603,834	0,019	-199060,967
24 (ref)		-226185,011	0,084	987923,379	
10		-242077,647	-200006,924	-127326,951	
11		-8319,923	0,228	-45177,152	
	17	101596,050	-7,766	-199068,751	

ANGULARES (cc)	12	15 (ref)	-27288,077	-149721,018	1916493,290
		13	62714,396	-13,002	1073842,085
		17	-547718,771	-799922,888	-2785453,201
		11	37322,509	2,293	-755837,798
		15 (ref)	122711,765	278,824	2066493,132
		13	62689,228	-38,170	1073816,917
		17	252261,056	56,939	-1985473,373
		11	37307,895	-12,321	-755852,412
	24	10 (ref)	714346,684	3,152	2053022,129
		15	-3285665,794	-9,327	-1946990,349
		18	506628,339	-8,421	-81921,636
		26	364719,921	89,273	-266677,701
		10 (ref)	714344,513	0,980	2053019,958
		15	-285687,680	-1000031,212	-2947012,234
		18	506620,797	-15,963	-81929,178
		26	764693,218	400062,570	133295,596
	11	10 (ref)	-164135,266	-12,122	-1953869,607
		15	-87559,117	-2,133	1401149,360
		13	-89937,962	0,023	893693,086
		12	-103619,598	17,030	-560297,600
		18	-67481,683	4,091	-1072943,321
		26	-337267,929	52,625	-399718,034
		10 (ref)	635864,975	799988,119	-1153869,366
		15	-87553,451	3,533	1401155,026
		13	-89924,816	13,168	893706,231
		12	-103637,312	-0,683	-560315,313
		18	-67506,681	-20,907	-1072968,319
		26	562758,840	900079,394	500308,735
	10	26 (ref)	54800,021	16,114	-1352939,694
		15	-273691,365	-350015,339	-670416,329
		11	-10154,179	1,045	-369342,886
		18	52731,087	-0,487	629423,009
		24	76328,752	4,778	-320396,212
		26 (ref)	54783,783	-0,124	-1352955,932
		15	76301,313	-22,661	-320423,651
		11	-10157,459	-2,235	-369346,166
		18	-97266,228	-149997,802	479425,694
		24	76324,276	0,302	-320400,688
	26	10 (ref)	318590,930	4,430	1222872,950
		15	285484,478	19,332	1101474,147
		11	-619474,826	-699924,786	-939357,562
		24	-9588,676	-2,360	-64364,973
10 (ref)		318585,279	-1,222	1222867,299	
15		-364529,856	-649995,001	451459,814	
11		80485,138	35,179	-239397,597	
24		-9552,467	33,849	-64328,763	
15	14 (ref)	-53180,382	-100054,293	1372097,204	
	12	131103,878	298,060	171668,468	
	24	71688,602	2,826	4718,921	
	11	61737,801	-34,936	-689252,805	
	26	17039,349	14,995	-1149237,433	
	10	71656,215	-29,561	4686,534	
	14 (ref)	46821,140	-52,771	1472098,726	
	12	-568914,844	-699720,661	-528350,253	
	24	71675,289	-10,487	4705,608	
	11	61712,089	-60,648	-689278,517	
	26	17014,965	-9,389	-1149261,818	
	10	71645,897	-39,879	4676,216	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

Error introducido en cuarenta observaciones

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>	
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	1,11	-0,04	2,31	
		12	0,18	-0,02	1,17	
		24	-0,74	-0,07	-0,06	
		11	-0,71	-0,03	-0,05	
		26	1,31	0,23	0,18	
		10	-0,28	-0,03	-0,03	
		14 (ref)	1,11	-0,05	2,31	
		12	0,18	-0,02	1,17	
		24	-0,74	-0,06	-0,05	
		11	-0,71	-0,02	-0,04	
	26	1,31	0,23	0,18		
	10	-0,26	-0,01	0,00		
	ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	2378,485	3029,208	1005,276
			14	-1215,094	-1482,058	-1454,267
			13	2346,184	2007,860	2007,870
			17 (ref)	1372,937	2023,660	-0,272
			14	-5220,836	-5487,800	-5460,008
			13	338,324	0,000	0,009
		13	14 (ref)	720,219	19,520	304,018
16			1146,574	0,000	-0,800	
12			-5094,834	-4506,263	-4461,134	
11			224,301	-1,485	-2,050	
14 (ref)			700,617	-0,082	284,416	
16			-4866,722	-6013,296	-6014,096	
12			6943,410	7531,981	7577,110	
11		226,435	0,649	0,084		
14		13 (ref)	-1398,007	-1501,939	-1508,318	
		16	1410,265	931,819	667,924	
		15	-6771,336	-6019,716	-8309,077	
		13 (ref)	103,930	-0,001	-6,381	
		16	1428,157	949,711	685,815	
		15	5226,991	5978,611	3689,249	
17		18 (ref)	2170,238	2980,920	2976,064	
		12	2177,511	42,829	2471,045	
		16	-3378,024	-4017,667	-4016,924	
		18 (ref)	-810,692	-0,011	-4,867	
		12	-798,665	-2933,347	-505,131	
		16	639,632	-0,011	0,732	
18		24 (ref)	-307,381	-0,483	0,008	
		10	-1024,798	-0,081	-70,506	
		11	4749,612	5522,108	5490,370	
		17	-4680,901	-2609,684	-2583,306	
	24 (ref)	-301,473	5,425	5,916		
	10	-3004,133	-1979,417	-2049,841		
	11	-742,240	30,256	-1,483		
17	5311,314	7382,532	7408,910			
12	15 (ref)	1226,493	1468,873	848,431		
	13	-1418,486	-0,769	-113,132		
	17	-7156,428	-7979,848	-7734,609		
	11	378,477	0,209	-203,885		
	15 (ref)	-273,665	-31,284	-651,726		
	13	4056,346	5474,063	5361,700		
	17	823,399	-0,021	245,218		
	11	2363,863	1985,595	1781,501		

ANGULARES (cc)	24	10 (ref)	-3225,920	-5171,689	-5240,319
		15	2261,602	315,833	247,202
		18	-498,637	-3153,253	-3105,010
		26	-57,894	-0,007	0,000
		10 (ref)	2271,909	326,140	257,509
		15	-7660,283	-9606,052	-9674,683
		18	2993,821	339,205	387,448
		26	3915,403	3973,290	3973,297
	11	10 (ref)	-1118,875	-0,227	-117,723
		15	-295,975	-5,193	-74,963
		13	-8126,376	-8012,842	-5924,887
		12	864,051	-4,043	2037,876
		18	-308,461	24,935	24,998
		26	-2265,919	-238,778	-310,519
		10 (ref)	6881,366	8000,014	7882,518
		15	-290,310	0,473	-69,297
		13	-113,231	0,303	2088,258
		12	-1653,663	-2521,756	-479,837
		18	-333,459	-0,063	0,000
		26	6760,850	8787,991	8716,251
	10	26 (ref)	-517,941	14,491	16,238
		15	-4329,011	-3525,239	-3525,937
		11	-1308,883	36,891	3,279
		18	4729,044	5541,787	5587,048
		24	-808,894	-5,122	-5,820
		26 (ref)	-534,179	-1,747	0,000
		15	-836,333	-32,561	-33,259
		11	-1312,163	33,612	-0,001
		18	-2268,271	-1455,528	-1410,267
		24	7186,630	7990,402	7989,704
	26	10 (ref)	2691,610	393,286	224,618
		15	2308,457	355,630	194,156
		11	-6225,270	-6801,759	-6960,031
		24	1987,108	1963,780	1861,304
		10 (ref)	2685,959	387,634	218,966
		15	-4205,876	-6158,704	-6320,178
		11	734,694	158,206	-0,066
	15	24	23,317	-0,011	-102,486
		14 (ref)	-904,279	-1001,521	-845,894
		12	871,164	32,303	1723,465
		24	47,086	32,315	13,325
		11	325,977	25,344	21,166
26		-59,184	0,203	-9,148	
10		14,699	-0,072	-19,062	
14 (ref)		97,244	0,001	155,628	
12		-6147,557	-6986,419	-5295,256	
24		33,773	19,003	0,013	
11		300,265	-0,367	-4,546	
26		-83,568	-24,181	-33,532	
10	5504,381	5489,611	5470,621		

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>		
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	45,95	0,49	-199055,86		
		12	-395,83	-59,99	57564,79		
		24	-258,01	-32,57	10777,65		
		11	-341,12	-58,73	54505,89		
		26	673,73	353,70	-28864,70		
		10	-94,39	-11,93	3942,57		
		14 (ref)	45,95	0,49	-199055,85		
		12	-395,84	-59,99	57564,81		
		24	-258,01	-32,57	10777,62		
		11	-341,12	-58,72	54505,85		
		26	673,72	353,69	-28864,64		
		10	-94,36	-11,90	3942,33		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	40276,785	1005,531	612445,702
				14	-229433,255	-343486,879	-1276544,698
				13	118416,045	83,869	38251,844
				17 (ref)	39271,237	-0,017	611440,154
				14	113061,004	-992,620	-934050,440
				13	-81591,816	-199923,992	-161756,017
13	14 (ref)		30266,349	19,241	-281889,862		
	16		43307,265	-36038,180	-2972850,215		
	12		88566,113	-0,006	879483,526		
	11		131856,533	6919,237	741881,580		
	14 (ref)		30246,748	-0,361	-281909,464		
	16		-556706,031	-636051,476	427136,489		
	12		100604,357	12038,238	891521,770		
	11		131858,667	6921,371	741883,715		
14	13 (ref)		-154586,259	-150001,938	607715,561		
	16		110548,552	70313,090	1201901,862		
	15		-36971,371	94,652	-122679,752		
	13 (ref)		-4584,322	0,000	757717,498		
	16		110566,444	70330,981	1201919,754		
	15		-24973,044	12092,979	-110681,425		
17	18 (ref)		553302,630	380760,286	-1364287,300		
	12		37285,681	0,000	1622508,050		
	16		-292618,586	-44321,396	501910,233		
	18 (ref)		253321,700	80779,355	-1664268,231		
	12		-262690,494	-299976,176	1322531,874		
	16		-288600,931	-40303,740	505927,889		
18	24 (ref)		-4159,754	-5,705	-1595994,046		
	10		388447,491	82123,112	-2518184,062		
	11		318720,511	88498,817	291006,679		
	17		800728,283	-13689,129	1214194,524		
	24 (ref)		-4153,846	0,203	-1595988,138		
	10		386468,156	80143,776	-2520163,397		
	11		313228,659	83006,965	285514,827		
	17		-2199279,501	-3013696,913	-1785813,260		
12	15 (ref)		-60677,116	-49698,551	969954,850		
	13		25491,199	0,000	-555772,403		
	17	-577569,827	-800362,301	477118,346			
	11	110785,799	5301,756	1525712,574			
	15 (ref)	-62177,274	-51198,709	968454,692			
	13	30966,031	5474,832	-550297,571			
	17	222410,001	-382,474	-2722901,827			
	11	310771,185	205287,142	1725697,960			

ANGULARES (cc)	24	10 (ref)	412899,633	92296,867	2264398,649
		15	418387,155	-3902215,611	-1730113,829
		18	-390138,139	-349992,458	-418223,314
		26	-813919,498	-399908,317	1118079,716
		10 (ref)	418397,461	97794,695	2269896,478
		15	408465,269	-3912137,497	-1740035,714
		18	-40145,681	0,000	-68230,857
		26	-413946,201	64,980	1518053,013
	11	10 (ref)	-164851,580	-81020,597	-497104,106
		15	337798,380	45483,559	-1144529,777
		13	-3471,243	-3427,610	1290649,664
		12	51045,536	7467,502	-477750,815
		18	-358861,761	-70809,172	-1191889,086
		26	-714410,887	-253445,175	73739,011
		10 (ref)	635148,661	718979,644	302896,135
		15	337804,045	45489,225	-1144524,111
		13	4541,902	4585,535	1298662,809
		12	48527,823	4949,789	-480268,528
		18	-358886,759	-70834,170	-1191914,084
		26	185615,882	646581,594	973765,781
	10	26 (ref)	468808,195	10,853	-73731,798
		15	-285582,650	-23589,156	-178284,372
		11	-229183,709	-45039,118	63425,636
		18	202035,013	514298,525	1114951,838
		24	-282062,533	-20069,039	-174764,254
		26 (ref)	468791,957	-5,385	-73748,036
		15	-282089,972	-20096,478	-174791,694
		11	-229186,989	-45042,398	63422,356
		18	-349462,302	-37198,790	563454,523
		24	517932,991	779926,485	625231,270
	26	10 (ref)	-1104906,062	217615,518	104642,938
		15	-1547718,373	174069,194	-16525,444
		11	1640563,834	-6837,925	805664,595
		24	1111822,505	-100251,132	-948290,027
		10 (ref)	-1104911,713	217609,867	104637,286
		15	-1554232,706	167554,861	-23039,778
		11	1647523,799	122,040	812624,560
		24	911858,715	-300214,922	-1148253,817
	15	14 (ref)	-300778,399	-139237,774	-40456,335
		12	-100189,652	7020,026	-276888,193
		24	-195995,802	9,187	22833,223
		11	359488,962	101499,245	-386446,576
26		112048,545	-23471,314	2683,228	
10		-196028,190	-23,200	22800,836	
14 (ref)		-200776,877	-39236,252	59545,187	
12		-107208,373	1,304	-283906,915	
24		-196009,115	-4,126	22819,910	
11		359463,250	101473,534	-386472,288	
26		112024,160	-23495,699	2658,844	
10		353961,493	549966,482	572790,518	

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN

			<u>MM.CC</u>	<u>Est. Robusta GM</u>	<u>Est. Robusta MS</u>		
DISTANCIAS (m)	15	14 (ref)	-277,87	-0,04	-18988,19		
		12	-197,47	0,00	37816,60		
		24	-85,74	0,01	25371,53		
		11	-150,23	0,00	-16593,85		
		26	699,43	227,36	4216,92		
		10	-31,38	0,00	9281,16		
		14 (ref)	-277,87	-0,04	-18988,15		
		12	-197,48	0,00	37816,63		
		24	-85,74	0,02	25371,46		
		11	-150,22	0,01	-16593,94		
		26	699,42	227,35	4217,07		
		10	-31,35	0,02	9280,58		
		ANGULARES (cc)	16	17 (ref)	-1497977,250	1129085,069	-229226,881
				14	799594,001	400005,742	6774,176
				13	1048392,825	749996,235	2083930,897
				17 (ref)	-1597982,798	1029079,521	-329232,429
				14	399588,259	0,000	-393231,565
				13	848384,964	549988,374	1883923,036
13	14 (ref)		369019,799	15,309	-22989,520		
	16		-211156,984	0,001	-2181780,370		
	12		-491167,025	-450007,503	1065739,949		
	11		33300,469	-1,360	970592,108		
	14 (ref)		369000,197	-4,293	-23009,122		
	16		-811170,280	-600013,295	1218206,334		
14	12		708871,220	750030,741	-1734221,806		
	11		33302,603	0,774	970594,242		
	13 (ref)		-373984,597	-150007,089	-321668,765		
	16		-603017,009	99930,306	42326,860		
	15		2301992,528	-599991,814	2028194,691		
	13 (ref)		-223982,660	-5,152	-171666,828		
17	16		-602999,118	99948,197	42344,751		
	15		-498009,145	600006,513	3228193,018		
	18 (ref)		206,713	0,000	-1326429,722		
	12		-130211,901	-0,004	918841,527		
	16		229974,913	-124944,378	353140,659		
	18 (ref)		-299774,218	-299980,931	2373589,347		
18	12		-430188,076	-299976,179	618865,351		
	16		629992,569	275073,278	753158,315		
	24 (ref)		-289878,471	-2,439	511036,679		
	10		522491,505	-11,383	-411964,408		
	11		931281,548	550002,781	156190,550		
	17		711091,950	-546089,340	-1583760,735		
	24 (ref)		-289872,563	3,469	511042,587		
	10		322512,170	-199990,718	-611943,744		
	11		381289,696	10,929	-393801,302		
	17		-2288915,834	-3546097,124	-583768,519		
12	15 (ref)		109588,382	149965,651	-815859,890		
	13		-198801,203	-1,816	847279,889		
	17	-575415,237	-796028,289	-1897764,525			
	11	-35341,885	2,088	9045,489			
	15 (ref)	-40411,776	-34,507	-965860,048			
	13	351173,629	549973,016	-2602745,279			
	17	224564,590	3951,538	-1097784,698			
	11	164643,501	199987,474	209030,875			

ANGULARES (cc)	24	10 (ref)	4169680,074	3346019,495	321957,908
		15	-3280332,404	-103992,984	-3128054,571
		18	-635595,358	-453992,959	-132456,918
		26	-403723,161	-399973,297	-37043,893
		10 (ref)	719677,903	-103982,677	871955,736
		15	-280354,289	-1104014,869	-4128076,456
		18	-285602,900	-104000,501	217535,540
		26	-3749,865	0,000	362929,404
		11	10 (ref)	-19925,933	0,000
	15		229611,843	0,102	-534315,423
	13		-832900,956	-800010,915	-311053,165
	12		56103,467	-0,555	195872,875
	18		-433422,522	0,344	1483682,048
	26		-124467,454	-71508,272	-691489,129
	10 (ref)		780074,308	800000,241	799090,262
	15		229617,509	5,768	-534309,757
	13		-32887,811	2,230	488959,980
	12		-193914,246	-250018,268	-54144,838
	18		-433447,520	-24,653	1483657,051
	26		775559,316	828518,498	208537,640
	10	26 (ref)	621652,953	38895,615	-156539,971
		15	-583307,232	-350128,689	-850616,716
		11	-153879,791	-90,002	455576,567
		18	123835,502	549898,102	2472015,560
		24	-233287,115	-108,572	-500596,599
		26 (ref)	621636,715	38879,377	-156556,209
		15	-233314,554	-136,011	-500624,038
		11	-153883,071	-93,282	455573,287
		18	-576161,814	-150099,213	1772018,245
	24	566708,409	799886,952	299398,925	
	26	10 (ref)	-1023902,672	135075,490	136532,037
		15	-1494802,042	96232,732	-318,682
		11	1396044,170	-675397,292	-641909,468
		24	1197672,449	-3,064	-916607,967
		10 (ref)	-1023908,323	135069,838	136526,386
		15	1855183,625	-553781,601	-650333,016
		11	-1903995,865	24562,672	58050,496
		24	997708,659	-199966,854	-1116571,757
	15	14 (ref)	-616316,418	-100001,522	-846887,812
		12	105981,406	0,046	178910,610
		24	-44378,712	25,342	866,842
		11	284522,370	-0,004	423590,546
26		339647,917	172,702	208058,682	
10		-44411,099	-7,045	834,455	
14 (ref)		-516314,896	0,000	-746886,290	
12		-594037,316	-700018,675	-521108,111	
24		-44392,025	12,029	853,529	
11		284496,658	-25,716	423564,834	
26		339623,533	148,317	208034,297	
10	505578,583	549982,637	550824,137		

4º ITERACIÓN

8º ITERACIÓN



6.5. COMPARATIVA RESULTADOS EN RESIDUOS LONGITUDINALES

Error en una observación

		MM.CC	Error =0,05m (GM)	Error =0,05m (MS)	MM.CC	Error =-0,05m (GM)	Error =-0,05m (MS)
15	14 (ref)	-13,38	-6,30	-4,46	-13,37	-8,58	-5,73
	12	8,97	15,71	18,60	6,18	12,36	15,58
	24	29,28	33,05	32,60	30,38	32,28	32,33
	11	2,52	-0,64	-0,08	2,61	-0,21	-0,13
	26	21,16	25,46	23,96	21,66	24,78	23,18
	10	-3,10	0,66	0,21	-2,01	-0,11	-0,06
	14 (ref)	-11,85	-4,78	-2,93	-11,85	-7,06	-4,21
	12	-9,75	-3,01	-0,12	-12,54	-6,36	-3,14
	24	15,97	19,74	19,29	17,07	18,97	19,02
	11	-23,19	-26,35	-25,79	-23,10	-25,92	-25,84
	26	-3,22	1,08	-0,42	-2,72	0,40	-1,21
	10	-13,42	-9,66	-10,11	-12,32	-10,43	-10,37
16	17 (ref)	-0,020	-0,018	-0,016	0,072	0,078	0,079
	14	-0,019	-0,031	-0,033	-0,019	-0,029	-0,029
	13	-0,016	-0,024	-0,026	-0,015	-0,023	-0,023
	17 (ref)	0,027	0,030	0,032	0,019	0,025	0,027
	14	-0,016	-0,028	-0,030	-0,017	-0,026	-0,027
	13	-0,018	-0,026	-0,028	-0,018	-0,026	-0,026
13	14 (ref)	0,001	-0,002	-0,002	0,000	-0,001	-0,001
	16	-0,013	-0,021	-0,023	-0,012	-0,020	-0,020
	12	0,000	0,017	0,015	-0,002	0,012	0,012
	11	-0,004	0,010	0,004	-0,005	0,006	0,004
	14 (ref)	0,001	-0,003	-0,003	0,000	-0,001	-0,002
	16	-0,011	-0,019	-0,021	-0,010	-0,018	-0,018
	12	0,005	0,021	0,019	0,002	0,017	0,017
	11	0,001	0,014	0,009	-0,001	0,011	0,009
14	13 (ref)	0,001	-0,003	-0,002	0,000	-0,001	-0,002
	16	-0,014	-0,026	-0,028	-0,014	-0,024	-0,024
	15	-0,004	0,014	0,011	-0,005	0,009	0,009
	13 (ref)	-0,001	-0,005	-0,004	-0,002	-0,003	-0,004
	16	MM.CC	Error =5m (GM)	Error = 5m (MS)	MM.CC	Error = -5m (GM)	Error = -5m (MS)
15	14 (ref)	-13,58	-1,21	-4,19	-12,90	-1,02	-5,00
	12	146,95	41,00	24,97	18,18	13,68	13,68
	24	-24,98	14,23	28,75	84,83	56,49	45,03
	11	-2,01	-0,19	-1,60	7,08	-0,06	1,01
	26	-3,54	12,61	18,74	46,41	33,32	24,56
	10	-57,37	-18,16	-3,64	52,44	24,10	12,64
	14 (ref)	-12,06	0,31	-2,67	-11,38	0,50	-3,48
	12	128,23	22,28	6,25	-151,12	-0,54	-5,04
	24	-38,30	0,92	15,44	71,52	43,18	31,71
	11	-27,72	-25,90	-27,31	-18,63	-25,78	-24,71
	26	-27,93	-11,78	-5,65	22,03	8,93	0,18
	10	-67,69	-28,48	-13,96	42,13	13,78	2,32
16	17 (ref)	-4,568	-4,884	-4,946	4,619	5,001	5,012
	14	-0,006	-0,034	-0,031	-0,031	-0,020	-0,022
	13	-0,052	-0,044	-0,035	0,023	-0,003	-0,007
	17 (ref)	0,427	0,111	0,049	-0,381	0,002	0,012
	14	-0,004	-0,032	-0,029	-0,028	-0,017	-0,020
	13	-0,055	-0,047	-0,038	0,020	-0,005	-0,010
13	14 (ref)	0,050	0,014	0,008	-0,049	-0,012	-0,010
	16	-0,049	-0,041	-0,032	0,025	0,000	-0,004
	12	0,126	0,029	0,014	-0,128	-0,002	0,000
	11	0,084	0,016	0,000	-0,092	-0,013	-0,010
	14 (ref)	0,050	0,014	0,008	-0,049	-0,013	-0,011
	16	-0,047	-0,039	-0,030	0,027	0,002	-0,002
	12	0,130	0,033	0,018	-0,123	0,003	0,004
	11	0,088	0,021	0,004	-0,088	-0,009	-0,006
14	13 (ref)	0,050	0,014	0,008	-0,049	-0,013	-0,011
	16	-0,001	-0,029	-0,026	-0,026	-0,015	-0,017
	15	0,052	0,011	0,005	-0,061	-0,005	-0,003
	13 (ref)	0,048	0,012	0,006	-0,051	-0,014	-0,013
	16	-0,002	-0,030	-0,027	-0,027	-0,016	-0,018
	15	0,052	0,011	0,004	-0,061	-0,006	-0,003

4º ITERACIÓN

3º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

1º ITERACIÓN

		MM.CC	Error = 500m (GM)	Error =500m (MS)	MM.CC	Error = -500m (GM)	Error = -500m (MS)
15	14 (ref)	980,97	-1,24	-2,04	1570,57	-0,92	-4,33
	12	11054,95	19,05	20,79	-16781,87	18,80	19,50
	24	-4524,54	32,31	32,78	6309,87	42,06	37,53
	11	-687,13	-0,61	-0,26	50,08	24,56	8,93
	26	-2221,86	29,16	23,30	2619,33	35,38	24,15
	10	-4556,93	-0,07	0,40	6277,48	9,67	5,15
	14 (ref)	982,49	0,28	-0,51	1572,09	0,61	-2,81
	12	11036,22	0,33	2,07	-16800,59	0,08	0,78
	24	-4537,85	19,00	19,47	6296,56	28,75	24,22
	11	-712,84	-26,32	-25,97	24,37	-1,15	-16,79
26	-2246,25	4,77	-1,08	2594,94	10,99	-0,24	
10	-4567,24	-10,39	-9,92	6267,16	-0,64	-5,17	
16	17 (ref)	-456,194	-499,666	-499,673	455,585	499,757	499,761
	14	5,640	-0,023	-0,019	5,584	-0,030	-0,017
	13	0,648	-0,016	-0,010	9,934	-0,011	-0,006
	17 (ref)	35,623	0,062	0,046	-42,979	0,020	0,033
	14	5,642	-0,020	-0,017	5,586	-0,027	-0,015
13	0,645	-0,019	-0,013	9,931	-0,014	-0,009	
13	14 (ref)	4,985	-0,002	-0,004	-4,337	-0,014	-0,006
	16	0,651	-0,013	-0,007	9,936	-0,008	-0,003
	12	12,620	0,006	0,024	-11,298	0,009	0,014
	11	12,039	-0,001	0,020	-2,956	0,008	0,011
	14 (ref)	4,984	-0,003	-0,005	-4,338	-0,014	-0,007
	16	0,653	-0,011	-0,005	9,939	-0,006	-0,001
	12	12,624	0,010	0,029	-11,294	0,014	0,018
11	12,043	0,003	0,024	-2,952	0,012	0,015	
14	13 (ref)	4,985	-0,002	-0,005	-4,337	-0,014	-0,007
	16	5,644	-0,018	-0,014	5,588	-0,025	-0,012
	15	7,345	0,000	0,021	-2,424	0,009	0,010
	13 (ref)	4,983	-0,004	-0,006	-4,339	-0,016	-0,008
	16	5,644	-0,019	-0,015	5,588	-0,026	-0,013
15	7,345	-0,001	0,021	-2,425	0,009	0,010	

4º ITERACIÓN

3º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

Error en dos observaciones

		MM.CC	Error =-1m Y 0,5m (GM)	Error =-1m Y 0,5m (MS)
15	14 (ref)	-11,26	-1,31	-3,53
	12	-20,06	3,54	16,76
	24	41,08	39,98	38,20
	11	1,31	-0,10	-0,97
	26	25,70	25,67	24,42
	10	8,70	7,60	5,82
	14 (ref)	-9,74	0,21	-2,01
	12	-38,78	-15,18	-1,96
	24	27,77	26,67	24,89
	11	-24,40	-25,81	-26,68
26	1,31	1,28	0,03	
10	-1,62	-2,72	-4,50	
16	17 (ref)	0,946	0,997	1,020
	14	-0,014	-0,029	-0,027
	13	-0,003	-0,003	-0,019
	17 (ref)	-0,055	-0,005	0,018
	14	-0,011	-0,027	-0,025
13	-0,005	-0,006	-0,021	
13	14 (ref)	-0,006	-0,022	-0,004
	16	0,000	0,000	-0,016
	12	-0,024	0,005	0,009
	11	-0,017	0,001	-0,002
	14 (ref)	-0,007	-0,022	-0,004
	16	0,002	0,002	-0,014
	12	-0,020	0,010	0,013
11	-0,013	0,005	0,003	
18	24 (ref)	0,049	0,054	0,042
	10	0,019	0,022	0,015
	11	0,012	0,013	0,006
	17	0,067	0,016	0,004
	24 (ref)	0,047	0,052	0,040
	10	-0,478	-0,476	-0,482
	11	0,010	0,012	0,005
17	0,066	0,015	0,003	

4º ITERACIÓN

3º ITERACIÓN

		MM.CC	Error =-0,5m Y 500m (GM)	Error =-0,5m Y 500m (MS)
15	14 (ref)	2446,96	-7,86	-4,52
	12	124,77	12,07	18,22
	24	110,27	32,02	30,73
	11	-1971,59	-0,62	-1,71
	26	-742,83	25,87	22,35
	10	77,88	-0,37	-1,66
	14 (ref)	2448,48	-6,33	-2,99
	12	106,05	-6,65	-0,51
	24	96,95	18,71	17,42
	11	-1997,30	-26,33	-27,42
	26	-767,21	1,48	-2,03
	10	67,56	-10,69	-11,97
16	17 (ref)	4,919	0,510	0,535
	14	10,206	-0,028	-0,028
	13	7,182	-0,016	-0,019
	17 (ref)	4,425	0,008	0,033
	14	10,209	-0,025	-0,025
	13	7,180	-0,019	-0,021
13	14 (ref)	3,021	-0,007	-0,004
	16	7,185	-0,014	-0,016
	12	3,551	0,000	0,015
	11	7,937	-0,010	0,005
	14 (ref)	3,021	-0,007	-0,005
	16	7,187	-0,011	-0,014
	12	3,555	0,004	0,019
	11	7,941	-0,005	0,009
18	24 (ref)	9,795	0,022	0,032
	10	20,251	0,015	0,013
	11	14,573	0,012	0,007
	17	5,620	0,027	0,006
	24 (ref)	9,793	0,020	0,030
	10	-470,826	-499,636	-499,631
	11	14,571	0,010	0,006
	17	5,618	0,025	0,005

3º ITERACIÓN

3º ITERACIÓN

		MM.CC	Error =500m Y -200m (GM)	Error =500m Y -200m (MS)
15	14 (ref)	304,76	-1,18	-1,53
	12	10935,32	21,29	21,91
	24	-4688,04	34,28	32,39
	11	182,84	7,97	2,29
	26	-1968,99	23,23	24,36
	10	-4720,43	1,90	0,00
	14 (ref)	306,28	0,34	-0,01
	12	10916,60	2,57	3,19
	24	-4701,36	20,97	19,07
	11	157,13	-17,74	-23,42
	26	-1993,37	-1,16	-0,03
	10	-4730,75	-8,42	-10,32
16	17 (ref)	-458,186	-499,673	-499,677
	14	3,118	-0,033	-0,025
	13	-0,898	-0,015	-0,015
	17 (ref)	35,474	0,055	0,045
	14	3,120	-0,030	-0,023
	13	-0,901	-0,017	-0,017
13	14 (ref)	4,011	-0,014	-0,006
	16	-0,895	-0,012	-0,012
	12	12,343	0,023	0,025
	11	10,997	0,012	0,019
	14 (ref)	4,011	-0,014	-0,006
	16	-0,893	-0,010	-0,010
	12	12,348	0,028	0,030
	11	11,002	0,016	0,023
18	24 (ref)	-4,055	0,038	0,038
	10	0,167	-0,010	0,013
	11	0,086	-0,008	0,006
	17	-18,067	-0,023	0,000
	24 (ref)	-4,057	0,037	0,036
	10	197,602	199,851	199,872
	11	0,084	-0,009	0,005
	17	-18,069	-0,024	-0,001

4º ITERACIÓN

3º ITERACIÓN

Error en cuatro observaciones

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	-10,33	-1,31	-3,28
	12	-20,09	4,60	17,51
	24	40,70	39,71	36,88
	11	1,51	-0,35	-1,11
	26	25,37	25,50	24,41
	10	8,31	7,33	4,50
	14 (ref)	-8,81	0,21	-1,76
	12	-38,81	-14,12	-1,21
	24	27,38	26,40	23,57
	11	-24,20	-26,06	-26,82
	26	0,98	1,12	0,02
	10	-2,01	-2,99	-5,82
16	17 (ref)	0,950	1,001	1,025
	14	-0,009	-0,024	-0,027
	13	0,001	0,000	-0,020
	17 (ref)	-0,052	-0,001	0,023
	14	-0,006	-0,022	-0,025
	13	-0,002	-0,003	-0,022
18	24 (ref)	0,052	0,055	0,040
	10	0,025	0,028	0,013
	11	0,015	0,017	0,004
	17	0,070	0,021	0,003
	24 (ref)	0,050	0,053	0,038
	10	-0,473	-0,469	-0,485
	11	0,014	0,015	0,002
17	0,069	0,019	0,001	
24	10 (ref)	0,013	0,016	0,009
	15	0,020	0,025	0,016
	18	0,053	0,056	0,040
	26	-0,024	-0,021	-0,024
	10 (ref)	0,007	0,011	0,003
	15	-0,227	-0,222	-0,232
	18	0,045	0,048	0,033
26	-0,035	-0,032	-0,034	
26	10 (ref)	0,011	0,017	0,012
	15	-0,003	0,006	-0,002
	11	0,058	0,065	0,060
	24	-0,022	-0,019	-0,021
	10 (ref)	0,012	0,018	0,013
	15	0,000	0,008	0,001
	11	0,007	0,014	0,008
24	-0,018	-0,015	-0,017	

3º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	436,52	-1,16	-2,31
	12	-6020,83	18,85	18,90
	24	2388,23	42,28	34,35
	11	-87,27	1,26	-1,24
	26	972,95	31,58	24,49
	10	2355,85	9,89	1,97
	14 (ref)	438,05	0,36	-0,79
	12	-6039,55	0,12	0,18
	24	2374,92	28,97	21,04
	11	-112,98	-24,46	-26,95
26	948,57	7,19	0,10	
10	2345,53	-0,42	-8,35	
16	17 (ref)	183,591	199,908	199,931
	14	1,314	-0,016	-0,027
	13	2,952	-0,018	-0,019
	17 (ref)	-16,436	0,016	0,037
	14	1,316	-0,014	-0,024
13	2,949	-0,021	-0,022	
18	24 (ref)	4,372	0,037	0,037
	10	2,113	0,009	0,008
	11	0,905	-0,010	-0,003
	17	11,485	0,032	0,003
	24 (ref)	4,370	0,035	0,035
	10	-47,883	-49,953	-49,954
11	0,903	-0,012	-0,005	
17	11,483	0,030	0,001	
24	10 (ref)	-0,542	0,024	0,018
	15	-0,714	0,035	0,027
	18	4,372	0,037	0,037
	26	-2,394	-0,011	-0,015
	10 (ref)	-0,548	0,018	0,012
	15	-1,212	-0,462	-0,470
	18	4,365	0,030	0,030
26	-2,405	-0,021	-0,026	
26	10 (ref)	0,688	0,013	0,019
	15	0,055	0,006	0,009
	11	1,172	0,108	0,114
	24	-2,392	-0,008	-0,013
	10 (ref)	0,689	0,014	0,020
	15	0,057	0,009	0,012
	11	1,071	0,007	0,013
24	-2,388	-0,004	-0,009	

3º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	3251,48	-9,08	-6,51
	12	-16423,27	12,52	20,35
	24	6033,28	42,51	34,52
	11	-776,03	1,40	-0,13
	26	1959,10	24,51	23,22
	10	6000,90	10,13	2,14
	14 (ref)	3253,00	-7,56	-4,99
	12	-16441,99	-6,20	1,63
	24	6019,97	29,20	21,21
	11	-801,74	-24,31	-25,84
	26	1934,72	0,13	-1,16
	10	5990,58	-0,19	-8,18
16	17 (ref)	453,487	499,745	499,765
	14	12,911	-0,014	-0,017
	13	14,994	-0,020	-0,018
	17 (ref)	-38,767	0,012	0,040
	14	12,914	-0,012	-0,014
	13	14,991	-0,023	-0,021
18	24 (ref)	19,287	0,033	0,038
	10	19,530	0,023	0,017
	11	11,877	0,007	0,004
	17	36,782	0,026	0,009
	24 (ref)	19,285	0,032	0,037
	10	-275,769	-299,763	-299,765
	11	11,875	0,005	0,002
17	36,781	0,024	0,007	
24	10 (ref)	12,536	0,013	0,025
	15	16,614	0,021	0,037
	18	19,287	0,034	0,039
	26	2,772	-0,022	-0,014
	10 (ref)	12,530	0,008	0,019
	15	-81,816	-99,904	-99,887
	18	19,280	0,027	0,032
	26	2,762	-0,032	-0,025
26	10 (ref)	4,774	-0,012	0,028
	15	9,340	-0,027	0,022
	11	54,564	49,950	49,993
	24	2,775	-0,019	-0,012
	10 (ref)	4,775	-0,011	0,029
	15	9,342	-0,024	0,025
	11	5,339	-0,023	0,021
	24	2,779	-0,015	-0,007

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

Error en diez observaciones

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	-373,48	-0,37	-5,39
	12	-218,08	46,66	19,95
	24	234,66	101,21	41,74
	11	63,50	-0,11	-7,46
	26	136,58	50,12	23,98
	10	202,27	68,83	9,35
	14 (ref)	-371,95	1,16	-3,87
	12	-236,80	27,94	1,23
	24	221,35	87,90	28,43
	11	37,79	-25,82	-33,17
	26	112,20	25,74	-0,41
10	191,95	58,51	-0,96	
16	17 (ref)	8,311	8,995	9,025
	14	0,465	0,046	-0,022
	13	0,245	-0,015	-0,028
	17 (ref)	-0,687	-0,002	0,027
	14	0,467	0,048	-0,019
13	0,242	-0,017	-0,031	
13	14 (ref)	0,225	0,065	0,011
	16	0,248	-0,012	-0,025
	12	-0,344	-0,020	0,006
	11	-0,220	-0,029	-0,006
	14 (ref)	0,224	0,065	0,011
	16	-9,745	-10,004	-10,018
	12	-0,340	-0,016	0,010
11	-0,216	-0,024	-0,002	
14	13 (ref)	-6,772	-6,931	-6,985
	16	0,469	0,051	-0,017
	15	-0,427	-0,048	-0,002
	13 (ref)	0,223	0,063	0,009
	16	0,469	0,050	-0,018
15	-0,427	-0,048	-0,002	
17	18 (ref)	0,479	-0,004	-0,014
	12	-0,052	-0,053	-0,025
	16	-0,682	0,003	0,033
	18 (ref)	0,483	-0,001	-0,011
	12	4,961	4,960	4,988
16	-0,681	0,004	0,034	
18	24 (ref)	0,209	0,080	0,040
	10	-0,061	-0,002	-0,004
	11	-0,144	-0,064	-0,022
	17	0,488	0,004	-0,006
	24 (ref)	0,207	0,078	0,038
	10	2,939	2,999	2,997
	11	-0,145	-0,065	-0,023
17	0,486	0,003	-0,007	
12	15 (ref)	-0,070	0,030	0,005
	13	-0,330	-0,006	0,020
	17	-1,040	-1,041	-1,012
	11	0,089	-0,043	-0,047
	15 (ref)	-0,069	0,031	0,006
	13	-0,335	-0,011	0,015
	17	-0,043	-0,045	-0,016
11	0,122	-0,011	-0,015	

24	10 (ref)	-0,028	0,023	0,006
	15	-0,033	0,034	0,012
	18	0,209	0,080	0,040
	26	-0,173	-0,076	-0,034
	10 (ref)	-0,033	0,017	0,000
	15	-0,780	-0,713	-0,735
	18	0,202	0,073	0,033
	26	-0,183	-0,087	-0,045
11	10 (ref)	0,078	0,058	0,013
	15	-0,031	0,015	-0,006
	13	-0,220	-0,028	-0,006
	12	0,125	-0,007	-0,011
	18	-0,150	-0,071	-0,028
	26	0,051	0,042	0,004
	10 (ref)	0,074	0,054	0,009
	15	-0,028	0,018	-0,003
	13	-0,220	-0,028	-0,006
	12	0,130	-0,002	-0,006
	18	-0,152	-0,072	-0,030
	26	0,560	0,552	0,513
26	10 (ref)	0,063	0,068	0,018
	15	0,010	0,050	0,001
	11	-0,190	-0,199	-0,237
	24	-0,170	-0,074	-0,031
	10 (ref)	0,064	0,069	0,019
	15	0,013	0,053	0,004
	11	0,058	0,050	0,011
24	-0,166	-0,070	-0,027	
15	14 (ref)	-0,337	0,043	0,088
	12	-0,078	0,022	-0,003
	24	-0,043	0,023	0,001
	11	-0,028	0,017	-0,004
	26	0,016	0,057	0,008
	10	-0,026	-0,002	-0,010
	14 (ref)	-0,438	-0,059	-0,013
	12	-0,080	0,020	-0,004
	24	-0,040	0,027	0,005
	11	-0,024	0,022	0,001
	26	0,009	0,050	0,001
	10	0,001	0,025	0,017
			3º ITERACIÓN	4º ITERACIÓN

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	-3135,47	-20,90	-2,99
	12	15899,69	0,11	19,81
	24	-3759,72	21,11	32,56
	11	-3560,48	-29,93	-0,63
	26	-1606,45	1,49	18,85
	10	-3792,11	-11,28	0,17
	14 (ref)	-3133,95	-19,38	-1,46
	12	15880,97	-18,61	1,09
	24	-3773,03	7,79	19,25
	11	-3586,19	-55,64	-26,34
26	-1630,83	-22,89	-5,54	
10	-3802,42	-21,60	-10,14	
16	17 (ref)	-516,496	-574,653	-574,636
	14	11,385	-0,024	-0,025
	13	-23,908	-0,040	-0,013
	17 (ref)	46,658	0,038	0,044
	14	11,387	-0,021	-0,023
13	-23,911	-0,043	-0,016	
13	14 (ref)	35,277	0,021	-0,007
	16	-23,906	-0,037	-0,010
	12	17,716	0,008	0,028
	11	16,643	-0,011	0,021
	14 (ref)	35,277	0,021	-0,008
	16	269,915	299,802	299,824
12	17,721	0,012	0,033	
11	16,647	-0,007	0,026	
14	13 (ref)	-185,085	-224,856	-224,880
	16	11,389	-0,019	-0,020
	15	7,883	0,000	0,026
	13 (ref)	35,275	0,019	-0,009
	16	11,388	-0,020	-0,021
15	7,882	0,000	0,026	
17	18 (ref)	-19,367	-0,035	-0,016
	12	-5,809	-0,023	-0,010
	16	46,663	0,043	0,049
	18 (ref)	-19,364	-0,032	-0,013
	12	-79,245	-74,963	-74,948
16	46,664	0,045	0,051	
18	24 (ref)	-4,600	0,053	0,049
	10	10,344	0,013	0,012
	11	2,922	-0,003	0,003
	17	-19,358	-0,027	-0,007
	24 (ref)	-4,602	0,052	0,047
	10	59,308	49,980	49,978
11	2,920	-0,005	0,001	
17	-19,360	-0,029	-0,009	
12	15 (ref)	21,622	0,010	0,001
	13	17,730	0,022	0,043
	17	3,996	9,983	9,996
	11	-1,115	-0,054	-0,042
	15 (ref)	21,623	0,011	0,002
	13	17,725	0,016	0,037
17	-5,801	-0,014	-0,001	
11	-1,083	-0,021	-0,010	

24	10 (ref)	16,807	0,008	0,024
	15	22,272	0,015	0,036
	18	-4,599	0,054	0,049
	26	13,978	-0,036	-0,017
	10 (ref)	16,801	0,002	0,019
	15	25,213	3,015	3,037
	18	-4,607	0,047	0,042
	26	13,968	-0,047	-0,027
11	10 (ref)	7,437	0,011	0,004
	15	14,095	-0,012	-0,004
	13	16,643	-0,011	0,022
	12	-1,080	-0,018	-0,006
	18	2,915	-0,010	-0,004
	26	1,884	0,014	0,011
	10 (ref)	7,433	0,008	0,000
	15	14,097	-0,009	-0,001
	13	16,643	-0,011	0,022
	12	-1,075	-0,013	-0,001
	18	2,914	-0,011	-0,005
	26	0,915	-0,975	-0,978
26	10 (ref)	4,536	0,024	0,025
	15	12,723	0,008	0,017
	11	1,403	-0,477	-0,479
	24	13,981	-0,034	-0,014
	10 (ref)	4,537	0,025	0,025
	15	12,726	0,010	0,020
	11	1,891	0,022	0,019
	24	13,985	-0,029	-0,010
15	14 (ref)	7,971	0,090	0,116
	12	21,614	0,002	-0,007
	24	22,262	0,004	0,025
	11	14,097	-0,009	-0,002
	26	12,729	0,014	0,023
	10	8,134	-0,009	-0,001
	14 (ref)	7,871	-0,012	0,015
	12	21,613	0,001	-0,009
	24	22,265	0,007	0,029
	11	14,101	-0,005	0,002
	26	12,723	0,007	0,016
10	8,160	0,018	0,026	

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	21601,85	-14,45	-6,19
	12	-26702,17	1,14	14,59
	24	2701,73	12,92	30,00
	11	953,35	25,12	2,18
	26	-1178,64	1,90	16,67
	10	2669,35	-19,47	-2,38
	14 (ref)	21603,37	-12,93	-4,67
	12	-26720,89	-17,58	-4,13
	24	2688,42	-0,40	16,69
	11	927,64	-0,59	-23,53
	26	-1203,03	-22,48	-7,71
	10	2659,03	-29,79	-12,70
16	17 (ref)	508,472	574,710	574,719
	14	11,147	-0,019	-0,013
	13	65,866	0,040	0,007
	17 (ref)	-43,934	0,017	0,042
	14	11,149	-0,016	-0,010
	13	65,863	0,038	0,004
13	14 (ref)	-54,710	-0,054	-0,015
	16	65,869	0,043	0,010
	12	-4,827	-0,019	0,023
	11	16,861	-0,024	0,024
	14 (ref)	-54,710	-0,055	-0,015
	16	-414,477	-499,682	-499,702
	12	-4,823	-0,014	0,027
	11	16,865	-0,020	0,028
14	13 (ref)	377,601	449,697	449,725
	16	11,152	-0,014	-0,008
	15	17,418	-0,020	0,020
	13 (ref)	-54,712	-0,056	-0,017
	16	11,151	-0,015	-0,009
	15	17,418	-0,020	0,020
17	18 (ref)	49,788	-0,030	-0,005
	12	34,886	0,036	0,009
	16	-43,929	0,023	0,047
	18 (ref)	49,791	-0,027	-0,002
	12	323,097	299,874	299,840
	16	-43,928	0,024	0,048
18	24 (ref)	37,518	0,074	0,054
	10	30,075	0,012	0,021
	11	23,613	0,050	0,013
	17	49,796	-0,022	0,003
	24 (ref)	37,516	0,072	0,052
	10	-186,045	-224,828	-224,812
	11	23,612	0,048	0,011
	17	49,794	-0,024	0,002
12	15 (ref)	-9,123	-0,052	-0,004
	13	-4,814	-0,004	0,037
	17	-109,200	-149,864	-149,886
	11	21,669	-0,041	-0,034
	15 (ref)	-9,122	-0,051	-0,003
	13	-4,819	-0,010	0,032
	17	34,895	0,044	0,018
	11	21,700	-0,008	-0,002

24	10 (ref)	32,460	0,012	0,034
	15	43,013	0,020	0,049
	18	37,518	0,074	0,055
	26	15,889	-0,019	-0,011
	10 (ref)	32,454	0,006	0,029
	15	-53,038	-99,906	-99,874
	18	37,511	0,067	0,047
	26	15,879	-0,030	-0,022
11	10 (ref)	6,503	-0,043	0,003
	15	9,603	-0,038	0,001
	13	16,861	-0,024	0,024
	12	21,703	-0,005	0,002
	18	23,607	0,043	0,006
	26	15,633	0,002	0,019
	10 (ref)	6,499	-0,047	-0,001
	15	9,606	-0,036	0,003
	13	16,861	-0,024	0,024
	12	21,708	0,000	0,007
	18	23,605	0,042	0,005
	26	87,694	74,971	74,986
	26	10 (ref)	11,958	0,013
15		25,633	0,000	0,032
11		-32,393	-49,961	-49,943
24		15,891	-0,017	-0,009
10 (ref)		11,959	0,013	0,035
15		25,635	0,003	0,034
11		15,640	0,010	0,027
24	15,895	-0,013	-0,005	
15	14 (ref)	41,401	24,931	24,971
	12	-9,131	-0,060	-0,012
	24	43,002	0,009	0,039
	11	9,605	-0,036	0,003
	26	25,639	0,006	0,038
	10	15,721	-0,007	0,004
	14 (ref)	17,407	-0,032	0,009
	12	-9,133	-0,062	-0,013
	24	43,006	0,012	0,042
	11	9,609	-0,032	0,007
	26	25,632	-0,001	0,031
10	15,746	0,020	0,031	

4º ITERACIÓN

4º ITERACIÓN

Error en veinte observaciones

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	-754,15	-1,36	-2,95
	12	75,16	19,42	18,82
	24	385,81	62,88	38,60
	11	-84,19	-0,79	-3,57
	26	69,42	24,11	22,09
	10	353,42	30,49	6,21
	14 (ref)	-752,63	0,16	-1,43
	12	56,43	0,70	0,10
	24	372,49	49,57	25,29
	11	-109,90	-26,50	-29,28
	26	45,04	-0,27	-2,30
	10	343,10	20,18	-4,11
16	17 (ref)	9,318	10,006	10,027
	14	-6,301	-6,980	-7,025
	13	0,069	0,008	-0,024
	17 (ref)	-0,680	0,010	0,030
	14	0,699	0,018	-0,026
	13	0,067	0,006	-0,027
13	14 (ref)	0,633	0,012	0,000
	16	0,072	0,011	-0,022
	12	-10,034	-9,996	-9,984
	11	-0,067	0,001	-0,002
	14 (ref)	0,632	0,012	0,000
	16	-7,922	-7,982	-8,015
	12	-0,034	0,003	0,014
	11	-0,063	0,005	0,003
14	13 (ref)	-8,363	-8,983	-8,995
	16	0,701	0,021	-0,024
	15	-0,380	-0,009	0,006
	13 (ref)	0,631	0,010	-0,002
	16	0,700	0,020	-0,025
	15	-0,380	-0,009	0,006
17	18 (ref)	0,377	0,022	-0,011
	12	-0,279	0,000	-0,022
	16	-0,675	0,015	0,035
	18 (ref)	0,380	0,025	-0,008
	12	4,734	5,013	4,991
	16	-0,673	0,017	0,036
18	24 (ref)	0,231	0,058	0,034
	10	-0,297	0,021	0,001
	11	8,383	8,981	8,984
	17	0,385	0,030	-0,003
	24 (ref)	0,229	0,056	0,032
	10	2,704	3,021	3,001
	11	-0,614	-0,016	-0,013
	17	0,383	0,028	-0,004
12	15 (ref)	5,982	5,994	5,983
	13	-0,025	0,012	0,024
	17	-1,266	-0,987	-1,010
	11	-0,063	-0,033	-0,047
	15 (ref)	0,000	0,013	0,002
	13	-0,030	0,007	0,019
	17	-0,270	0,009	-0,014
	11	-0,031	0,000	-0,014

24	10 (ref)	-0,072	0,033	0,006
	15	-0,091	0,047	0,012
	18	0,231	0,058	0,034
	26	-0,539	-0,052	-0,032
	10 (ref)	-0,078	0,027	0,000
	15	-0,838	-0,700	-0,735
	26	3,449	3,935	3,955
11	10 (ref)	0,311	0,031	0,007
	15	0,053	0,010	-0,009
	13	-0,067	0,001	-0,001
	12	-0,027	0,003	-0,011
	18	-0,619	-0,021	-0,018
	26	0,161	0,035	0,001
	10 (ref)	-1,688	-1,968	-1,992
	15	0,055	0,013	-0,006
	13	-0,067	0,001	-0,001
	12	-0,022	0,009	-0,006
	18	-0,621	-0,022	-0,019
26	0,671	0,545	0,511	
10	26 (ref)	0,281	0,057	0,012
	15	0,948	0,999	0,986
	11	0,311	0,031	0,008
	18	-0,305	0,013	-0,007
	24	-0,077	0,028	0,001
	26 (ref)	0,279	0,055	0,010
	15	-0,055	-0,004	-0,017
	11	0,310	0,030	0,006
	18	-0,904	-0,586	-0,607
	24	-0,079	0,026	-0,001
26	10 (ref)	0,285	0,061	0,016
	15	0,157	0,051	0,000
	11	-0,080	-0,206	-0,240
	24	-0,536	-0,049	-0,029
	10 (ref)	0,286	0,062	0,017
	15	-0,240	-0,346	-0,398
	11	0,169	0,043	0,009
24	-0,532	-0,045	-0,025	
15	14 (ref)	-0,290	0,081	0,096
	12	-0,009	0,004	-0,007
	24	-0,102	0,036	0,001
	11	0,055	0,012	-0,006
	26	0,163	0,057	0,006
	10	-0,047	0,003	-0,010
	14 (ref)	-0,391	-0,020	-0,006
	12	0,189	0,202	0,191
	24	-0,099	0,040	0,005
	11	0,059	0,016	-0,002
	26	0,156	0,050	-0,001
10	-0,021	0,030	0,017	

5º ITERACIÓN

3º ITERACION

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	30749,01	0,49	-3,18
	12	4154,76	-0,16	18,80
	24	-8913,02	32,35	32,53
	11	-12303,53	-6,75	-3,38
	26	-4696,35	7,72	21,64
	10	-8945,41	-0,04	0,14
	14 (ref)	30750,53	2,02	-1,66
	12	4136,04	-18,89	0,08
	24	-8926,33	19,04	19,22
	11	-12329,24	-32,46	-29,10
26	-4720,74	-16,66	-2,74	
10	-8955,72	-10,35	-10,18	
16	17 (ref)	29,584	10,010	10,029
	14	530,239	574,638	574,653
	13	-2,872	0,004	-0,024
	17 (ref)	19,837	0,014	0,032
	14	-30,108	-0,041	-0,034
13	-2,875	0,001	-0,027	
13	14 (ref)	-27,229	-0,043	-0,008
	16	-2,869	0,007	-0,021
	12	-447,635	-499,677	-499,700
	11	41,182	0,033	0,006
	14 (ref)	-27,229	-0,043	-0,009
	16	-10,663	-7,987	-8,015
	12	39,619	0,040	0,024
11	41,186	0,037	0,010	
14	13 (ref)	-34,051	-7,039	-7,005
	16	-30,106	-0,039	-0,032
	15	56,523	0,050	0,017
	13 (ref)	-27,231	-0,045	-0,010
	16	-30,107	-0,040	-0,033
15	56,523	0,049	0,017	
17	18 (ref)	1,088	0,007	-0,014
	12	-2,117	-0,017	-0,019
	16	19,842	0,019	0,038
	18 (ref)	1,091	0,010	-0,011
	12	2,771	4,995	4,994
16	19,843	0,020	0,039	
18	24 (ref)	5,871	0,047	0,035
	10	-2,141	-0,016	-0,003
	11	427,010	449,726	449,749
	17	1,096	0,015	-0,005
	24 (ref)	5,869	0,045	0,033
	10	0,784	2,984	2,997
11	-11,527	-0,028	-0,011	
17	1,094	0,013	-0,007	
12	15 (ref)	300,084	299,109	299,119
	13	39,629	0,049	0,033
	17	-3,079	-1,005	-1,007
	11	1,509	-0,037	-0,048
	15 (ref)	8,423	-0,011	-0,005
	13	39,624	0,044	0,028
	17	-2,108	-0,009	-0,011
11	1,541	-0,005	-0,016	

24	10 (ref)	20,885	0,018	0,007
	15	27,676	0,028	0,013
	18	5,871	0,047	0,035
	26	19,189	-0,038	-0,022
	10 (ref)	20,880	0,013	0,001
	15	26,948	-0,719	-0,734
	18	5,864	0,040	0,028
	26	-200,090	-224,925	-224,912
11	10 (ref)	9,414	0,006	0,002
	15	13,416	-0,008	-0,012
	13	41,182	0,033	0,006
	12	1,544	-0,001	-0,012
	18	-11,532	-0,033	-0,016
	26	9,066	0,020	-0,001
	10 (ref)	-136,502	-149,643	-149,649
	15	13,419	-0,006	-0,009
	13	41,182	0,034	0,006
	12	1,549	0,004	-0,007
	18	-11,534	-0,035	-0,017
	26	9,563	0,529	0,509
10	26 (ref)	6,359	0,034	0,005
	15	-87,341	-99,948	-99,955
	11	9,414	0,006	0,002
	18	-2,149	-0,024	-0,011
	24	20,880	0,013	0,002
	26 (ref)	6,357	0,032	0,003
	15	10,103	-0,011	-0,017
	11	9,413	0,005	0,000
	18	70,929	74,923	74,937
	24	20,879	0,011	0,000
26	10 (ref)	6,363	0,038	0,009
	15	16,978	0,025	-0,005
	11	8,831	-0,221	-0,242
	24	19,191	-0,036	-0,020
	10 (ref)	6,363	0,039	0,010
	15	-31,730	-49,929	-49,960
	11	9,073	0,027	0,006
	24	19,195	-0,032	-0,016
15	14 (ref)	56,611	0,140	0,107
	12	8,414	-0,020	-0,014
	24	27,666	0,017	0,002
	11	13,418	-0,006	-0,010
	26	16,984	0,031	0,001
	10	10,111	-0,004	-0,009
	14 (ref)	56,512	0,038	0,006
	12	32,718	24,906	24,911
	24	27,669	0,021	0,006
	11	13,422	-0,002	-0,006
	26	16,978	0,024	-0,006
	10	10,137	0,023	0,018

5º ITERACIÓN

4º ITERACION

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	14938,88	-1,82	-4,74
	12	-40660,89	6,28	18,78
	24	13327,37	54,01	37,60
	11	-7321,69	-17,76	-8,88
	26	6466,80	28,47	23,84
	10	13294,99	21,62	5,22
	14 (ref)	14940,40	-0,30	-3,22
	12	-40679,61	-12,44	0,06
	24	13314,06	40,70	24,29
	11	-7347,40	-43,47	-34,59
	26	6442,42	4,08	-0,54
10	13284,67	11,30	-5,10	
16	17 (ref)	491,394	574,678	574,704
	14	-484,684	-599,652	-599,601
	13	85,102	0,003	0,011
	17 (ref)	-36,974	-0,012	0,054
	14	66,652	0,020	0,030
13	85,100	0,000	0,008	
13	14 (ref)	-18,479	0,020	0,021
	16	85,105	0,006	0,014
	12	454,343	524,659	524,693
	11	14,241	-0,045	0,042
	14 (ref)	-18,479	0,019	0,021
	16	-374,338	-499,717	-499,674
	12	-28,059	-0,035	0,035
11	14,245	-0,041	0,047	
14	13 (ref)	395,019	449,769	449,739
	16	66,654	0,023	0,032
	15	-10,180	-0,053	0,024
	13 (ref)	-18,481	0,018	0,019
	16	66,654	0,022	0,031
15	-10,180	-0,053	0,024	
17	18 (ref)	70,944	0,011	0,015
	12	40,897	-0,039	0,019
	16	-36,969	-0,006	0,059
	18 (ref)	70,947	0,014	0,018
	12	316,566	299,798	299,835
	16	-36,968	-0,005	0,061
18	24 (ref)	56,454	0,066	0,077
	10	53,944	-0,009	0,061
	11	365,322	374,750	374,794
	17	70,952	0,019	0,023
	24 (ref)	56,452	0,064	0,075
	10	-152,772	-224,847	-224,761
	11	20,735	-0,046	0,024
17	70,950	0,018	0,022	
12	15 (ref)	-304,984	-348,965	-348,921
	13	-28,050	-0,025	0,045
	17	-96,920	-149,937	-149,869
	11	42,301	-0,041	-0,023
	15 (ref)	15,862	0,008	0,028
	13	-28,055	-0,031	0,040
	17	40,905	-0,030	0,027
	11	42,330	-0,008	0,009

24	10 (ref)	67,460	0,017	0,075
	15	89,386	0,026	0,103
	18	56,455	0,066	0,077
	26	34,460	-0,038	0,013
	10 (ref)	67,454	0,011	0,069
	15	-2,485	-99,899	-99,815
	18	56,448	0,059	0,070
	26	-195,274	-249,912	-249,843
11	10 (ref)	33,283	0,031	0,031
	15	36,970	0,001	0,029
	13	14,242	-0,045	0,043
	12	42,334	-0,005	0,013
	18	20,730	-0,051	0,019
	26	28,599	0,018	0,042
	10 (ref)	-127,234	-174,558	-174,547
	15	36,972	0,004	0,032
	13	14,242	-0,045	0,043
	12	42,338	0,000	0,018
	18	20,729	-0,053	0,018
	26	97,525	74,986	75,005
10	26 (ref)	25,380	0,024	0,050
	15	124,566	99,932	99,953
	11	33,283	0,032	0,031
	18	53,936	-0,017	0,053
	24	67,455	0,012	0,070
	26 (ref)	25,378	0,022	0,048
	15	32,678	-0,012	0,016
	11	33,282	0,030	0,029
	18	-19,564	-79,960	-79,885
		24	67,453	0,010
26	10 (ref)	25,384	0,028	0,054
	15	54,161	0,014	0,070
	11	-17,337	-49,946	-49,918
	24	34,462	-0,036	0,016
	10 (ref)	25,384	0,029	0,055
	15	100,093	49,974	50,026
	11	28,606	0,025	0,049
	24	34,466	-0,032	0,020
15	14 (ref)	12,760	24,898	24,973
	12	15,853	-0,001	0,019
	24	89,376	0,016	0,093
	11	36,972	0,003	0,031
	26	54,166	0,021	0,076
	10	32,685	-0,004	0,024
	14 (ref)	-10,190	-0,064	0,012
	12	34,186	19,939	19,958
	24	89,380	0,019	0,096
	11	36,975	0,007	0,035
	26	54,160	0,014	0,069
	10	32,709	0,022	0,051

5º ITERACIÓN

5º ITERACION

Error en cuarenta observaciones

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	226,97	-6,05	-10,90
	12	-799,02	18,97	19,84
	24	60,92	32,67	32,54
	11	583,94	26,01	-0,72
	26	-55,89	15,42	22,22
	10	28,54	0,28	0,15
	14 (ref)	228,49	-4,53	-9,38
	12	-817,74	0,24	1,12
	24	47,61	19,36	19,23
	11	558,23	0,30	-26,43
	26	-80,27	-8,96	-2,16
10	18,22	-10,04	-10,17	
16	17 (ref)	-18,697	-19,908	-19,950
	14	17,595	17,966	17,966
	13	-0,332	-0,050	-0,037
	17 (ref)	1,293	0,078	0,037
	14	-16,390	-16,013	-16,013
	13	-15,329	-15,044	-15,031
13	14 (ref)	-0,063	0,030	0,017
	16	-0,329	-0,047	-0,034
	12	13,685	14,015	14,000
	11	0,482	0,035	-0,004
	14 (ref)	-0,063	0,030	0,017
	16	11,669	11,948	11,962
	12	-10,301	-9,966	-9,983
	11	0,486	0,039	0,000
14	13 (ref)	7,934	8,026	8,013
	16	-0,394	-0,019	-0,019
	15	-17,708	-17,950	-17,974
	13 (ref)	-11,061	-10,966	-10,979
	16	-0,394	-0,020	-0,020
	15	9,253	9,006	8,982
17	18 (ref)	5,396	6,954	6,983
	12	-0,645	-0,025	-0,023
	16	-4,699	-5,913	-5,954
	18 (ref)	-1,598	-0,039	-0,010
	12	15,364	15,981	15,984
	16	1,300	0,085	0,044
18	24 (ref)	0,144	0,035	0,028
	10	-0,303	0,005	-0,002
	11	-5,053	-4,990	-5,005
	17	-4,592	-3,032	-3,003
	24 (ref)	0,142	0,033	0,026
	10	0,699	1,006	1,000
	11	-0,056	0,006	-0,010
	17	-1,095	0,465	0,493
12	15 (ref)	0,206	0,313	0,304
	13	-0,295	0,038	0,022
	17	-0,833	-0,213	-0,211
	11	0,756	-0,024	-0,047
	15 (ref)	-0,092	0,014	0,006
	13	18,692	19,021	19,005
	17	-0,637	-0,016	-0,014
	11	-16,205	-16,982	-17,005

24	10 (ref)	14,860	15,009	14,994
	15	-0,171	0,031	0,011
	18	-12,851	-12,957	-12,964
	26	-0,206	-0,023	-0,024
	10 (ref)	-0,137	0,015	0,000
	15	10,826	11,025	11,006
	18	0,137	0,028	0,021
	26	-8,214	-8,030	-8,030
11	10 (ref)	-0,268	-0,008	0,001
	15	0,156	0,005	-0,009
	13	-13,513	-13,957	-13,996
	12	0,792	0,012	-0,011
	18	-0,061	0,001	-0,015
	26	-0,747	-0,015	0,000
	10 (ref)	3,719	3,979	3,988
	15	0,158	0,008	-0,006
	13	0,482	0,035	-0,004
	12	-6,200	-6,979	-7,002
	18	-0,063	-0,001	-0,016
	26	5,261	5,991	6,007
10	26 (ref)	-0,223	0,017	0,010
	15	-5,078	-5,004	-5,011
	11	-0,268	-0,008	0,002
	18	-2,310	-2,002	-2,008
	24	-0,137	0,015	0,000
	26 (ref)	-0,225	0,015	0,008
	15	-0,084	-0,010	-0,018
	11	-0,269	-0,009	0,000
	18	-1,310	-1,002	-1,009
	24	0,561	0,713	0,698
26	10 (ref)	-0,218	0,022	0,014
	15	-0,329	0,011	-0,001
	11	4,260	4,991	5,006
	24	16,790	16,970	16,969
	10 (ref)	-0,217	0,022	0,015
	15	-0,826	-0,486	-0,498
	11	-0,740	-0,008	0,007
24	-0,200	-0,017	-0,017	
15	14 (ref)	-0,143	-0,389	-0,412
	12	-0,101	0,005	-0,003
	24	-0,181	0,020	0,000
	11	0,158	0,007	-0,007
	26	-0,322	0,017	0,005
	10	-0,076	-0,003	-0,010
	14 (ref)	0,255	0,009	-0,015
	12	9,870	9,975	9,966
	24	-0,178	0,024	0,004
	11	0,162	0,012	-0,003
	26	-0,329	0,010	-0,002
	10	0,050	0,124	0,117

3º ITERACIÓN

5º ITERACION

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	40915,66	-0,69	-1,53
	12	-2748,72	0,05	18,73
	24	-12666,91	-18,56	25,45
	11	-4081,35	-0,41	-0,02
	26	-8673,92	2,57	20,33
	10	-12699,30	-50,95	-6,94
	14 (ref)	40917,19	0,83	-0,01
	12	-2767,44	-18,67	0,00
	24	-12680,23	-31,87	12,14
	11	-4107,06	-26,12	-25,74
	26	-8698,30	-21,81	-4,05
	10	-12709,62	-61,27	-17,26
16	17 (ref)	-505,696	-599,591	-599,562
	14	-517,988	-549,749	-549,656
	13	34,686	-0,010	0,012
	17 (ref)	53,560	0,075	0,070
	14	460,708	499,664	499,698
	13	-408,059	-474,746	-474,697
13	14 (ref)	-40,066	-0,043	-0,003
	16	34,689	-0,007	0,015
	12	431,812	424,780	424,776
	11	54,279	0,020	0,061
	14 (ref)	-40,066	-0,044	-0,004
	16	360,922	349,799	349,801
	12	-243,934	-299,792	-299,755
	11	54,283	0,024	0,066
14	13 (ref)	220,918	279,797	279,822
	16	-5,335	-0,053	0,009
	15	-137,986	-209,620	-209,595
	13 (ref)	123,047	174,855	174,885
	16	-5,336	-0,054	0,008
	15	-35,567	-99,801	-99,782
17	18 (ref)	-84,639	-94,962	-94,929
	12	25,849	0,060	0,023
	16	-21,003	-79,875	-79,876
	18 (ref)	3,912	-0,013	0,015
	12	95,768	75,030	74,989
	16	53,566	0,082	0,076
18	24 (ref)	17,639	0,024	0,061
	10	34,189	0,031	0,061
	11	89,997	70,026	69,999
	17	-56,669	-64,971	-64,939
	24 (ref)	17,638	0,022	0,059
	10	80,789	49,997	50,024
	11	24,749	0,063	0,040
	17	45,858	44,965	44,990
12	15 (ref)	48,570	34,876	34,914
	13	35,696	0,043	0,063
	17	-2,101	-29,910	-29,946
	11	18,565	-0,044	-0,022
	15 (ref)	16,026	-0,021	0,020
	13	26,371	-9,957	-9,936
	17	25,857	0,068	0,031
	11	26,984	8,983	9,005

24	10 (ref)	63,865	8,019	8,066
	15	74,745	0,037	0,100
	18	24,164	7,020	7,057
	26	42,547	0,059	0,027
	10 (ref)	56,404	0,020	0,067
	15	66,360	-8,953	-8,891
	18	17,633	0,017	0,054
	26	48,130	6,045	6,012
11	10 (ref)	9,569	-0,038	0,014
	15	27,488	-0,023	0,024
	13	49,619	-4,977	-4,935
	12	18,599	-0,008	0,014
	18	24,744	0,058	0,035
	26	16,718	-0,094	0,024
	10 (ref)	2,122	-8,023	-7,970
	15	27,490	-0,020	0,026
	13	54,280	0,020	0,062
	12	22,332	3,995	4,017
	18	24,743	0,057	0,034
	26	19,524	2,914	3,032
10	26 (ref)	16,176	-0,106	0,032
	15	21,733	-6,001	-5,977
	11	9,569	-0,038	0,015
	18	32,318	-1,975	-1,946
	24	56,405	0,020	0,067
	26 (ref)	16,175	-0,108	0,030
	15	27,322	-0,008	0,015
	11	9,568	-0,039	0,013
	18	35,114	1,022	1,052
	24	57,102	0,768	0,815
26	10 (ref)	16,180	-0,102	0,036
	15	42,822	-0,102	0,053
	11	16,261	-0,585	-0,467
	24	42,922	0,461	0,429
	10 (ref)	16,181	-0,101	0,037
	15	42,592	-0,349	-0,195
	11	16,725	-0,086	0,031
	24	42,553	0,065	0,033
15	14 (ref)	57,392	-0,125	-0,111
	12	16,017	-0,030	0,011
	24	74,735	0,027	0,089
	11	27,490	-0,020	0,026
	26	42,828	-0,096	0,059
	10	27,329	0,000	0,023
	14 (ref)	57,530	0,023	0,037
	12	15,923	-0,131	-0,091
	24	74,738	0,030	0,092
	11	27,494	-0,016	0,030
	26	42,822	-0,103	0,052
	10	27,400	0,076	0,099

11ª ITERACIÓN

6ª ITERACION

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	56729,77	4729,48	-1,62
	12	-39224,87	-1050,05	18,70
	24	-3038,27	14,54	33,08
	11	-9648,42	-37,82	-4,65
	26	-1702,10	-0,31	20,67
	10	-3070,66	-17,85	0,70
	14 (ref)	56731,30	4731,00	-0,10
	12	-39243,59	-1068,78	-0,02
	24	-3051,58	1,22	19,77
	11	-9674,13	-63,53	-30,37
26	-1726,48	-24,70	-3,72	
10	-3080,97	-28,17	-9,62	
16	17 (ref)	466,070	573,039	574,665
	14	-456,168	-601,573	-599,401
	13	134,939	1,593	0,099
	17 (ref)	-27,469	-1,140	0,118
	14	573,816	596,703	599,641
13	-337,139	-547,618	-549,464	
13	14 (ref)	-76,179	-4,025	0,024
	16	134,941	1,596	0,102
	12	451,715	523,197	524,682
	11	57,745	-0,178	0,188
	14 (ref)	-76,180	-4,026	0,024
	16	-294,216	-497,682	-499,496
	12	-406,580	-475,338	-474,490
11	57,749	-0,173	0,192	
14	13 (ref)	310,061	445,324	449,661
	16	58,828	-2,431	0,123
	15	-327,934	-422,950	-424,085
	13 (ref)	267,144	395,395	399,700
	16	58,827	-2,432	0,123
	15	400,848	424,910	424,316
17	18 (ref)	-178,416	-372,673	-374,621
	12	83,113	1,096	0,112
	16	-327,878	-350,634	-349,599
	18 (ref)	143,452	1,787	0,078
	12	340,610	300,667	299,874
	16	-27,463	-1,134	0,125
18	24 (ref)	42,578	0,434	0,156
	10	87,436	0,694	0,196
	11	373,404	374,901	374,821
	17	-156,951	-347,700	-349,632
	24 (ref)	42,577	0,432	0,154
	10	-105,653	-223,944	-224,586
	11	51,532	0,438	0,118
17	-92,579	-272,811	-274,695	
12	15 (ref)	-277,076	-348,990	-348,806
	13	1,121	-1,022	0,129
	17	-45,619	-148,669	-149,749
	11	56,646	0,823	0,038
	15 (ref)	22,619	-0,326	0,080
	13	215,691	248,608	249,918
	17	83,120	1,105	0,120
11	357,085	350,352	349,790	

24	10 (ref)	311,255	225,393	225,002
	15	156,577	1,010	0,302
	18	214,238	200,141	199,991
	26	79,680	0,399	0,102
	10 (ref)	118,165	0,754	0,220
	15	70,762	-98,826	-99,598
	18	42,572	0,427	0,149
	26	-134,909	-249,253	-249,709
11	10 (ref)	36,410	0,250	0,071
	15	58,889	0,426	0,114
	13	143,578	99,679	100,109
	12	56,676	0,859	0,074
	18	51,527	0,433	0,113
	26	42,066	0,482	0,127
	10 (ref)	-113,526	-174,184	-174,475
	15	58,891	0,429	0,117
	13	57,746	-0,177	0,188
	12	163,971	125,685	124,979
	18	51,526	0,432	0,112
	26	106,448	75,383	75,076
10	26 (ref)	35,591	0,529	0,145
	15	143,088	100,203	100,008
	11	36,410	0,251	0,072
	18	156,084	80,559	80,112
	24	118,166	0,755	0,220
	26 (ref)	35,589	0,526	0,143
	15	57,257	0,348	0,089
	11	36,409	0,249	0,070
	18	18,774	-79,186	-79,735
	24	53,802	-74,125	-74,707
26	10 (ref)	35,595	0,533	0,149
	15	89,520	0,864	0,235
	11	-0,842	-49,437	-49,824
	24	49,641	-34,548	-34,867
	10 (ref)	35,595	0,534	0,150
	15	132,424	50,779	50,181
	11	42,072	0,489	0,134
24	79,686	0,406	0,109	
15	14 (ref)	57,884	25,908	25,059
	12	22,611	-0,336	0,071
	24	156,568	1,000	0,292
	11	58,891	0,429	0,116
	26	89,525	0,870	0,241
	10	57,264	0,356	0,097
	14 (ref)	36,446	0,967	0,103
	12	39,736	19,587	20,006
	24	156,570	1,003	0,295
	11	58,894	0,433	0,121
	26	89,519	0,863	0,234
10	40,121	-19,588	-19,860	

11º ITERACIÓN

9º ITERACION

Error en número de observaciones igual a la redundancia

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	-37,67	-1,07	-2,55
	12	-818,23	53,86	19,95
	24	33,40	32,43	32,48
	11	1110,83	31,44	-0,85
	26	-243,88	11,29	20,56
	10	1,01	0,04	0,09
	14 (ref)	-36,15	0,45	-1,03
	12	-836,95	35,14	1,23
	24	20,08	19,11	19,17
	11	1085,12	5,73	-26,57
	26	-268,27	-13,09	-3,83
	10	-9,31	-10,28	-10,23
16	17 (ref)	-18,625	-19,870	-19,940
	14	18,150	17,920	17,969
	13	0,220	-0,084	-0,025
	17 (ref)	14,342	13,112	13,039
	14	-15,816	-16,061	-16,010
	13	-14,769	-15,080	-15,019
13	14 (ref)	-4,045	-3,981	-3,989
	16	0,223	-0,081	-0,022
	12	13,714	14,007	14,013
	11	0,840	-0,013	0,016
	14 (ref)	-0,050	0,017	0,008
	16	12,214	11,915	11,973
	12	-10,259	-9,976	-9,968
11	0,895	0,041	0,070	
14	13 (ref)	7,943	8,013	8,004
	16	0,172	-0,067	-0,016
	15	-17,706	-17,974	-17,954
	13 (ref)	-11,041	-10,979	-10,988
	16	-0,329	-0,567	-0,517
	15	9,240	8,983	9,001
17	18 (ref)	5,731	6,873	6,986
	12	0,053	-0,056	-0,010
	16	-4,635	-5,874	-5,945
	18 (ref)	-1,259	-0,120	-0,007
	12	16,053	15,952	15,996
	16	-9,629	-10,870	-10,941
18	24 (ref)	2,360	1,995	2,039
	10	0,039	-0,047	0,015
	11	-4,376	-5,019	-4,993
	17	-4,251	-3,114	-3,000
	24 (ref)	0,360	-0,005	0,038
	10	1,040	0,954	1,016
	11	0,618	-0,023	0,002
	17	-0,756	0,383	0,496
12	15 (ref)	-0,115	0,288	0,308
	13	-0,259	0,029	0,036
	17	-0,135	-0,244	-0,198
	11	1,078	-0,062	-0,041
	15 (ref)	7,560	7,967	7,986
	13	18,718	19,014	19,019
	17	0,062	-0,047	-0,002
11	-15,874	-17,022	-16,999	

24	10 (ref)	15,314	14,950	15,012
	15	0,442	-0,049	0,035
	18	-12,625	-12,996	-12,952
	26	-0,457	-0,070	-0,015
	10 (ref)	0,725	0,354	0,417
	15	11,433	10,947	11,029
	18	0,355	-0,010	0,033
	26	-8,461	-8,077	-8,021
11	10 (ref)	19,344	19,923	19,958
	15	0,184	-0,031	-0,001
	13	-13,146	-14,006	-13,976
	12	1,114	-0,026	-0,005
	18	-5,382	-6,025	-5,999
	26	0,606	-0,026	0,008
	10 (ref)	3,384	3,956	3,992
	15	0,187	-0,028	0,002
	13	0,841	-0,012	0,016
	12	-5,874	-7,018	-6,996
	18	0,611	-0,029	-0,004
	26	6,610	5,981	6,015
10	26 (ref)	1,399	0,009	0,019
	15	-4,851	-5,033	-5,002
	11	-0,601	-0,031	0,006
	18	-1,967	-2,054	-1,992
	24	0,276	-0,095	-0,032
	26 (ref)	1,397	0,007	0,016
	15	0,140	-0,039	-0,009
	11	2,390	2,961	2,998
	18	-0,968	-1,054	-0,993
	24	1,023	0,653	0,716
26	10 (ref)	1,403	0,013	0,023
	15	1,487	-0,025	0,015
	11	5,610	4,980	5,014
	24	16,529	16,924	16,978
	10 (ref)	-16,567	-17,965	-17,954
	15	0,990	-0,522	-0,482
	11	2,612	1,981	2,015
	24	0,349	0,736	0,791
15	14 (ref)	-0,151	-0,412	-0,393
	12	-0,422	-0,019	0,000
	24	1,431	0,940	1,023
	11	0,186	-0,029	0,001
	26	-15,486	-17,005	-16,964
	10	0,148	-0,032	-0,001
	14 (ref)	0,247	-0,014	0,005
	12	9,543	9,951	9,970
	24	0,435	-0,056	0,027
	11	0,191	-0,024	0,005
	26	-10,499	-12,016	-11,975
	10	0,274	0,095	0,125

2º ITERACIÓN

3º ITERACIÓN

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	7435,12	-1,08	-2,97
	12	2376,07	18,83	18,72
	24	-5203,42	25,03	28,43
	11	4047,30	0,16	-0,11
	26	-3373,80	24,32	23,76
	10	-5235,81	-7,36	-3,96
	14 (ref)	7436,65	0,44	-1,45
	12	2357,35	0,11	0,00
	24	-5216,73	11,72	15,11
	11	4021,59	-25,55	-25,83
	26	-3398,19	-0,07	-0,62
	10	-5246,13	-17,67	-14,28
16	17 (ref)	-443,411	-509,675	-599,413
	14	584,391	574,648	574,658
	13	66,417	-0,017	0,086
	17 (ref)	-309,180	-359,760	-449,531
	14	-422,348	-549,716	-549,460
	13	-358,654	-474,753	-474,545
13	14 (ref)	-287,481	-324,821	-324,718
	16	66,419	-0,015	0,089
	12	392,611	424,782	424,763
	11	44,280	0,031	0,174
	14 (ref)	3,354	-0,006	0,026
	16	-291,531	-399,787	-399,596
	12	325,501	349,831	349,828
	11	-224,181	-299,797	-299,589
14	13 (ref)	253,919	279,835	279,805
	16	69,839	-0,023	0,113
	15	-223,304	-259,547	-259,411
	13 (ref)	-184,571	-209,888	-209,810
	16	-64,394	-149,939	-149,771
	15	165,548	174,738	174,778
17	18 (ref)	86,558	24,977	114,982
	12	47,642	-0,505	0,109
	16	4,035	-9,949	-99,797
	18 (ref)	-16,349	-89,954	0,077
	12	-37,354	-95,431	-94,797
	16	12,985	0,047	-89,803
18	24 (ref)	-18,026	-64,947	-64,813
	10	60,381	0,029	0,191
	11	118,220	84,972	85,060
	17	-87,934	-169,902	-79,855
	24 (ref)	40,139	0,013	0,133
	10	127,488	74,977	75,123
	11	42,153	0,018	0,125
	17	46,295	-19,990	70,024
12	15 (ref)	68,745	49,872	49,912
	13	12,308	0,045	0,120
	17	87,920	44,480	45,083
	11	31,966	-0,035	0,034
	15 (ref)	-2,674	-29,891	-29,834
	13	-23,491	-39,937	-39,854
	17	47,649	-0,496	0,117
	11	63,316	34,978	35,039

24	10 (ref)	100,981	15,015	15,196
	15	116,019	0,039	0,282
	18	28,508	-12,977	-12,854
	26	59,541	0,010	0,108
	10 (ref)	87,913	0,421	0,604
	15	125,864	11,034	11,275
	18	40,135	0,008	0,128
	26	52,372	-7,996	-7,897
11	10 (ref)	32,605	15,967	16,019
	15	44,301	0,007	0,104
	13	31,752	-13,961	-13,815
	12	31,998	0,001	0,070
	18	36,779	-5,984	-5,876
	26	26,992	-0,025	0,104
	10 (ref)	21,882	3,991	4,046
	15	44,303	0,010	0,107
	13	44,281	0,032	0,175
	12	25,738	-6,990	-6,920
	18	42,147	0,011	0,118
	26	32,370	5,982	6,109
10	26 (ref)	28,829	-0,015	0,118
	15	37,950	-5,001	-4,910
	11	18,313	0,005	0,060
	18	58,584	-1,977	-1,815
	24	87,511	-0,029	0,155
	26 (ref)	28,827	-0,017	0,116
	15	42,421	-0,007	0,082
	11	20,992	2,997	3,051
	18	59,479	-0,978	-0,816
	24	88,180	0,719	0,903
26	10 (ref)	28,833	-0,011	0,123
	15	69,064	-0,014	0,203
	11	31,475	4,981	5,109
	24	74,756	17,003	17,097
	10 (ref)	12,736	-17,988	-17,851
	15	68,619	-0,511	-0,294
	11	28,789	1,981	2,110
	24	60,262	0,816	0,914
15	14 (ref)	8,747	-0,384	-0,305
	12	24,100	0,011	0,062
	24	116,904	1,028	1,271
	11	44,303	0,010	0,107
	26	68,802	-0,308	-0,091
	10	42,428	0,000	0,089
	14 (ref)	9,103	0,014	0,092
	12	33,026	9,981	10,029
	24	116,013	0,032	0,275
	11	44,307	0,014	0,111
	26	58,328	-12,005	-11,785
	10	42,541	0,127	0,216

11º ITERACIÓN

9º ITERACIÓN

		MM.CC	Est. Robusta (GM)	Est. Robusta (MS)
15	14 (ref)	12490,05	-0,80	-1,60
	12	-13105,23	-0,05	18,72
	24	-7033,09	13,80	32,81
	11	12363,74	14,27	0,00
	26	2395,45	24,09	22,34
	10	-7065,47	-18,59	0,42
	14 (ref)	12491,58	0,73	-0,07
	12	-13123,95	-18,77	0,00
	24	-7046,40	0,48	19,49
	11	12338,03	-11,44	-25,72
	26	2371,07	-0,29	-2,05
10	-7075,79	-28,91	-9,90	
16	17 (ref)	-390,751	-453,727	-560,194
	14	573,317	575,349	574,919
	13	98,463	52,757	20,164
	17 (ref)	-266,037	-320,356	-416,613
	14	-362,038	-424,939	-501,947
	13	-296,468	-369,590	-434,517
13	14 (ref)	-273,488	-277,633	-306,733
	16	98,465	52,760	20,166
	12	392,678	421,466	423,520
	11	96,815	79,951	30,627
	14 (ref)	-3,275	11,337	4,361
	16	-234,104	-302,897	-362,718
	12	330,326	354,786	351,735
	11	-152,611	-186,790	-256,535
14	13 (ref)	229,524	260,297	272,380
	16	95,250	64,094	24,525
	15	-165,388	-186,307	-231,501
	13 (ref)	-177,875	-175,384	-196,655
	16	-29,465	-69,278	-119,059
	15	195,892	200,054	184,437
17	18 (ref)	91,877	96,912	124,457
	12	73,252	53,776	21,335
	16	24,970	-9,147	-81,579
	18 (ref)	-3,733	-5,336	14,382
	12	-5,717	-30,675	-69,582
	16	33,285	-0,255	-72,006
18	24 (ref)	29,009	-7,472	-42,930
	10	88,401	84,185	32,238
	11	136,329	131,208	102,652
	17	-70,243	-76,462	-62,190
	24 (ref)	83,049	50,320	19,287
	10	150,751	150,863	104,020
	11	65,656	55,629	21,287
	17	54,469	56,907	81,390
12	15 (ref)	73,599	77,737	60,547
	13	39,341	43,600	16,726
	17	110,674	93,796	64,419
	11	57,462	36,333	13,882
	15 (ref)	7,244	6,776	-15,847
	13	6,080	8,030	-21,567
	17	73,259	53,784	21,343
	11	86,589	67,482	47,416

24	10 (ref)	639,444	625,747	609,593
	15	186,404	122,380	46,872
	18	-407,478	-474,260	-545,453
	26	101,761	54,459	20,830
	10 (ref)	564,625	545,734	523,455
	15	651,928	620,220	582,825
	18	83,045	50,315	19,282
	26	-330,592	-407,908	-476,935
11	10 (ref)	354,777	383,574	393,141
	15	64,048	52,508	20,108
	13	-302,272	-346,841	-428,839
	12	57,492	36,365	13,916
	18	377,438	389,055	380,239
	26	60,809	51,045	19,543
	10 (ref)	404,570	436,823	450,467
	15	64,050	52,510	20,110
	13	96,816	79,952	30,628
	12	-291,705	-337,073	-388,111
	18	65,651	55,623	21,281
	26	-275,909	-309,048	-368,118
10	26 (ref)	55,970	55,315	21,188
	15	-193,716	-235,317	-284,381
	11	22,809	28,560	10,949
	18	-140,213	-160,300	-230,964
	24	306,932	270,152	226,775
	26 (ref)	55,968	55,313	21,186
	15	68,169	44,747	17,125
	11	-134,883	-140,079	-170,601
	18	296,220	306,431	271,498
	24	-42,204	-103,221	-175,182
26	10 (ref)	55,974	55,319	21,192
	15	122,597	97,712	37,415
	11	-72,211	-91,210	-133,602
	24	226,478	187,834	164,416
	10 (ref)	139,062	144,176	116,851
	15	31,171	-0,061	-67,843
	11	-9,856	-24,526	-61,813
	24	180,753	138,935	111,773
15	14 (ref)	-15,905	-26,446	-59,403
	12	32,120	33,379	12,792
	24	144,831	77,920	-0,991
	11	64,050	52,510	20,110
	26	155,849	133,273	75,698
	10	68,175	44,754	17,133
	14 (ref)	50,540	44,611	17,095
	12	90,180	95,469	79,636
	24	186,398	122,373	46,865
	11	64,053	52,514	20,114
	26	93,505	66,601	3,922
	10	122,238	102,570	79,374

11º ITERACIÓN

9º ITERACIÓN



6.6. BIBLIOGRAFIA



APUNTES Y TEXTOS:

- Ana Domingo Preciado: “Investigación sobre los Métodos de Estimación Robusta aplicados a la resolución de los problemas fundamentales de la Fotogrametría”. Tesis Doctoral Universidad de Cantabria (Febrero 2000).
- Ana Domingo Preciado: “Aplicación de las Técnicas de Estimación Robusta en algunos problemas fotogramétricos”. Revista TopCart 2000 del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- Ana Domingo Preciado: Apuntes Ajuste de Observaciones I (E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía de Madrid)
- Carlos Soler y José Juan Arranz: Apuntes Topografía II (E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía de Madrid)

REFERENCIAS ONLINE

- www.wikipedia.org
- www.monografias.com
- www.topografia.upm.es
- www.udc.es/dep/mate/estadistica2/sec1_3.html
- www.rae.es
- www.cartesia.org
- www.redalyc.org/pdf/849184916680051.pdf
- www.ign.es
- http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/contenidos/Mis_documentos/Tema-2-Errores-e-Incertidumbres/Tema_2_Incertidumbre_Observaciones_Topograficas.pdf
- http://coello.ujaen.es/publicaciones/Garcia-Ruiz-Mesa_2011_Mapping_Evaluacion_incertidumbre.pdf
- <http://www.auladeastronomiayebes-valdeluz.es/observatorio-astr%C3%B3nomico-de-yebes/>
- http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Tema_10_Teoría.pdf
- <https://www.guadalajara.es/es/Ayuntamiento/Cartografía-y-Topografía/Red-Geodesica-de-Guadalajara>
- <http://nivelacion-topografica.wikispaces.com/Nivelaci%C3%B3n+Topogr%C3%A1fica>.
- <http://detopografia.blogspot.com.es/2013/03/tecnicas-de-medicion-gps-en-topografia.html>
- <http://www.leica-geosystems.com>
- Google (Maps, Earth)