

# INDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| 1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....   | 2  |
| 2. ANEJO.1-CALCULO DE ERRORES<br>ACCIDENTALES.....  | 17 |
| 3. ANEJO.2-DATOS DE LA LIBRETA DE CAMPO.....  | 33 |
| 4 .ANEJO.3-TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....  | 38 |
| 5. ANEJO.4-DESCRIPCION Y FUNDAMENTO DE LOS<br>INSTRUMENTOS Y PROGRAMAS<br>INFORMATICOS..... | 53 |
| 6. ANEJO.5-SITUACION DE LAS ESTACIONES Y<br>PUNTOS GPS.....                                 | 69 |
| 7. ANEJO.6-SECCIONES, VOLUMENES Y<br>CAUDALES.....  | 84 |
| 8. ANEJO.7-CARTOGRAFIA.....   | 93 |
| 9. ANEJO.8-BIBLIOGRAFIA.....  | 94 |

# 1.MEMORIA DESCRIPTIVA

## INDICE:

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.1. | ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....                                   | 4  |
| 1.2. | EMPLAZAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO.....                           | 5  |
| 1.3. | EQUIPOS UTILIZADOS EN SU REALIZACION.....                       | 6  |
|      | 1.3.1. ESTACIÓN TOTAL ELECTRÓNICA LEICA TPS400<br>LASER.....    | 6  |
|      | 1.3.2. INSTRUMENTOS ADICIONALES.....                            | 7  |
| 1.4. | PLANIFICACION.....  | 7  |
|      | 1.4.1. INTRODUCCION.....  | 7  |
|      | 1.4.2. ELECCION DE ITINERARIOS.....                             | 8  |
|      | 1.4.3. COLOCACION DE LAS PUAS.....                              | 10 |
|      | 1.4.4. SITUACION DE LOS PUNTOS DE COORDENADAS<br>CONOCIDAS..... | 11 |
|      | 1.4.5. MEDICIONES DE CAMPO.....                                 | 14 |
| 1.5. | CONCLUSION DE LA MEMORIA.....                                   | 16 |

## 1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El presente trabajo consiste en la realización de un proyecto fin de carrera “PFC”, cuyo objetivo es el levantamiento y la elaboración de un plano topográfico, de una determinada zona de la rambla de “Los Barreros”, en la ciudad de Cartagena (Murcia). Nuestra finalidad será, la de determinar en qué zonas de la rambla tienen riesgo de producir un desbordamiento.

La zona de trabajo se encuentra al comienzo del canal, donde la rambla entra en la ciudad, concretamente entre los barrios de “Los Dolores” y “Los Barreros” de Cartagena.

Para la realización de este PFC ha sido necesaria la colaboración de un compañero de la titulación. Esto se debe a la utilización de los instrumentos, los cuales requieren dos personas para su manejo. Mi compañero de trabajo ha sido Antonio Jesús Gómez Salmerón. Después de la toma de datos, nuestros trabajos fueron separados a fin de realizar un PFC individual.

Para llevar a cabo este PFC empezamos con la planificación: primero se procedió a un análisis visual de la zona de campo, en donde debimos estudiar donde tomar los puntos GPS y los posibles itinerarios para cubrir toda la zona, así como cuantas estaciones necesitaríamos. También, es fundamental conocer los aparatos a utilizar, dependiendo de las características de la zona y afianzarse con su manejo.

Una vez elegida la opción que nos ha parecido más adecuada, se procede a analizar los errores accidentales, para saber si hemos hecho una buena planificación de la zona de trabajo.

Finalizado el estudio inicial, procedemos a la recogida de datos, donde mediremos las posiciones altimétricas y planimétricas en las distintas secciones del canal. Y posteriormente transformaremos estos datos mediante un programa informático, para así poder representarlos.

## 1.2. EMPLAZAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO

La zona en la que se ha realizado el proyecto, se encuentra en la ciudad de Cartagena (Murcia). Esta, concretamente se sitúa entre los barrios de Los Dolores y Los Barreros.

En la siguiente imagen podemos ver la zona de estudio completa, la cual se dividió en tres itinerarios. Y a continuación la correspondiente a este proyecto.

Nuestro PFC representa el tercer y último itinerario. Se procedió a repartirlo de esta manera, debido a que el último tramo reflejaba casi la misma cantidad de estacionamientos que los dos primeros.

El área de estudio de esta zona se comprende de 2.700 m<sup>2</sup> aproximadamente (calculados mediante Cartomur).



*PLANO GENERAL FRAGMENTADO*



*PLANO TERCER ITINERARIO AUMENTADO*

## 1.3. EQUIPOS UTILIZADOS EN SU REALIZACIÓN

### 1.3.1. ESTACIÓN TOTAL ELECTRÓNICA LEICA TPS400 LASER

Las características más importantes de la estación son:

- Aumentos del antejo: 30x
- Distancia mínima del enfoque: 1.7m (5.6ft)
- Compensador de dos ejes.
- Precisión de estabilización: 2" (0.7mgon)

### 1.3.2. INSTRUMENTOS ADICIONALES

- Trípode
- Tornillos de marcación
- Prisma
- Jalón porta prisma
- software para descargar los datos

## 1.4. PLANIFICACIÓN

### 1.4.1. INTRODUCCIÓN

#### *-Definición del trabajo*

En primer lugar se habló con el profesor Manuel Rosique Campoy sobre la posibilidad de hacer un PFC. Él nos comentó el interés de realizar un estudio topográfico de la rambla de Los Barreros con respecto a nuestra especialidad, pues además de hacer un levantamiento topográfico, se podría calcular la capacidad de esta.

La finalidad de este proyecto consiste en la medición en altimetría y planimetría de la zona, utilizando para ello una estación total. La red topográfica se realizará mediante una serie de itinerarios que cubran la zona de trabajo. El método llevado a cabo para la obtención de los puntos en cuestión será mediante radiación y posteriormente los plasmaremos en un plano. Y por último se realizarán los cálculos oportunos para saber cuál es su capacidad, y localizar las zonas conflictivas a riesgo de desbordamiento.

#### *-Estudio inicial*

El profesor nos mostró mediante una aplicación del ordenador, la zona que deberíamos trabajar. He inmediatamente fuimos a inspeccionarla.

La universidad nos proporcionó en todo momento todo el material necesario para la realización del proyecto, así como: tornillos, martillos, estación total, sprays de color, cintas métricas, programas para transformar los datos...

Para poder comenzar con nuestro trabajo, procedimos a un estudio de la zona. Donde nos interesaba saber dónde colocaríamos los puntos GPS, estos serían necesarios para la orientación de los itinerarios, pues nos interesa tener unos puntos de coordenadas conocidas para enlazar los itinerario con la red geodésica.

Y posteriormente, estudiaríamos donde situar cada uno de los estacionamientos para cubrir cada itinerario y cuantos serían necesarios. En algunos casos tuvimos problemas para situar los por la falta de visibilidad.

#### 1.4.2. ELECCION DE ITINERARIOS

Tras analizar la zona llegamos a la conclusión que para cubrir toda la rambla deberíamos dividirla en tres tramos o itinerarios, por los siguientes motivos:

-Los itinerarios debían ser encuadrados, pues es una rambla y para cerrar cada itinerario tendríamos que volver al punto de partida, doblando los estacionamientos.

-La falta de visibilidad a los puntos de coordenadas conocidas: tubos de saneamiento, barandillas de las vías, curvatura y encauzamiento del canal, existencia de túneles...

-En el caso de no existir los problemas anteriores, tampoco deberíamos cubrir la zona con un solo itinerario, pues el error accidental acumulado sería demasiado grande, por la cantidad de estacionamientos. Una buena planificación los independizaría para reducir los errores.

Seleccionamos tres itinerarios. Hablaremos del último que corresponde a nuestro PFC:

-Se trata de un itinerario encuadrado de once estacionamientos. El cual fue el más problemático por la cantidad de túneles que comprendía.

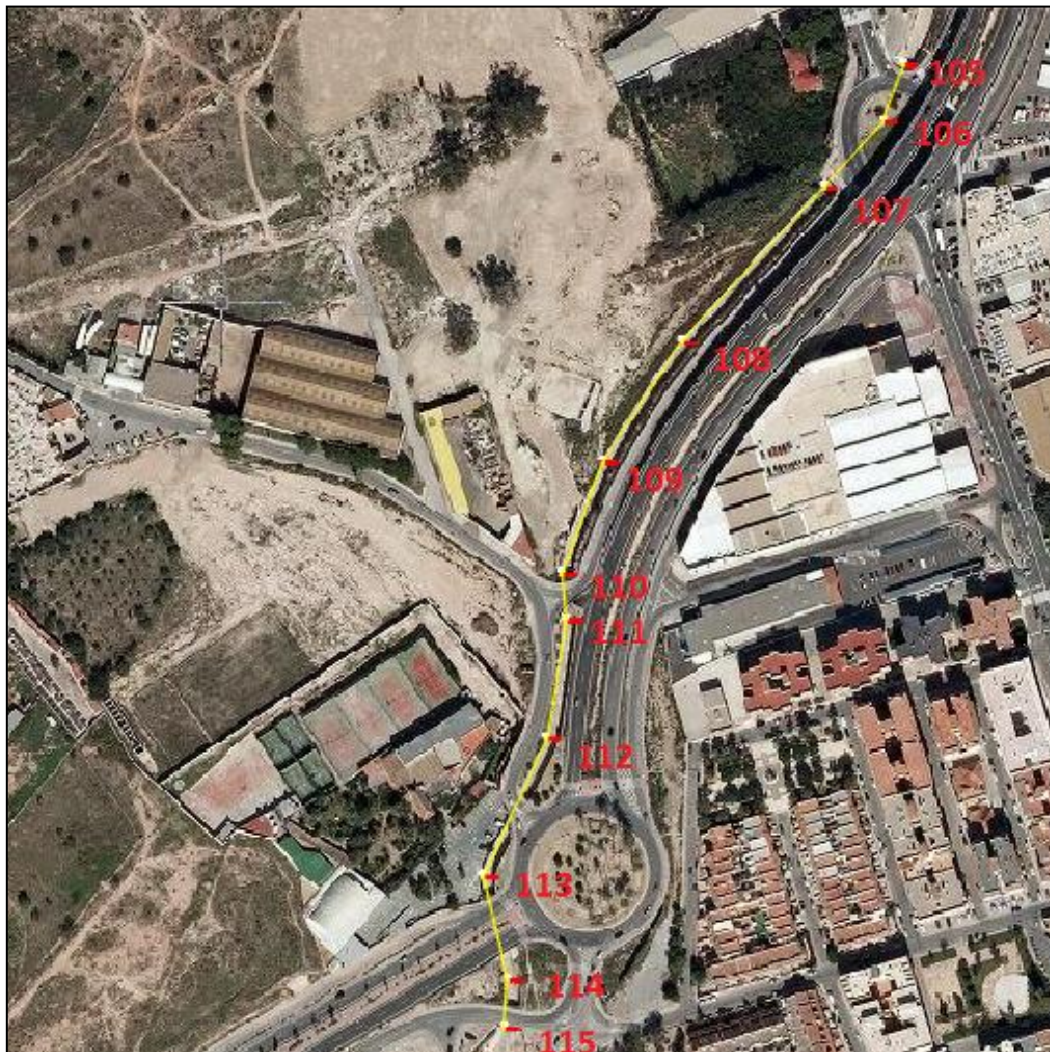


Una vez elegido el tipo de itinerario, se estudió como iban a situarse cada una de los estacionamientos. De modo que estas se vean de dos en dos, para obtener las visuales de frente y de espaldas.

Es importante mencionar que en algunas zonas se tuvo que tener un especial cuidado:

- Túneles. El primero que nos encontramos era bastante largo y se hicieron tres estacionamientos: al principio, a la mitad y al final. Pero no nos dejaba lanzar visuales fácilmente por la obscuridad, así que nos tendríamos que valer de luces.

-Arbustos. Al final del itinerario obstaculizaban unos arbustos hacia el punto de coordenadas conocidas.



### 1.4.3. COLOCACION DE LAS PUAS

Una vez que conocemos donde queremos situar cada una de las estaciones, los tenemos que marcar con púas y señalizarlos con spray, para conocer su situación exacta, localizarlos fácilmente y estacionar sobre ellos. No tuvimos problemas a la hora de marcar los puntos pues nos valíamos de las juntas entre losa y losa, aunque tuvimos alguna excepción.

-El punto de coordenadas conocida final se encontraba en una zona con tierra suelta y de poco tránsito (descampado). Colocamos la púa como en todos los puntos anteriores y marcamos con el spray de color. Cuando volvimos de nuevo estaba suelta pero aún seguía la marca, así que volvimos a colocar otra púa y pusimos una piedra característica encima para que no volviese a ocurrir.

-La mayoría de nuestros puntos de estación se encontraban sucios, debido a las avenidas de agua y todo lo que ella arrastraba. Pero se resolvió fácilmente limpiando la zona y señalizándola posteriormente.



#### 1.4.4. SITUACION DE LOS PUNTOS DE COORDENADAS CONOCIDAS



COORDENADAS-REC.2:

X: 676360,4511

Y: 4166837,103

Alt.Elipsoidal: 68,11695

Alt.Ortométrica: 17,85945

Desv.Est.Y local: 0,00965

Desv.Est.X local: 0,009

Desv.Est.Altura: 0,02225

COORDENADAS-INICIAL:

X: 676268,2248

Y: 4166553,182

Alt.Elipsoidal: 65,6497

Alt.Ortométrica: 15,3922

Desv.Est.Y local: 0,0398

Desv.Est.X local: 0,0116

Desv.Est.Altura: 0,0933

COORDENADAS-FINAL:

X: 676071,7229

Y: 4166078,604

Alt.Elipsoidal: 63,102

Alt.Ortométrica: 12,8445

Desv.Est.Y local: 0,0327

Desv.Est.X local: 0,0262

Desv.Est.Altura: 0,0933

COORDENADAS-REC.3:

X: 676014,3145

Y: 4166032,623

Alt.Elipsoidal: 68,4379

Alt.Ortométrica: 18,1804

Desv.Est.Y local: 0,0122

Desv.Est.X local: 0,0116

Desv.Est.Altura: 0,02985

Todo GPS mide sobre la vertical geodésica obteniendo alturas elipsoidales, pero nosotros necesitamos saber cuál es la altura a nivel del mar o también llamada “altura ortométrica. Así pues, tendremos que restar a nuestra altura elipsoidal, lo que llamamos ondulación del geoide y obtendremos la altura ortométrica necesaria.

La ondulación del geoide la hemos sacado del Instituto Nacional de Geografía. Y para ser más precisos hemos hecho una media entre los dos puntos más cercanos a nuestra zona.

#### 1.4.5. MEDICIONES DE CAMPO

Antes de comenzar a medir tuvimos que afianzarnos con el equipo. Para ello procedimos a leer el manual de uso de la estación total, que nos proporcionó el profesor y asistimos a una clase de topografía en prácticas. El uso del equipo no fue complicado, los problemas recaían a la hora de estacionar, que dado nuestra poca experiencia se nos hacía pesado y tardábamos más de lo habitual.



Junto a mi compañero procedimos a realizar las mediciones correspondientes de la zona de trabajo.

Debido a nuestra falta de experiencia tuvimos que repetir varios itinerarios, pues nuestro error angular era muy grande. Esto fue inducido por un mal estacionamiento y nivelación.

Los problemas que aparecieron en la medición, fueron los siguientes:

-VIENTO: por nuestra localización (Cartagena), tuvimos algún día en el que era muy difícil medir. El viento nos impedía tener nivelado correctamente el prisma y en algunos casos llegaba a perjudicar también a la estación.

-MATORRALES Y SUCIEDAD: en algunas zonas del canal se encontraban matorrales de bastante envergadura y mucha suciedad, que nos impedía visar el jalón y encontrar los puntos señalizados con facilidad.

-ARBUSTOS: justo al final del itinerario, nos encontramos con un pequeño arbusto que nos dificultaba hacer la medición, pero fue resuelto con una cuerda que facilitó inclinarlo lo suficiente. Posteriormente lo soltamos y quedó tal y como estaba anteriormente.



-CONDUCCIONES: en una zona, un tubo de saneamiento nos impedía lanzar la visual al punto de coordenadas conocidas, pues este se encontraba en altura. Pero esto fue resuelto previamente en la planificación.

-TUNELES: el primer túnel a medir, era lo suficientemente largo como para limitar la visibilidad en él. Nos tuvimos que valer de luces para hacer las mediciones correspondientes.



## 1.5. CONCLUSIÓN DE LA MEMORIA

Para la redacción de este proyecto se ha tenido en cuenta las prescripciones de la legislación vigente y que de acuerdo con ellas se han cubierto las condiciones impuestas de Manuel Francisco Rosique Campoy (director del proyecto), se somete a la aprobación por el jurado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, dándolo por terminado en Cartagena a 26 de Febrero de 2015.



## **2. ANEJO.1-CÁLCULO DE ERRORES ACCIDENTALES**

## INDICE:

|   |    |
|---|----|
| 2.1. INTRODUCCION.....  | 20 |
| 2.2. CALCULO DE ERRORES.....  | 20 |
| 2.3. ERRORES ACCIDENTALES EN LA RED POR GPS.....                                    | 21 |
| 2.4. ERRORES ACCIDENTALES EN LA RED DE TOPOGRAFIA.....                              | 22 |
| 2.4.1. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE<br>ANGULOS.....                         | 22 |
| 2.4.1.1. ANGULOS ACIMUTALES.....  | 22 |
| 2.4.1.2. ANGULOS CENTALES.....  | 24 |
| 2.4.1.3. ERROR ANGULAR TOTAL.....   | 24 |
| 2.4.2. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE<br>DISTANCIAS.....                      | 25 |
| 2.4.3. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE<br>DESNIVELES (con estación total)..... | 26 |
| 2.5. ERRORES ACCIDENTALES EN LA RED DE DETALLE.....                                 | 27 |
| 2.5.1. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE<br>ANGULOS.....                         | 27 |
| 2.5.2. ERROR ANGULAR TOTAL.....   | 27 |
| 2.5.3. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE<br>DISTANCIAS.....                      | 28 |
| 2.5.4. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE<br>DESNIVELES CON ESTACION TOTAL.....   | 28 |

|   |    |
|---|----|
| 2.6. ACUMULACION DE ERRORES-COMPROBACION FINAL..... | 29 |
| 2.6.1. ACUMULACION DE ERRORES EN PLANIMETRIA.....   | 29 |
| 2.6.2. ACUMULACION DE ERRORES EN ALTIMETRIA.....    | 30 |
| 2.7. CONCLUSION.....                                | 31 |

## 2.1. INTRODUCCIÓN

Al realizar cualquier trabajo topográfico cometeremos errores. Los cuales se pueden deber a dos causas: limitaciones de la vista humana y limitaciones de los aparatos topográficos empleados.

En topografía el estudio previo de los errores y su transmisión nos permiten determinar:

- El error total que podemos esperar en nuestro trabajo.
- La tolerancia de error de la que disponemos.
- Los equipos y métodos que debemos utilizar para obtener unos errores admisibles.

Existen dos tipos de errores: sistemáticos y accidentales.

**-Sistemáticos:** son aquellos que se produce de igual modo en todas las mediciones que se realizan. Pueden estar originados por un defecto del aparato, una particularidad del operador o del proceso de medición. Estos se dan en un mismo sentido y pueden ser eliminados al menos en teoría con un determinado ajuste.

**-Accidentales:** son provocados por un sin fin de causas que no podemos controlar, tales como limitaciones de los instrumentos y de nuestros sentidos. Se dan tanto en un sentido como en otro, pudiendo tener signo positivo o negativo.

En operaciones escalonadas utilizando un mismo aparato, los errores sistemáticos se acumulan mientras que los accidentales tienden a compensarse.

## 2.2. CÁLCULO DE ERRORES

Una vez que hemos planificado como realizar el proyecto, tendremos que comprobar si dicha planificación es la correcta. De modo que calcularemos los errores accidentales que se pueden dar en nuestro trabajo y así obtendremos nuestro límite de tolerancia. Si nuestro cálculo de errores excediese el límite de tolerancia, habría que revisarlo y corregirlo.

## 2.3. ERRORES ACCIDENTALES EN LA RED POR GPS

No se realizó ninguna medición con estación total para realizar una red de triangulación, en su lugar se sustituyó por tres puntos tomados con GPS. De cada punto tomamos dos mediciones para una mayor precisión, aquí mostramos sus valores medios y a continuación los errores cometidos por el GPS:

|      | X local     | Y local     | Alt.Elipsoidal | Desv.Est. Y local | Desv.Est. X local | Desv.Est. Altura |
|------|-------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|
|      | 676014,3168 | 4166032,625 | 68,4356        | 0,0123            | 0,0117            | 0,0301           |
|      | 676014,3121 | 4166032,62  | 68,4402        | 0,0121            | 0,0115            | 0,0296           |
| Rec3 | 676014,3145 | 4166032,623 | 68,4379        | 0,0122            | 0,0116            | 0,02985          |

-Error planimétrico total de REC 3:

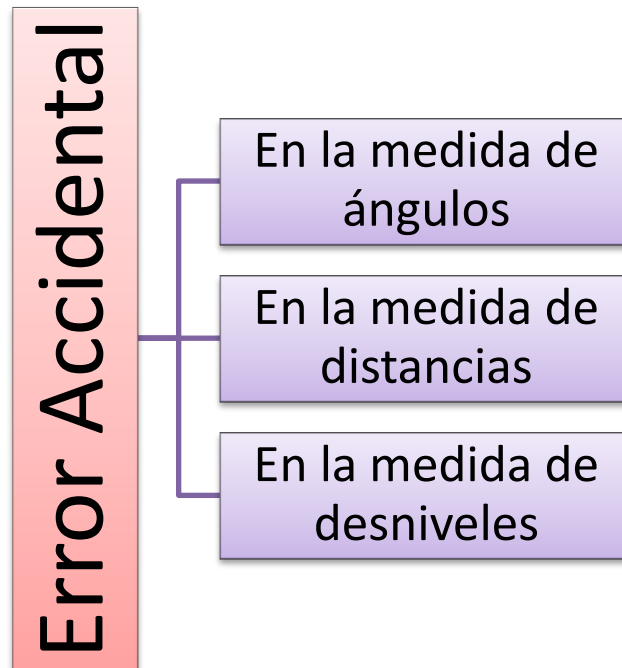
$$\xi_{t3} = \sqrt{ex^2 + ey^2} = 0,017m$$



## 2.4. ERRORES ACCIDENTALES EN LA RED TOPOGRÁFICA

La red topográfica está constituida por los puntos de estación de los tres itinerarios.

Debido a que estos miden ángulos, distancias y desniveles tendremos que calcular los errores accidentales producidos por estas causas.



### 2.4.1. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE ANGULOS

Los errores accidentales cometidos en la medida de ángulos son:

#### 2.4.1.1. ANGULOS ACIMUTALES

*-Error de verticalidad del eje principal*

Este error es el provocado por un mal posicionamiento del eje principal del instrumento. Se verá influenciado por los niveles que incorpora el aparato y afecta de forma diferente a ángulos verticales y horizontales.

$P_e$  (precisión de estabilización) =  $2'' = 6,1728s$

$$E_{va} = \frac{1}{4} P_e = 1,543s$$

### *-Error de puntería*

Es aquel que se da al visar el prisma con el aparato. Debido a nuestras limitaciones visuales el enrase no será perfecto. Se dan dos formas, una para distancias cortas y otra para distancias largas, dependiendo de la claridad con la que se aprecia el prisma.

A(número de aumentos del antejo) = 30x

$$\text{Distancia cortas: } e_{pa} = \frac{20''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right) = \frac{61,728s}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right) = 4,527s$$

$$\text{Distancias largas: } e_{pa} = \frac{50''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right) = \frac{154,32s}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right) = 11,137s$$

Tomaré el de distancias cortas, pues en el itinerario tres se visualiza con total claridad el prisma.

### *-Error de dirección*

Es aquel que se produce cuando el eje vertical no pasa justo por el punto de estación, debido a un mal posicionamiento de la punta del jalón que sostiene el prisma.

Itinerario 3:

$$e_e (\text{plomada optima o láser}) = 0,0025$$

$$e_p (\text{jalón}) = 0,01$$

r (número de segundos de un radián)

$$D_3 (\text{longitud media de la visual del Itinerario 3}) = 64\text{m}$$

$$e_{da} = \frac{0,0025+0,01}{64} * \frac{200}{\pi} * 100 * 100 = 124,33s$$

### *-Error de lectura*

Es el error producido al leer sobre el sistema.

$$E_{la} = \frac{2}{3} a = 14,403^s$$

$$a (\text{apreciación del limbo acimutal}) = 7^s = 21,605^s$$

### 2.4.1.2. ÁNGULOS CENTALES

-Error de verticalidad del eje principal

$$e_{vc} = P_e = 6,172^s$$

-Error de puntería

$$e_{pc} = \frac{20''}{A} \left(1 + \frac{4A}{100}\right) = \frac{61,728s}{30} \left(1 + \frac{4 \cdot 30}{100}\right) = 4,526^s$$

-Error de lectura

$$e_{lc} = \frac{2}{3} a = 14,403^s$$

### 2.4.1.3. ERROR ANGULAR TOTAL

-Ángulos acimutales

La regla de Bessel nos dice que los errores de puntería y lectura se dividen por la raíz de dos.

*Itinerario3:*

$$E_{a3} = \sqrt{e_{va}^2 + e_{da}^2 + \left(\frac{epa}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{ela}{\sqrt{2}}\right)^2} = 125,79s = \frac{125,79 \cdot D_3}{r} = 0,00128m$$

$$D_3(\text{longitud de la visual del itinerario3}) = 64m$$

-Ángulos cenitales

$$E_{c3} = \sqrt{e_{vc}^2 + \left(\frac{epc}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{elc}{\sqrt{2}}\right)^2} = 12,331^s$$



## 2.4.2. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE DISTANCIAS

-Error en la medida de la distancia

Este error viene indicado por el fabricante con la siguiente expresión

(Amm+Bppm) y expresa la precisión o desviación típica.

Como anteriormente lo dividiremos por la raíz de dos, ya que ha sido medido cada tramo dos veces.

*Itinerario3:*

$$e_{d3} = \frac{2mm+2ppm}{\sqrt{2}} = \frac{0,002+0,002*\left(\frac{64}{1000}\right)}{\sqrt{2}} = 0,0015m$$

$$D_3(\text{longitud de la visual del itinerario3}) = 64m$$

-Error de dirección ( $e_p, e_d$ )

Se extraen de los datos técnicos del aparato.

$$e_p (\text{jalón}) = 0,01$$

$$e_e (\text{plomada óptima o láser}) = 0,0025$$

-Error de inclinación del jalón ( $e_j$ )

$$e_j = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{A_p * \sin \beta}{\cos \alpha} = 0,0167m$$

$$A_p (\text{altura de prisma}) = 1,5m$$

$$\beta (\text{inclinación del jalón}) = 1^\circ$$

$$\alpha (\text{altura del horizonte de la visual}) = 5^\circ$$

En este último caso utilizaremos la más desfavorable para obtener el máximo error de inclinación.

-Error total en la medida de la distancia

*Itinerario3:*

$$E_{d3} = \sqrt{ed^2 + ee^2 + ep^2 + ej^2} = \sqrt{0,0015^2 + 0,0025^2 + 0,01^2 + 0,0167^2} = 0,0197m$$

### 2.4.3. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE DESNIVELES (con estación total)

-Error por visuales inclinadas y en la medida de la distancia

*Itinerario3:*

$$e_{t3} = D_3 \left[ \left( 1 + \frac{Ed}{D_3} \right) * \tan(\alpha + Ec) - \tan \alpha \right] = 0,0039m \approx 0,00279m$$

$$Ec = 12,331^s = 0,0012331^g$$

-Error en la medida de la altura del aparato

$$e_i = 0,01m$$

-Error de verticalidad de la señal de puntería

$$e_m = A_p * \sin \beta * \tan(\alpha + \beta) = 0,00223m$$

-Error total en altimetría

$$E_{v3} = \sqrt{et^2 + ei^2 + em^2} = \sqrt{0,00279^2 + 0,01^2 + 0,00223^2} = 0,0106m$$

## 2.5. ERRORES ACCIDENTALES EN LA RED DE DETALLE

Son aquellos errores accidentales cometidos en la medida de puntos, por radiación, desde cada estación del itinerario.

Son los mismos errores cometidos en la red topográfica pero para diferencia de que estos no son acumulativos.

### 2.5.1. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE ÁNGULOS

*-Error de dirección*

*Itinerario3:*

$$E_{\text{dir}} = \frac{ee+ep}{D_3} r = \frac{0,0125}{30} * \frac{200}{\pi} * 100 * 100 = 265,258^s$$

$D_3$ (distancia media entre cada estación y cada punto a medir) = 30m

### 2.5.2. ERROR ANGULAR TOTAL

*-Ángulos acimutales*

*Itinerario3:*

$$E_{a3} = \sqrt{eva^2 + edr^2 + epa^2 + ela^2} =$$
$$\sqrt{1,543^2 + 265,258^2 + 4,527^2 + 14,403^2} = 265,692^s = \frac{265,692 * D_3}{r} = 0,00127m$$

*-Ángulos cenitales*

*Itinerario3:*

$$E_{c3} = \sqrt{evc^2 + epc^2 + elc^2} = \sqrt{6,172^2 + 4,526^2 + 14,403^2} = 16,31^s$$

### 2.5.3. ERRORES ACCIDENTALES EN LA MEDIDA DE DISTANCIAS

-Error en la medida de la distancia

*Itinerario3:*

$$e_{d3} = 2\text{mm} + 2\text{ppm} = 0,002 + 0,002 * \frac{30}{1000} = 0,00206\text{m}$$

$D_3$ (longitud de la visual de la red de detalle en el itinerario3) = 30m

-Error total en la medida de distancia

*Itinerario3:*

$$E_{d3} = \sqrt{ed3^2 + ee^2 + ep^2 + ej^2} = 0,0108\text{m}$$

### 2.5.4. ERROR ACCIDENTAL EN LA MEDIDA DE DESNIVELES CON ESTACION TOTAL

-Error por visuales inclinadas y en la medida de la distancia

*Itinerario3:*

$$E_{t3} = D_3 \left[ \left( 1 + \frac{Ed}{D_3} \right) \tan(\alpha + Ec) - \tan(\alpha) \right] = 30 \left[ \left( 1 + \frac{0,0108}{30} \right) \tan(5 + 0,0012331) - \tan(5) \right] = 0,000585\text{m}$$

$D_3$ (longitud de la visual de la red de detalle en el itinerario3) = 30m

$$E_c = 16,31^s = 0,001631^s$$

-Error total en altimetría

*Itinerario3:*

$$\xi_{r3} = \sqrt{et3^2 + ei^2 + em^2} = 0,01026\text{m}$$

## 2.6. ACUMULACIÓN DE ERRORES- COMPROBACIÓN FINAL

### 2.6.1. ACUMULACION DE ERRORES EN PLANIMETRIA

#### *-Error total del itinerario en planimetría*

Los errores acimutales y lineales actúan de forma independiente, entonces el error de cierre total del itinerario será ( $e_{c3}$ ).

*Itinerario3:* (nº de tramos = 11)

$$e_{ca3} = \frac{Ea3 * D3}{r} * \sqrt{\frac{n'(n'+1)(2n'+1)}{6}} = 0,0000002909m$$

$D_3$ (longitud de la visual del itinerario3) = 64m

$$e_{cl3} = E_{d3} \sqrt{n'} = 0,036m$$

$$e_{c3} = \sqrt{eca3^2 + ecl3^2} = 0,036m$$

Después de haber comprobado que el error de cierre es menor que la tolerancia, nos interesa determinar los errores acumulados que se tendrían cuando se combinan los distintos métodos planimétricos.

#### *-Error total a una visual de radiación*

*Itinerario3:*

$$e_{r3} = \sqrt{Ed3^2 + Ea3^2} = 0,01087m$$

#### *-GPS+Red Topográfica*

Puesto que cada itinerario parte de un punto tomado por GPS, el error planimétrico vendrá influenciado por este de la siguiente manera:

*Itinerario3:*

$$e_3 = \sqrt{\xi t^2 + \xi t^2 + ec^2} = \sqrt{0,017^2 + 0,017^2 + 0,036^2} = 0,0433\text{m}$$

El error de cierre se compensa repartiéndolo entre todos sus estacionamientos y de este modo obtendremos el error que corresponde a cada estacionamiento.

$$e_3' = \frac{e}{\sqrt{10}} = \frac{0,0433}{\sqrt{11}} = 0,013\text{m}$$

$$c_3' = \frac{e}{11} = 0,00394\text{m}$$

$$e_3 = e' + c' = 0,01694\text{m (máximo error absoluto en cada estación)}$$

### -GPS+Red de Detalle+Red Topográfica

La radiación se aplica desde cada estación del itinerario, a si pues debemos obtener el error máximo absoluto en los puntos levantados por radiación, teniendo en cuenta que este no debe superar la tolerancia planimétrica.

$$e_{u3} = \sqrt{e_3^2 + er^2} = \sqrt{0,0433^2 + 0,01087^2} = 0,045\text{m}$$

## 2.6.2. ACUMULACION DE ERRORES EN ALTIMETRIA

### -GPS+Itinerarios Altimétricos

*Itinerario3:*

Tenemos diez tramos. El error altimétrico acumulado en este itinerario es:

$$\xi = \frac{Ev^3}{\sqrt{2}} \sqrt{11} = \frac{0,0106}{\sqrt{2}} \sqrt{11} = 0,0248\text{m}$$

### -Error máximo acumulado con GPS+ Itinerarios Altimétricos

*Itinerario3:*

$$e_h = \frac{1}{3} S'' = \frac{20 \cdot 400 \cdot 100 \cdot 100}{3 \cdot 360 \cdot 60 \cdot 60} = 20,58^s$$

$$e_p = 4,527^s$$

$$E_n = \sqrt{20,58^2 + 4,527^2} = 21,07^s$$

$$E_n' = \frac{E_n}{r} D = 0,000215\text{m}$$

$$\xi_n = E_n' \sqrt{n} = 0,000215\sqrt{11} = 0,000712\text{m}$$

$$\xi_v = \frac{\xi_n}{\sqrt{11}} \frac{\xi_n}{11} = 0,00000004607\text{m}$$

$$e_3 = \sqrt{\xi_v 3^2 + \xi_n 3^2 + \xi^2} = 0,0248\text{m}$$

-Máximo error altimétrico absoluto con GPS+ Itinerarios

Altimétricos

*Itinerario3:*

$$\varepsilon_3 = e' + c' = \frac{e_3}{\sqrt{11}} + \frac{e_3}{11} = 0,00973\text{m}$$

-GPS+Red de Detalle+ Red Topográfica

*Itinerario3:*

$$E_3 = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \xi_r^2} = 0,01414\text{m}$$

## 2.7. CONCLUSIÓN

Errores acumulados en planimetría en el *Itinerario3* = 0,045m

Errores acumulados en altimetría en el *Itinerario3* = 0,01414m

Como nuestro plano ha de ser de una escala 1:1000, nuestro límite de perfección visual en el plano será de 0,2 m.

Nuestro error acumulado en planimetría es menor que la perfección visual, eso quiere decir que los errores accidentales no tienen representación en nuestro plano y que por lo tanto, se ha hecho una buena planificación.

Lo normal es que nuestros errores en el campo de trabajo no sean iguales a estos obtenidos, pero realizar este replanteo nos sirve para saber que si realizamos el trabajo de forma correcta y seguimos la planificación, nuestros errores lo más probable es que queden por debajo de la tolerancia.

### 3. *ANEJO.6*-DATOS DE LA LIBRETA DE CAMPO



## INDICE:

|   |    |
|---|----|
| 3.1. DATOS BRUTOS DE LA ESTACION TOTAL..... | 34 |
| 3.2. DATOS OBTENIDOS POR EL GPS.....        | 37 |
| 3.3. VISUALES AL PUNTO DE ESTACION.....     | 37 |

### 3.1. DATOS BRUTOS DE LA ESTACIÓN TOTAL

Cuando descargamos los datos recopilados por la estación total en el ordenador, nos aparecen en el siguiente formato. Mostramos un ejemplo.

|         |    |         |          |         |                  |               |    |            |              |      |
|---------|----|---------|----------|---------|------------------|---------------|----|------------|--------------|------|
| 110001+ | 1  | 21.322+ | 15136610 | 22.322+ | 9947360 31...0+  | 298522 51...+ | 17 | 0 87...0+  | 1500 88...0+ | 1491 |
| 110002+ | 2  | 21.322+ | 25337680 | 22.322+ | 7726340 31...0+  | 3149 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1491 |
| 110003+ | 3  | 21.322+ | 25337060 | 22.322+ | 12973520 31...0+ | 3313 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1491 |
| 110004+ | 4  | 21.322+ | 5337060  | 22.322+ | 12876650 31...0+ | 3348 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1491 |
| 110005+ | 5  | 21.322+ | 5336100  | 22.322+ | 7742690 31...0+  | 3232 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1491 |
| 110006+ | 6  | 21.322+ | 35367250 | 22.322+ | 10024900 31...0+ | 29703 51...+  | 17 | 0 87...0+  | 1500 88...0+ | 1491 |
| 110007+ | 7  | 21.322+ | 21834520 | 22.322+ | 9969610 31...0+  | 29709 51...+  | 17 | 0 87...0+  | 1500 88...0+ | 1500 |
| 110008+ | 8  | 21.322+ | 33065590 | 22.322+ | 7859930 31...0+  | 3219 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1500 |
| 110009+ | 9  | 21.322+ | 33064270 | 22.322+ | 12900910 31...0+ | 3348 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1500 |
| 110010+ | 10 | 21.322+ | 13064160 | 22.322+ | 12927040 31...0+ | 3326 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1500 |
| 110011+ | 11 | 21.322+ | 13062970 | 22.322+ | 7755790 31...0+  | 3176 51...+   | 17 | 34 87...0+ | 0 88...0+    | 1500 |

Las primeras cifras nos indican que representan de este modo:

11... número del punto

21... ángulo horizontal

22... ángulo vertical

31... distancia geométrica

87... altura del prisma

88... altura de la estación total

Una vez descargados todos los datos y sabiendo esto, procedemos a darle forma para posteriormente trabajar con ellos.

Como la estación total trabaja en milímetros y segundos centesimales, tenemos que tener en cuenta que las distancias serán divididas por 1000 para que aparezcan en metros y los ángulos entre 100000 para pasarlos a grados centesimales.

| Punto | Nombre | Horizontal | Vertical | Dist.Geomét | Alt.Prisma | Alt.Estación |
|-------|--------|------------|----------|-------------|------------|--------------|
| 1     | L1-E2  | 151,3661   | 99,4736  | 298,522     | 1,5        | 1,491        |
| 2     |        | 253,3768   | 77,2634  | 3,149       | 0          | 1,491        |
| 3     |        | 253,3706   | 129,7352 | 3,313       | 0          | 1,491        |
| 4     |        | 53,3706    | 128,7665 | 3,348       | 0          | 1,491        |
| 5     |        | 53,361     | 77,4269  | 3,232       | 0          | 1,491        |
| 6     | L 1-2  | 353,6725   | 100,249  | 29,703      | 1,5        | 1,491        |
| 7     | L 2-1  | 218,3452   | 99,6961  | 29,709      | 1,5        | 1,5          |
| 8     |        | 330,6559   | 78,5993  | 3,219       | 0          | 1,5          |
| 9     |        | 330,6427   | 129,0091 | 3,348       | 0          | 1,5          |
| 10    |        | 130,6416   | 129,2704 | 3,326       | 0          | 1,5          |
| 11    |        | 130,6297   | 77,5579  | 3,176       | 0          | 1,5          |
| 12    | L 2-3  | 42,4003    | 100,3455 | 43,575      | 1,5        | 1,5          |
| 18    | L 3-2  | 272,3679   | 99,6417  | 43,572      | 1,5        | 1,493        |
| 19    |        | 373,1883   | 70,5469  | 3,426       | 0          | 1,493        |
| 20    |        | 373,1868   | 129,1219 | 3,34        | 0          | 1,493        |
| 21    |        | 573,2323   | 128,9971 | 3,331       | 0          | 1,493        |
| 22    |        | 573,2313   | 70,4754  | 3,376       | 0          | 1,493        |
| 23    | L 3-4  | 72,9135    | 100,2924 | 102,866     | 1,5        | 1,493        |
| 24    | L 4-3  | 248,6496   | 99,6851  | 102,865     | 1,5        | 1,462        |
| 25    |        | 344,1948   | 70,3439  | 3,349       | 0          | 1,462        |
| 26    |        | 344,1983   | 128,9339 | 3,324       | 0          | 1,462        |
| 27    |        | 144,5929   | 128,549  | 3,361       | 0          | 1,462        |
| 28    |        | 144,5951   | 71,0603  | 3,408       | 0          | 1,462        |
| 29    | L 4-5  | 39,019     | 100,2877 | 70,392      | 1,5        | 1,462        |
| 30    | L 5-4  | 315,9265   | 99,6675  | 70,396      | 1,5        | 1,492        |
| 31    |        | 410,4253   | 71,1578  | 3,364       | 0          | 1,492        |
| 32    |        | 410,4293   | 129,4192 | 3,332       | 0          | 1,492        |
| 33    |        | 210,429    | 129,6374 | 3,336       | 0          | 1,492        |
| 34    |        | 210,4062   | 71,3356  | 3,369       | 0          | 1,492        |
| 35    | L 5-6  | 100,8801   | 100,3396 | 58,69       | 1,5        | 1,492        |
| 36    | L 6-5  | 265,8001   | 99,6312  | 58,703      | 1,5        | 1,491        |
| 37    |        | 335,7237   | 70,2812  | 3,359       | 0          | 1,491        |
| 38    |        | 335,7218   | 128,4415 | 3,333       | 0          | 1,491        |
| 39    |        | 135,7208   | 129,3909 | 3,327       | 0          | 1,491        |
| 40    |        | 135,7229   | 70,5534  | 3,377       | 0          | 1,491        |
| 41    | L 6-7  | 40,2323    | 100,2263 | 23,267      | 1,5        | 1,491        |
| 42    | L 7-6  | 27,8505    | 99,7109  | 23,264      | 1,5        | 1,491        |
| 43    |        | -260,591   | 70,3854  | 3,405       | 0          | 1,491        |
| 44    |        | -260,5948  | 128,8843 | 3,354       | 0          | 1,491        |
| 45    |        | -60,5944   | 128,8712 | 3,35        | 0          | 1,491        |
| 46    |        | -60,5974   | 70,4921  | 3,364       | 0          | 1,491        |
| 47    |        | -60,5989   | 49,691   | 4,279       | 0          | 1,491        |
| 48    |        | -259,4208  | 50,488   | 4,281       | 0          | 1,491        |
| 49    | L 7-8  | 241,194    | 100,2605 | 59,055      | 1,5        | 1,491        |
| 50    | L 8-7  | 137,7619   | 99,7118  | 59,027      | 1,5        | 1,476        |
| 51    |        | -145,1275  | 51,6949  | 4,252       | 0          | 1,476        |
| 52    |        | -145,0791  | 129,0907 | 3,343       | 0          | 1,476        |
| 53    |        | 54,9745    | 50,7585  | 4,185       | 0          | 1,476        |
| 54    |        | 54,9216    | 128,5104 | 3,316       | 0          | 1,476        |
| 55    |        | -36,4091   | 94,2738  | 28,392      | 0          | 1,476        |
| 56    |        | -36,3952   | 96,5225  | 28,269      | 0          | 1,476        |
| 57    |        | -36,3921   | 103,575  | 28,239      | 0          | 1,476        |
| 58    |        | -49,3199   | 103,2718 | 31,315      | 0          | 1,476        |
| 59    |        | -49,3118   | 96,9634  | 31,379      | 0          | 1,476        |
| 60    |        | -49,3121   | 95,0332  | 32,227      | 0          | 1,476        |

|     |            |          |          |        |     |       |
|-----|------------|----------|----------|--------|-----|-------|
| 61  | L 8-9      | 355,4329 | 100,3422 | 74,688 | 1,5 | 1,476 |
| 62  | L 9-8      | 226,6086 | 99,6279  | 74,686 | 1,5 | 1,489 |
| 63  |            | 231,8555 | 90,8689  | 22,181 | 0   | 1,489 |
| 64  |            | 231,8558 | 94,7903  | 22,014 | 0   | 1,489 |
| 65  |            | 231,8684 | 103,7388 | 22,021 | 0   | 1,489 |
| 66  |            | 218,508  | 102,4739 | 31,224 | 0   | 1,489 |
| 67  |            | 218,4627 | 96,1393  | 31,263 | 0   | 1,489 |
| 68  |            | 218,3714 | 92,772   | 30,779 | 0   | 1,489 |
| 69  |            | 306,4002 | 49,7723  | 4,225  | 0   | 1,489 |
| 70  |            | 306,4155 | 129,1277 | 3,351  | 0   | 1,489 |
| 71  |            | 106,4504 | 128,9355 | 3,374  | 0   | 1,489 |
| 72  |            | 106,4638 | 49,7539  | 4,245  | 0   | 1,489 |
| 73  |            | 371,8405 | 82,349   | 8,896  | 0   | 1,489 |
| 74  |            | 371,8816 | 88,6731  | 8,254  | 0   | 1,489 |
| 75  |            | 371,5049 | 111,8895 | 8,243  | 0   | 1,489 |
| 76  |            | 413,5667 | 110,8365 | 9,273  | 0   | 1,489 |
| 77  |            | 413,355  | 90,0074  | 9,27   | 0   | 1,489 |
| 78  |            | 413,3589 | 86,4191  | 9,352  | 0   | 1,489 |
| 79  |            | 369,3081 | 77,6492  | 8,659  | 0   | 1,489 |
| 80  |            | 413,3994 | 80,333   | 9,592  | 0   | 1,489 |
| 81  | L 9-10     | 384,429  | 100,3454 | 52,383 | 1,5 | 1,489 |
| 82  | L 10-9     | 397,8414 | 99,5985  | 52,382 | 1,5 | 1,47  |
| 83  |            | 380,5528 | 89,4961  | 13,036 | 0   | 1,47  |
| 84  |            | 381,1306 | 91,8662  | 12,924 | 0   | 1,47  |
| 85  |            | 381,1305 | 106,8908 | 12,864 | 0   | 1,47  |
| 86  |            | 411,8838 | 89,5249  | 13,012 | 0   | 1,47  |
| 87  |            | 411,8834 | 92,23    | 12,388 | 0   | 1,47  |
| 88  |            | 411,8996 | 107,2807 | 12,379 | 0   | 1,47  |
| 89  |            | 498,8487 | 70,7146  | 3,43   | 0   | 1,47  |
| 90  |            | 498,8433 | 128,3943 | 3,377  | 0   | 1,47  |
| 91  |            | 698,8399 | 128,391  | 3,332  | 0   | 1,47  |
| 92  |            | 698,8367 | 69,7776  | 3,381  | 0   | 1,47  |
| 93  |            | 592,1175 | 91,6629  | 12,383 | 0   | 1,47  |
| 94  |            | 592,1175 | 94,3662  | 12,316 | 0   | 1,47  |
| 95  |            | 592,1701 | 107,5975 | 12,37  | 0   | 1,47  |
| 96  |            | 629,9711 | 90,8133  | 11,19  | 0   | 1,47  |
| 97  |            | 629,9778 | 93,7278  | 11,152 | 0   | 1,47  |
| 98  |            | 629,9793 | 108,4194 | 11,316 | 0   | 1,47  |
| 99  | L 10-11    | 216,4287 | 100,1552 | 23,885 | 1,5 | 1,47  |
| 100 | L 11-10    | 369,2868 | 99,7558  | 23,873 | 1,5 | 1,491 |
| 101 |            | 71,9647  | 80,4625  | 3,664  | 0   | 1,491 |
| 102 |            | 71,4667  | 125,316  | 3,797  | 0   | 1,491 |
| 103 |            | 273,433  | 125,1351 | 3,741  | 0   | 1,491 |
| 104 |            | 273,0048 | 80,5866  | 3,642  | 0   | 1,491 |
| 105 | L 11- Ext3 | 222,2062 | 95,277   | 73,843 | 1,5 | 1,491 |

### 3.2. DATOS OBTENIDOS POR EL GPS

Con el GPS hicimos dos medidas de cada punto para así tener una mayor precisión.

Utilizaremos su media.

|        | X local     | Y local     | Alt.Elipsoidal | Desv.Est. Y local | Desv.Est. X local | Desv.Est.Altura |
|--------|-------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| REC.2  | 676360,4511 | 4166837,103 | 68,11695       | 0,00965           | 0,009             | 0,02225         |
| REC3   | 676014,3145 | 4166032,623 | 68,4379        | 0,0122            | 0,0116            | 0,02985         |
| INICIO | 676268,2248 | 4166553,182 | 65,6497        | 0,0398            | 0,0116            | 0,0455          |
| FIN    | 676071,7229 | 4166078,604 | 63,102         | 0,0327            | 0,0262            | 0,0933          |

### 3.3. VISUALES AL PUNTO DE ESTACIÓN

| Estación | Alt.Estación | P.Visado | L.acimutal Lh | L.cenital Lv | D.natural o Geometrica | Alt.Prisma |
|----------|--------------|----------|---------------|--------------|------------------------|------------|
| 1        | 1,491        | E2       | 151,3661      | 99,4736      | 298,522                | 1,5        |
|          | 1,491        | 2        | 353,6725      | 100,249      | 29,703                 | 1,5        |
| 2        | 1,5          | 1        | 218,3452      | 99,6961      | 29,709                 | 1,5        |
|          | 1,5          | 3        | 42,4003       | 100,3455     | 43,575                 | 1,5        |
| 3        | 1,493        | 2        | 272,3679      | 99,6417      | 43,572                 | 1,5        |
|          | 1,493        | 4        | 72,9135       | 100,2924     | 102,866                | 1,5        |
| 4        | 1,462        | 3        | 248,6496      | 99,6851      | 102,865                | 1,5        |
|          | 1,462        | 5        | 39,019        | 100,2877     | 70,392                 | 1,5        |
| 5        | 1,492        | 4        | 315,9265      | 99,6675      | 70,396                 | 1,5        |
|          | 1,492        | 6        | 100,8801      | 100,3396     | 58,69                  | 1,5        |
| 6        | 1,491        | 5        | 265,8001      | 99,6312      | 58,703                 | 1,5        |
|          | 1,491        | 7        | 40,2323       | 100,2263     | 23,267                 | 1,5        |
| 7        | 1,491        | 6        | 27,8505       | 99,7109      | 23,264                 | 1,5        |
|          | 1,491        | 8        | 241,194       | 100,2605     | 59,055                 | 1,5        |
| 8        | 1,476        | 7        | 137,7619      | 99,7118      | 59,027                 | 1,5        |
|          | 1,476        | 9        | 355,4329      | 100,3422     | 74,688                 | 1,5        |
| 9        | 1,489        | 8        | 226,6086      | 99,6279      | 74,686                 | 1,5        |
|          | 1,489        | 10       | 384,429       | 100,3454     | 52,383                 | 1,5        |
| 10       | 1,47         | 9        | 397,8414      | 99,5985      | 52,382                 | 1,5        |
|          | 1,47         | 11       | 216,4287      | 100,1552     | 23,885                 | 1,5        |
| 11       | 1,491        | 10       | 369,2868      | 99,7558      | 23,873                 | 1,5        |
|          | 1,491        | E3       | 222,2062      | 95,277       | 73,843                 | 1,5        |

## 4. *ANEJO.3*-TRATAMIENTO DE LOS DATOS BRUTOS

## INDICE:

|  |    |
|--|----|
| 4.1. CALCULOS.....                                     | 40 |
| 4.1.1. CALCULOS DEL ITINERARIO.....                    | 40 |
| 4.1.1.1. REALIZACION DE LA TOMA DE DATOS.....          | 40 |
| 4.1.1.2. CALCULOS PARA CORREGIR LAS<br>LECTURAS.....   | 40 |
| 4.1.1.3. COMPENSACION DE ACIMUTS.....                  | 42 |
| 4.1.1.4. DISTANCIAS REDUCIDAS.....                     | 43 |
| 4.1.1.5. COORDENADAS PARCIALES O<br>RELATIVAS.....     | 44 |
| 4.1.1.6. ERROR DE CIERRE PLANIMETRICO.....             | 44 |
| 4.1.1.7. CALCULO DE LAS Z MEDIAS.....                  | 45 |
| 4.1.1.8. ERROR DE CIERRE ALTIMETRICO.....              | 45 |
| 4.1.1.9. COMPENSACION DE COORDENADAS<br>PARCIALES..... | 47 |
| 4.1.1.10. COORDENADAS ABSOLUTAS.....                   | 47 |
| 4.1.2. CALCULO DE LOS PUNTOS RADIADOS.....             | 48 |

## 4.1. CALCULOS

### 4.1.1. CALCULOS DEL ITINERARIO

El proyecto consta de un itinerario encuadrado en el cual se conocen el punto inicial y el final, pero estos no coinciden, es decir, son puntos diferentes.

#### 4.1.1.1. REALIZACION DE LA TOMA DE DATOS

En la toma de datos lo primero que vamos a hacer es lanzar una visual a un punto exterior de coordenadas conocidas, el cual obtuvimos con el GPS, a continuación, visamos a la siguiente estación del itinerario “2”.

Después hacemos estacionamiento en 2, visamos a 1 y a 3. En cada estación hacemos una visual de frente y otra de espaldas, esto se hace como comprobación y para mejorar su precisión.

Se repite esta operación hasta llegar al punto final. En el punto final visaremos a un punto exterior de coordenadas conocidas, como hicimos al comienzo del itinerario.

Tendremos en cuenta que debido a la acumulación de errores producidos durante todo el itinerario, el último acimut obtenido o acimut topográfico no coincidirá con el trigonométrico. La diferencia entre ambos es a lo que denominaremos error de cierre angular, el cual nos indica la precisión alcanzada en la toma de datos.

#### 4.1.1.2. CALCULOS PARA CORREGIR LAS LECTURAS

Como no hemos orientado, todos los ángulos acimutales obtenidos son lecturas. Primero calcularemos el *acimut de referencia*, que se obtiene mediante los puntos tomados por GPS correspondiente al estacionamiento de inicio y el punto exterior inicial:

$$\theta_{1-Ei} = \tan^{-1} \frac{(x_1 - x_{ei})}{(y_1 - y_{ei})}$$

*Esta expresión varía en función del cuadrante en el que se encuentra nuestro punto exterior con referencia del inicial.*



También hay que tener en cuenta que los acimuts se calculan en el sentido de las agujas del reloj y como referencia del norte verdadero.

Una vez calculado el acimut de referencia, procedemos a la *corrección* frente a la primera estación:

$$\text{Cor}_1 = \theta_{1-ei} - L_{1-ei}$$

A continuación, calculamos el *siguiente acimut*:

$$\theta_{1-2} = \text{Cor}_1 + L_{1-2}$$

Posteriormente calculamos el *acimut recíproco* (vista atrás):

$$\theta_{2-1} = \theta_{1-2} \pm 200$$

Y volvemos al principio, calculamos la *corrección* en la siguiente estación:

$$\text{Cor}_2 = \theta_{2-1} - L_{2-1}$$

Seguimos así hasta llegar al final.

Para terminar, calcularemos el *error de cierre angular*. Este es la diferencia entre el acimut topográfico y el trigonométrico. El topográfico corresponde, al último acimut calculado de esta serie, que coincide con el acimut del punto final al punto exterior final. Y el trigonométrico o real, es igual al calculado como el acimut de referencia pero correspondiente a los puntos finales.

| Corrección |              |        |             |               |                |
|------------|--------------|--------|-------------|---------------|----------------|
| θ1-E2      | 19,9948839   |        |             |               |                |
| Cor.1      | -131,3712161 | θ1-2   | 222,3012839 | θ2-1          | 22,3012839     |
| Cor.2      | -196,0439161 | θ2-3   | 246,3563839 | θ3-2          | 46,3563839     |
| Cor.3      | -226,0115161 | θ3-4   | 246,9019839 | θ4-3          | 46,9019839     |
| Cor.4      | -201,7476161 | θ4-5   | 237,2713839 | θ5-4          | 37,2713839     |
| Cor.5      | -278,6551161 | θ5-6   | 222,2249839 | θ6-5          | 22,2249839     |
| Cor.6      | -243,5751161 | θ6-7   | 196,6571839 | θ7-6          | 396,6571839    |
| Cor.7      | 368,8066839  | θ7-8   | 210,0006839 | θ8-7          | 10,0006839     |
| Cor.8      | -127,7612161 | θ8-9   | 227,6716839 | θ9-8          | 27,6716839     |
| Cor.9      | -198,9369161 | θ9-10  | 185,4920839 | θ10-9         | 385,4920839    |
| Cor.10     | -12,3493161  | θ10-11 | 204,0793839 | θ11-10        | 4,0793839      |
| Cor.11     | -365,2074161 | θ11-E3 | 256,9987839 |               |                |
|            |              |        |             | error angular | error.estación |
|            |              |        |             | -0,0091876    | -0,000835236   |

#### 4.1.1.3. COMPENSACION DE ACIMUTS

Procederemos a calcular el error de cierre por estación, que es igual al error angular obtenido, entre el número de estaciones realizadas.

El acimut compensado será igual al acimut sin compensar (obtenido) menos el error por estación, hay que tener en cuenta que en la segunda estación, el acimut correspondiente será restado por dos veces el error de estación y así progresivamente hasta llegar al final.

Comprobamos que los acimuts compensados son menores que los no compensados, en ese caso podemos decir que nuestro error angular se debe a un exceso.

| compensación |              |
|--------------|--------------|
|              | -0,0091876   |
|              | -0,000835236 |
| θ1-2         | 222,3021191  |
| θ2-3         | 246,3580544  |
| θ3-4         | 246,9044896  |
| θ4-5         | 237,2747248  |
| θ5-6         | 222,2291601  |
| θ6-7         | 196,6621953  |
| θ7-8         | 210,0065306  |
| θ8-9         | 227,6783658  |
| θ9-10        | 185,499601   |
| θ10-11       | 204,0877363  |
| θ11-E3       | 257,0079715  |

#### 4.1.1.4. DISTANCIAS REDUCIDAS

Las distancias reducidas las calcularemos a partir de los datos de la libreta de campo, de la siguiente forma:

$$D_{\text{reducida}} = \sin(L_{\text{cenital}}) * D_{\text{natural}}$$

| Estación | P.visado | L.cenital | D.natural | D.reducida  |
|----------|----------|-----------|-----------|-------------|
| 1        | E2       | 99,4736   | 298,522   |             |
|          | 2        | 100,249   | 29,703    | 29,7027728  |
| 2        | 1        | 99,6961   | 29,709    | 29,7086615  |
|          | 3        | 100,3455  | 43,575    | 43,57435828 |
| 3        | 2        | 99,6417   | 43,572    | 43,5713099  |
|          | 4        | 100,2924  | 102,866   | 102,864915  |
| 4        | 3        | 99,6851   | 102,865   | 102,8637416 |
|          | 5        | 100,2877  | 70,392    | 70,39128119 |
| 5        | 4        | 99,6675   | 70,396    | 70,39503985 |
|          | 6        | 100,3396  | 58,69     | 58,68916496 |
| 6        | 5        | 99,6312   | 58,703    | 58,70201497 |
|          | 7        | 100,2263  | 23,267    | 23,266853   |
| 7        | 6        | 99,7109   | 23,264    | 23,26376012 |
|          | 8        | 100,2605  | 59,055    | 59,0545056  |
| 8        | 7        | 99,7118   | 59,027    | 59,02639515 |
|          | 9        | 100,3422  | 74,688    | 74,686921   |
| 9        | 8        | 99,6279   | 74,686    | 74,68472425 |
|          | 10       | 100,3454  | 52,383    | 52,38222902 |
| 10       | 9        | 99,5985   | 52,382    | 52,38095825 |
|          | 11       | 100,1552  | 23,885    | 23,88492902 |
| 11       | 10       | 99,7558   | 23,873    | 23,87282437 |

| D.reducida (valor medio) |             |
|--------------------------|-------------|
| D12                      | 29,70571715 |
| D23                      | 43,57283409 |
| D34                      | 102,8643283 |
| D45                      | 70,39316052 |
| D56                      | 58,69558996 |
| D67                      | 23,26530656 |
| D78                      | 59,04045037 |
| D89                      | 74,68582263 |
| D910                     | 52,38159364 |
| D1011                    | 23,87887669 |

#### 4.1.1.5. COORDENADAS PARCIALES O RELATIVAS

Para hallar las coordenadas polares de x e y tomamos el valor medio de la distancia reducida, por el seno de su acimut:

$$X_{AB} = D_{AB} * \sin(\theta_{AB})$$

$$Y_{AB} = D_{AB} * \cos(\theta_{AB})$$

#### 4.1.1.6. ERROR DE CIERRE PLANIMETRICO

Las coordenadas anteriormente calculadas tienen errores, y es que no hay ningún procedimiento para compensar acimuts perfecto. Es por ello que tenemos que calcular cuál es su error planimétrico. Como tenemos un itinerario encuadrado, nuestro error se calculará del siguiente modo:

$$e_x = \sum X - (x_{11} - x_1)$$

$$e_y = \sum y - (y_{11} - y_1)$$

El sumatorio de x es igual a la suma de cada una de las coordenadas parciales obtenidas, y la diferencia corresponde a las coordenadas obtenidas por GPS de nuestro punto inicial y el final en el itinerario.

|      | X             | Y            |
|------|---------------|--------------|
| 12   | -10,1949785   | -27,9014703  |
| 23   | -28,99860287  | -32,52188344 |
| 34   | -69,11475896  | -76,18543252 |
| 45   | -38,9009859   | -58,66779648 |
| 56   | -20,08108483  | -55,15362466 |
| 67   | 1,219243881   | -23,23333669 |
| 78   | -9,2419431265 | -58,31261671 |
| 89   | -31,4578547   | -67,73754852 |
| 910  | 11,828150003  | -51,02868036 |
| 1011 | -1,532209566  | -23,82966819 |
|      | $\Sigma x$    | $\Sigma y$   |
|      | -196,4750246  | -474,5720579 |
|      | $ \Sigma x $  | $ \Sigma y $ |
|      | 222,5698123   | 474,5720579  |
|      | X11-X1        | Y11-Y1       |
|      | -196,5019     | -474,578     |
|      | eX            | eY           |
|      | 0,026875433   | 0,005942131  |

#### 4.1.1.7. CALCULO DE LAS Z MEDIAS

Para calcular las Z parciales, lo primero que tenemos que hacer es calcular la tangente topográfica de cada una de sus coordenadas:

$$t_{1-2} = \frac{D_{12}}{\tan L_{12} cenital}$$
$$Z_{1-2} = t_{1-2} + i_1 - m_1$$

i: altura del instrumento

m: altura del prisma

t: tangente topográfica

#### 4.1.1.8. ERROR DE CIERRE ALTIMETRICO

El error de cierre altimétrico se calcula del mismo modo que el planimétrico pero con sus correspondientes coordenadas. En este caso para obtener sus coordenadas parciales, realizaremos una media entre los valores obtenidos de frente y espaldas, en valor absoluto. Y al resultado le adjudicaremos el signo correspondiente a la coordenada de frente.

FRENTE:

|        | tangente     | t            | i     | z=t+i-m        |
|--------|--------------|--------------|-------|----------------|
| L1-2   | -255,6692876 | -0,116176538 | 1,491 | -0,1251765384  |
| L2-3   | -184,2586171 | -0,236484779 | 1,5   | -0,2364847787  |
| L3-4   | -217,7206894 | -0,472462747 | 1,493 | -0,4794627470  |
| L4-5   | -221,2775247 | -0,318113108 | 1,462 | -0,3561131084  |
| L5-6   | -187,4598745 | -0,313075879 | 1,492 | -0,3210758789  |
| L6-7   | -281,3155506 | -0,082707312 | 1,491 | -0,09170731196 |
| L7-8   | -244,3824258 | -0,241647923 | 1,491 | -0,2506479229  |
| L8-9   | -186,0355467 | -0,401465861 | 1,476 | -0,4254658613  |
| L9-10  | -184,3119646 | -0,284204171 | 1,489 | -0,2952041705  |
| L10-11 | -410,1923397 | -0,058228608 | 1,47  | -0,08822860817 |

DE ESPALDAS:

|        | tangente    | t           | i     | z=t+i-m       |
|--------|-------------|-------------|-------|---------------|
| L2-1   | 209,4817166 | 0,14181983  | 1,5   | 0,1418198303  |
| L3-2   | 177,6759839 | 0,245229034 | 1,493 | 0,238229034   |
| L4-3   | 202,1640458 | 0,508813232 | 1,462 | 0,4708132322  |
| L5-4   | 191,4628522 | 0,367669441 | 1,492 | 0,359669441   |
| L6-5   | 172,6173131 | 0,340070262 | 1,491 | 0,3310702624  |
| L7-6   | 220,2059482 | 0,105645467 | 1,491 | 0,0966454665  |
| L8-7   | 220,8936237 | 0,267216383 | 1,476 | 0,243216383   |
| L9-8   | 171,0864076 | 0,43653219  | 1,489 | 0,4255321903  |
| L10-9  | 158,5582396 | 0,330357845 | 1,47  | 0,3003578445  |
| L11-10 | 260,6947789 | 0,091573849 | 1,491 | 0,08257384920 |

RESULTADO FINAL:

|      |                |
|------|----------------|
|      | Zmedia         |
| 12   | -0,1334981844  |
| 23   | -0,2373569063  |
| 34   | -0,4751379896  |
| 45   | -0,3578912747  |
| 56   | -0,3260730706  |
| 67   | -0,09417638923 |
| 78   | -0,246932153   |
| 89   | -0,4254990258  |
| 910  | -0,2977810075  |
| 1011 | -0,0854012287  |
|      | $\Sigma z$     |
|      | -2,6797472299  |
|      | $ \Sigma z $   |
|      | 2,6797472299   |
|      | Z11-Z1         |
|      | -2,5477        |
|      | eZ             |
|      | -0,1320472299  |

#### 4.1.1.9. COMPENSACION DE COORDENADAS PARCIALES

El siguiente paso consiste en realizar la compensación de los valores obtenidos, y para ello utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$X_{12\text{compensada}} = X_{12\text{sin compensar}} - ex \frac{|X_{12} \text{ sin compensar}|}{|\Sigma X|}$$

$$Y_{12\text{compensada}} = Y_{12\text{sin compensar}} - ey \frac{|Y_{12} \text{ sin compensar}|}{|\Sigma Y|}$$

$$Z_{12\text{compensada}} = Z_{12\text{sin compensar}} - ez \frac{|Z_{12} \text{ sin compensar}|}{|\Sigma Z|}$$

|      | X            | Y            | Z              |
|------|--------------|--------------|----------------|
| 12   | -10,19620955 | -27,90181965 | -0,1269199276  |
| 23   | -29,00210447 | -32,52229065 | -0,2256609069  |
| 34   | -69,1231046  | -76,18638644 | -0,4517250891  |
| 45   | -38,90568322 | -58,66853106 | -0,3402558235  |
| 56   | -20,08350964 | -55,15431524 | -0,3100054934  |
| 67   | 1,219096656  | -23,23362759 | -0,08953575329 |
| 78   | -9,243059096 | -58,31334684 | -0,2347643237  |
| 89   | -31,46165325 | -67,73839666 | -0,404532135   |
| 910  | 11,82672175  | -51,02931929 | -0,2831075500  |
| 1011 | -1,532394581 | -23,82996656 | -0,0811929976  |

#### 4.1.1.10. COORDENADAS ABSOLUTAS

Las coordenadas absolutas las obtenemos por arrastre, a partir de las coordenadas de la primera estación. De modo que el último dato deberá coincidir con los datos conocidos de esa estación.

$$X_2 = X_1 + X_{12}$$

$$Y_2 = Y_1 + Y_{12}$$

$$Z_2 = Z_1 + Z_{12}$$

|   | X           | Y           | Z           |
|---|-------------|-------------|-------------|
| A | 676268,2248 | 4166553,182 | 15,3922     |
| B | 676258,0286 | 4166525,28  | 15,26528007 |
| C | 676229,0265 | 4166492,758 | 15,03961917 |
| D | 676159,9034 | 4166416,572 | 14,58789408 |
| E | 676120,9977 | 4166357,903 | 14,24763825 |
| F | 676100,9142 | 4166302,749 | 13,93763276 |
| G | 676102,1333 | 4166279,515 | 13,84809701 |
| H | 676092,8902 | 4166221,202 | 13,61333268 |
| I | 676061,4286 | 4166153,463 | 13,20880055 |
| J | 676073,2553 | 4166102,434 | 12,925693   |
| K | 676071,7229 | 4166078,604 | 12,8445     |

#### 4.1.1. CÁLCULOS DE LOS PUNTOS RADIADOS

Una vez obtenidas todas las coordenadas de las estaciones, calcularemos las de los perfiles mediante radiación. Y para ello hay que recordar que nuestras primeras mediciones nos dieron un error angular muy grande, por lo que se volvieron a tomar de nuevo. En este caso tendremos que reajustar los perfiles tomados con respecto a los estacionamientos modificados. Del siguiente modo:

$$\text{Cor} = (L_{1-E2})^N - L_{1-E2}$$

$$(L_{1-2})^N = L_{1-2} + \text{Cor}$$

$$(L_{1-3})^N = L_{1-3} + \text{Cor}$$

Hecho esto, procedemos a calcular las coordenadas absolutas de los puntos radiados correspondientes a cada estación.

Para ello necesitamos conocer el acimut de una alineación en el que uno de sus extremos será nuestro punto de estación y su lectura cenital.

A continuación obtenemos los acimuts de cada punto del perfil mediante estas ecuaciones:

$$\text{Cor} = \Theta_{1-E} - (L_{1-E})_{\text{cenital}}$$

$$\Theta_{1-2} = \text{Cor} + (L_{1-2})_{\text{cenital}}$$

$$\Theta_{1-3} = \text{Cor} + (L_{1-3})_{\text{cenital}}$$

$$\Theta_{1-4} = \text{Cor} + (L_{1-4})_{\text{cenital}}$$



Seguiremos, obteniendo las distancias reducidas y así sus coordenadas relativas (x,y,z) como hemos calculado anteriormente. Y para finalizar, sumaremos ésta a la coordenada absoluta correspondiente a cada estación.

|    | X          | Y          | Z          |
|----|------------|------------|------------|
| A  | 676268,225 | 4166553,18 | 15,3922    |
| 2  | 676271,001 | 4166552,18 | 17,984095  |
| 3  | 676271,008 | 4166552,18 | 15,3914208 |
| 4  | 676265,391 | 4166554,2  | 15,4213212 |
| 5  | 676265,373 | 4166554,21 | 18,0053314 |
| B  | 676258,029 | 4166525,28 | 15,2652801 |
| 8  | 676260,629 | 4166523,71 | 17,8271181 |
| 9  | 676260,602 | 4166523,73 | 15,291934  |
| 10 | 676255,477 | 4166526,82 | 15,2893692 |
| 11 | 676255,477 | 4166526,82 | 17,8618374 |
| C  | 676229,026 | 4166492,76 | 15,0396192 |
| 19 | 676231,288 | 4166490,69 | 18,0617097 |
| 20 | 676231,237 | 4166490,74 | 15,0574818 |
| 21 | 676226,821 | 4166494,78 | 15,0673181 |
| 22 | 676226,8   | 4166494,8  | 18,0427858 |
| D  | 676159,903 | 4166416,57 | 14,5878941 |
| 25 | 676162,255 | 4166414,72 | 17,5541668 |
| 26 | 676162,25  | 4166414,72 | 14,5906364 |
| 27 | 676157,535 | 4166418,46 | 14,5926778 |
| 28 | 676157,509 | 4166418,48 | 17,5463072 |
| E  | 676120,998 | 4166357,9  | 14,2476383 |
| 31 | 676123,653 | 4166356,46 | 17,212101  |
| 32 | 676123,616 | 4166356,48 | 14,2540897 |
| 33 | 676118,38  | 4166359,33 | 14,2420803 |
| 34 | 676118,334 | 4166359,35 | 17,2058238 |
| F  | 676100,914 | 4166302,75 | 13,9376328 |
| 37 | 676103,891 | 4166303,12 | 16,9403522 |
| 38 | 676103,897 | 4166303,12 | 13,98863   |
| 39 | 676097,958 | 4166302,38 | 13,9466374 |
| 40 | 676097,915 | 4166302,38 | 16,9355451 |
| G  | 676102,133 | 4166279,52 | 13,848097  |
| 43 | 676105,151 | 4166279,12 | 16,8665398 |
| 44 | 676105,123 | 4166279,13 | 13,8690175 |
| 45 | 676099,147 | 4166279,9  | 13,8713903 |
| 46 | 676099,149 | 4166279,9  | 16,8431065 |
| 47 | 676099,147 | 4166279,9  | 18,3794573 |
| 48 | 676105,15  | 4166279,07 | 18,342928  |

|    |            |            |            |
|----|------------|------------|------------|
| H  | 676092,89  | 4166221,2  | 13,6133327 |
| 51 | 676095,7   | 4166219,93 | 18,0148482 |
| 52 | 676095,621 | 4166219,96 | 13,6143404 |
| 53 | 676090,165 | 4166222,44 | 18,0131075 |
| 54 | 676090,169 | 4166222,44 | 13,6534389 |
| 55 | 676077,802 | 4166197,29 | 17,639664  |
| 56 | 676077,824 | 4166197,33 | 16,6327432 |
| 57 | 676077,84  | 4166197,36 | 13,5043776 |
| 58 | 676081,873 | 4166191,93 | 13,4806594 |
| 59 | 676081,845 | 4166191,87 | 16,5855059 |
| 60 | 676081,568 | 4166191,13 | 17,6010789 |
| I  | 676061,429 | 4166153,46 | 13,2088005 |
| 63 | 676072,281 | 4166172,55 | 17,8683461 |
| 64 | 676072,275 | 4166172,54 | 16,4972793 |
| 65 | 676072,3   | 4166172,57 | 13,405274  |
| 66 | 676070,87  | 4166183,2  | 13,4847434 |
| 67 | 676070,85  | 4166183,21 | 16,5925437 |
| 68 | 676070,62  | 4166182,63 | 18,1848577 |
| 69 | 676064,385 | 4166153,12 | 17,6959931 |
| 70 | 676064,414 | 4166153,11 | 13,217531  |
| 71 | 676058,418 | 4166153,82 | 13,2165164 |
| 72 | 676058,459 | 4166153,82 | 17,71105   |
| 73 | 676064,961 | 4166145,67 | 17,1328362 |
| 74 | 676064,778 | 4166146,06 | 16,1586371 |
| 75 | 676064,812 | 4166146,1  | 13,1672729 |
| 76 | 676059,347 | 4166144,56 | 13,126968  |
| 77 | 676059,373 | 4166144,54 | 16,1468838 |
| 78 | 676059,376 | 4166144,56 | 16,6777489 |
| 79 | 676065,078 | 4166146,2  | 17,6757808 |
| 80 | 676059,37  | 4166144,56 | 17,6141335 |
| J  | 676073,255 | 4166102,43 | 12,925693  |
| 83 | 676067,096 | 4166113,72 | 16,5368205 |
| 84 | 676067,218 | 4166113,74 | 16,0424446 |
| 85 | 676067,232 | 4166113,72 | 13,0060054 |
| 86 | 676073,161 | 4166115,27 | 16,5270718 |
| 87 | 676073,165 | 4166114,73 | 15,9039082 |
| 88 | 676073,168 | 4166114,73 | 12,9830532 |
| 89 | 676076,26  | 4166103,08 | 15,918478  |
| 90 | 676076,234 | 4166103,08 | 12,9389387 |
| 91 | 676070,317 | 4166101,8  | 12,9585064 |
| 92 | 676070,316 | 4166101,8  | 15,9411495 |
| 93 | 676077,092 | 4166090,77 | 16,0127252 |
| 94 | 676077,089 | 4166090,78 | 15,4841818 |
| 95 | 676077,084 | 4166090,76 | 12,9229434 |
| 96 | 676070,229 | 4166091,78 | 16,0048602 |
| 97 | 676070,221 | 4166091,76 | 15,4926502 |
| 98 | 676070,188 | 4166091,64 | 12,9034924 |

|     |            |            |            |
|-----|------------|------------|------------|
| K   | 676071,723 | 4166078,6  | 12,8445    |
| 101 | 676075,196 | 4166078,23 | 15,4423927 |
| 102 | 676075,207 | 4166078,26 | 12,8650564 |
| 103 | 676068,298 | 4166079,05 | 12,8965499 |
| 104 | 676068,275 | 4166079,03 | 15,4289766 |

**5. ANEJO.4-DESCRIPCIÓN Y  
FUNDAMENTO DE LOS  
INSTRUMENTOS Y  
POGRAMAS INFORMÁTICOS**

## INDICE:

|  |    |
|--|----|
| 5.1. GPS.....                                | 54 |
| 5.1.1. FUNDAMENTO.....                       | 54 |
| 5.1.2. CARACTERISTICAS.....                  | 55 |
| 5.1.3. MANEJO.....                           | 55 |
| 5.1.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS.....         | 56 |
| 5.2. ESTACION TOTAL.....                     | 58 |
| 5.2.1. FUNDAMENTO.....                       | 58 |
| 5.2.2. CARACTERISTICAS.....                  | 60 |
| 5.2.3. MANEJO.....                           | 60 |
| 5.2.4. ESPECIFICACIONES TECNICAS.....        | 62 |
| 5.3. PROGRAMAS.....                          | 66 |
| 5.3.1. LEICA GEO OFFICE TOOLS.....           | 66 |
| 5.3.2. EXCEL.....                            | 66 |
| 5.3.3. AUTOCAD.....                          | 66 |
| 5.3.4. MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)..... | 66 |

## 5.1.GPS

El receptor Leica System 1200 proporciona la flexibilidad, poder y rendimiento necesarios para todo tipo de aplicaciones GPS. Construido para soportar temperaturas extremas, y resistir las más duras situaciones y condiciones atmosféricas.

### 5.1.1. FUNDAMENTO

Se caracteriza por su rápida adquisición de satélites, sus mediciones de alta precisión, resistencia a las interferencias y su rápido intervalo de actuación.

#### *Partes fundamentales:*

- RECEPTOR. Que permite el alcance a todos los satélites visibles.
- ANTENA. Para recibir las señales de los satélites GNSS.
- RX1200. Para operar el interfaz del usuario, ya sea mediante el teclado o la pantalla táctil.
- LEICA Geo Office. Software de oficina que incluye una serie de programas que permiten trabajar con el GPS1200.
- LEICA GNSS Spider. Software de estación de referencia necesario para controlar los receptores en la estación de referencia.
- BASE DE DATOS. Gestiona datos, ficheros y trabajos. Puedes ver, borrar, editar y buscar coordenadas de puntos.
- BLUETOOTH. Permite la conectividad entre el GPS 1200 y otros productos inalámbricos.

#### *Partes del aparato:*

- BRAZO BOBLE. Es un brazo para la antena extensible. Permite que no interfieran objetos en la emisión y recepción.
- ANTENA. Para recibir las señales de los satélites GNSS.
- BASTON. Elemento de sujeción del aparato.
- TECLADO Y PANTALLA TACTIL. De alta claridad y contraste, que te permite trabajar a cualquier momento del día.
- BASE NIVELANTE. Nos permite equilibrar el aparato para su buen funcionamiento.

### 5.1.2. CARACTERISTICAS

-ALMACENAMIENTO DE DATOS. Se pueden emplear todas las tarjetas Compact Flash recomendadas por Leica. Su almacenamiento en la tarjeta Compact Flash permite su descarga y el post-proceso posterior de los datos.

-FLUJO DE DATOS. El receptor se puede configurar para dar salidas al flujo de datos, a través de los puertos de comunicación.

-BATERIAS. Suministra la energía necesaria al receptor.

### 5.1.3. MANEJO

Para utilizar este aparato, lo primero que tendremos que hacer es insertar la batería en el receptor y una tarjeta Compact Flash si no contase de memoria interna. Ahora, podremos ir a la zona de trabajo.

Para colgar el bastón al receptor, utilizamos un gancho que se encuentra en la parte posterior del aparato. Y a continuación extendemos la antena y la encendemos.

Es el momento de encender el receptor presionando ON/OFF durante dos segundos prolongados y listo para trabajar.

Coloque en la marca previamente señalizada, nivele y guarde el punto de coordenadas conocidas.

## 5.1.4. ESPECIFICACIONES TECNICAS

| <b>Receptores GPS1200</b>    | <b>Receptor GX1230</b>   | <b>Receptor GX1220</b>  | <b>Receptor GX1210</b>  | <b>Receptor GRX1200 Pro CORS</b>   |
|------------------------------|--|---|---|--|
| <b>Tecnología GPS</b>        | SmartTrack   | SmartTrack  | SmartTrack  | SmartTrack   |
| <b>Tipo</b>                  | Doble frecuencia   | Doble frecuencia  | Monofrecuencia  | Doble frecuencia   |
| <b>Canales</b>               | 12 L1+12 L2 / WAAS / EGNOS   | 12 L1+12 L2 / WAAS / EGNOS                                    | 12 L1 / WAAS / EGNOS  | 12 L1+12 L2 / WAAS / EGNOS   |
| <b>RTK</b>                   | Sí, SmartCheck   | No  | No  | Sí (Sólo transmitir)   |
| <b>DGPS + WAAS / EGNOS</b>   | Sí   | Opcional  | Opcional  | Sí (Sólo transmitir)   |
| <b>Indicadores Estado</b>    | 3 indicadores LED, para alimentación, seguimiento, memoria.                    |   |   |  |
| <b>Puertos</b>               | 1 puerto alimentación, 3 puertos serie, 1 puerto controladora, 1 puerto antena |   |   | +1 puerto alimentac, 1 puerto ethernet   |
| <b>Alimentación</b>          | Nominal  |   |   | Nominal 12 V DC  |
| <b>Consumo</b>               | 5.2 W receptor + controladora + antena   |   |   | 4.2 W receptor+antena  |
| <b>Entrada eventos y PPS</b> | Opcional:<br>1 puerto salida PPS<br>2 puertos entrada eventos                  | Opcional:<br>1 puerto salida PPS<br>2 puertos entrada eventos | Opcional:<br>1 puerto salida PPS<br>2 puertos entrada eventos | Estándar:<br>1 puerto salida PPS<br>1 puerto entrada eventos externo<br>1 puerto entrada oscilador |
| <b>Antena Estándar</b>       | SmartTrack AX1202<br>Plano de tierra integrado                                 | SmartTrack AX1202<br>Plano de tierra integrado                | SmartTrack AX1201<br>Plano de tierra integrado                | AT504 Dorne y Margolin<br>Choke Ring   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Alimentación</b>   | Dos mini baterías Ion-Li 3.8 Ah/7.2 V en interior receptor   |
| <b>Baterías Ion-Li insertables</b><br>Las mismas para GPS y TPS | Alimentan receptor + controladora + antena SmartTrack durante unas 15 horas (para almace namiento datos).<br>Alimentan receptor + controladora + antena SmartTrack + radio modem de baja potencia o teléfono durante unas 10 horas (para RTK/GGPS)   |
| <b>Alimentación externa</b>                                     | Entrada de alimentación externa 10.5V a 28V.   |
| <b>Pesos</b>  | Receptor 1.20 kg. Controladora 0.48 kg.<br>Antena SmartTrack 0.44 kg.<br>Batería insertable Ion-Li 0.19 kg.<br>Bastón fibra carbono con antena SmartTrack y controladora: 1.80 kg.<br>Todo en bastón: bastón de fibra de carbono con receptor, batería insertable, radiomodem, antena radio, controladora, antena SmartTrack: 3.60 kg. |

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| <b>Temperatura</b>                           | Operación: Receptor  | -40°C hasta +65°C |
| ISO9022                                      | Antena SmartTrack  | -40°C hasta +70°C |
| MIL-STD-810F                                 | Controladora   | -30°C hasta +65°C |
|  | Almacenamiento: Receptor   | -40°C hasta +80°C |
|  | Antena SmartTrack  | -55°C hasta +85°C |
|  | Controladora   | -40°C hasta +80°C |
| <b>Humedad</b>                               | Receptor, antena SmartTrack y controladora: Hasta 100% humedad.  |                   |
| <b>Protección contra agua, polvo y arena</b> | Receptor, antena SmartTrack y controladora: Resistente al agua a inmersión temporal de 1m.   |                   |
| IP67, MIL-STD-810F                           | Firme ante el polvo  |                   |
| <b>Shock/caída contra superficie dura</b>    | Receptor: resiste caída desde 1 m contra superficie dura. Antena SmartTrack y controladora: con 1.5m de caída sobre superficie dura. |                   |
| <b>Dejar caer bastón</b>                     | Receptor, antena SmartTrack y controladora aguantan la caída si se viene abajo el bastón.  |                   |
| <b>Vibraciones</b>                           | Receptor, antena SmartTrack y controladora: Aguantan vibraciones sobre grandes máquinas de construcción. Sin pérdidas de señal.      |                   |
| ISO9022                                      |  |                   |
| MIL-STD-810F                                 |  |                   |



|   |   |
|---|---|
| <b>SmartTrack</b><br><i>Tecnología avanzada de medición GPS</i>                                 | <p>El tiempo para adquirir todos los satélites tras encender: normalmente unos 50 segundos.</p> <p>Re-adquisición de satélites tras pérdida señal (p.e. al atravesar un túnel): normalmente con 1 segundo.</p> <p>Muy elevada sensibilidad: adquiere más del 99% de las observaciones posibles sobre una elevación de 10 grados. Muy bajo ruido. Seguimiento robusto. Sigue señales débiles con poca elevación y en condiciones adversas. Mitigación del multipath. Resistente a las interferencias.</p> <p>Precisión de la medición:</p> <p>Fase Portadora en L1: 0.2 mm emc. En L2 0.2 mm emc. Código (pseudo distancia) en L1 y L2: 20 mm emc.</p> |
| <b>SmartCheck</b><br><i>Tecnología avanzada RTK de larga distancia Aplicable sólo a GX1230</i>  | <p>Inicialización normalmente 8 segundos.</p> <p>Intervalo de actualización de la posición seleccionable hasta 20 Hz.</p> <p>Latencia &lt; 0.03 seg.</p> <p>Alcance 30 km o más en condiciones favorables.</p> <p>Auto comprobación.</p>  |
| <b>Redes de estaciones de referencia</b>  | <p>Precisiones:</p> <p>Horizontal: 10 mm + 1 ppm, cinemático</p> <p>Vertical: 20 mm + 1 ppm, cinemático</p> <p>Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm, estático</p> <p>Vertical: 10 mm + 0.5 ppm, estático</p> <p>Fiabilidad: 99.99% para líneas base hasta 30 km.</p> <p>Formatos soportados para transmisión y recepción: Leica propietario, CMR, CMR+, RTCM v2.1/2.2/2.3/3.0.</p> <p>Móvil RTK completamente compatible con redes de estaciones de referencia VRS y Corrección de Área (FKP).</p>  |
| <b>DGPS</b><br><i>GX1230 – estándar</i><br><i>GX1220 – opcional</i><br><i>GX1210 – opcional</i> | <p>DGPS, también soporta WAAS y EGNOS.</p> <p>Los formatos RTCM v2.1/2.2/2.3/3.0 son soportados para transmisión y recepción.</p> <p>Emc línea base: normalmente 25 cm emc con la estación de referencia adecuada.</p>  |
| <b>Controladora desmontable RX1210</b>  | <p>Pantalla, 1/4 VGA de alto contraste.</p> <p>Pantalla Táctil.</p> <p>11 líneas x 32 caracteres.</p> <p>Teclado QWERTY totalmente alfanumérico.</p> <p>Teclas de función y teclas definibles por el usuario.</p> <p>Iluminación de la pantalla y botones.</p> <p>También puede usarse con TPS1200 para entradas alfanuméricas y codificación extensa.</p>  |
| <b>Trabajando con la controladora</b><br>Lo mismo para GPS que TPS                              | <p>Mediante teclado y/o pantalla táctil.</p> <p>Teclas de función y teclas definibles por el usuario.</p> <p>Toda la información mostrada.</p>  |
| <b>Información mostrada</b>   | Toda la información está mostrada: estado, seguimiento, almacenamiento datos, base de datos, RTK, DGPS, navegación, levantamiento, replanteo, calidad, hora, alimentación, coordenadas geográficas, cartesianas, cuadrícula,...   |
| <b>Ventana gráfica levantamiento</b><br>Lo mismo para GPS que TPS                               | <p>Pantalla gráfica (mapa) del levantamiento.</p> <p>Acercamientos. Puede accederse a puntos levantados directamente por la pantalla táctil.</p>  |
| <b>Pantalla replanteo</b><br>Lo mismo para GPS que TPS  | <p>Gráfico con zoom. Digital, polar y ortométrico.</p> <p>Precisión: 10 mm + 1 ppm a 20 Hz (0.05 seg) actualización. Sin degradación por intervalos altos de actualización.</p>   |
| <b>Trabajando sin controladora</b>  | Encendido automático. Indicadores de estado LED. Para estaciones de referencia y mediciones estáticas.  |
| <b>Almacenamiento datos</b><br>Las mismas tarjetas son usadas en GPS y TPS                      | <p>Sobre tarjetas CompactFlash: 32 MB y 256 MB</p> <p>Opcional memoria interna: 32 MB y 256 MB</p> <p>Intervalo Grabación: seleccionable entre 0.05 seg. hasta 300 seg.</p>   |
| <b>Capacidad</b>  | <p>32 MB es suficiente para:</p> <p>Unas 550 horas de almacenamiento L1 + L2 a intervalos de 15 seg.</p> <p>Unas 2200 horas de almacenamiento L1 + L2 a intervalos de 60 seg.</p> <p>Unos 45500 puntos RTK con códigos.</p>   |

|  |   |                                   |  |
|--|---|-----------------------------------|--|
| <b>Intervalo actualización posición y latencia</b>     | Aplicable a RTK, DGPS y posiciones de navegación.<br>Intervalo de actualización seleccionable desde 0.05 seg (20 Hz) hasta 60 seg.<br>Latencia menor de 0.03 seg.   | <b>Gestión de datos</b>           | Gestión de trabajos definible por el usuario.<br>Identificadores de punto, coordenadas, códigos, atributos, etc.<br>Búsqueda, filtros y rutinas de pantalla. Promedio multi puntos. Cinco tipos de sistemas de codificación que cubren todos los requisitos. |
| Salida NMEA  | NMEA 0183 V2.20 y Leica propietario.  | <b>Sistemas de coordenadas</b>    | Elipsoides, proyecciones, modelos geoidales, transformación de coordenadas, parámetros de transformación, sistemas de coordenadas específicos del país,...   |
| <b>Post-Proceso con el software LEICA Geo Office</b>   | Horizontal: 10 mm + 1 ppm, cinemático<br>Vertical: 20 mm + 1 ppm, cinemático  | <b>Programas</b>                  | Estándar: Todas las funciones COGO.<br>Puntos Inaccesibles.<br>Opcionales: Avance, Línea de Referencia, Replanteo MDT.   |
| <b>GX1220, GX1230, GRX1200, GRX1200 Pro</b>            | Horizontal: 5 mm + 0.5 ppm, estático<br>Vertical: 10 mm + 0.5 ppm, estático<br>Para líneas largas con observaciones largas<br>Horizontal: 3 mm + 0.5 ppm, estático<br>Vertical: 6 mm + 0.5 ppm, estático                            | <b>Programable</b>                | Programable por el usuario en GeoC++.<br>Los usuarios pueden escribir y cargar programas para sus propios requisitos y aplicaciones especiales.  |
| <b>Notas sobre el funcionamiento y las precisiones</b> | Los cuadros ofrecidos son para condiciones normales a favorables. El funcionamiento y las precisiones pueden variaren función del número de satélites, su geometría, tiempos de observación, efemérides, ionosfera, multipath, etc. | <b>Comunicación Enlaces datos</b> | Uno o dos de los siguientes dispositivos puede conectarse: Radio modem, GSM, inalámbrico de alta velocidad, TDMA.<br>Se pueden recibir/transmitir en diferentes frecuencias y/o formatos. Soporta Time slicing.  |

## 5.2.ESTACIÓN TOTAL

El taquímetro electrónico TPS400 pertenece a una nueva generación de los instrumentos topográficos. Gracias a su diseño y sus funciones contribuyen a facilitar las tareas topográficas cotidianas. Con este instrumento pretendemos obtener las coordenadas absolutas de x,y,z de cada estacionamiento realizado y a su vez su radiación.

### 5.2.1. FUNDAMENTO

La estación total se caracteriza por su anteojo, que en los taquímetros convencionales, es sustituida por una pieza que la permite girar 360° y que en su interior se aloja un distanciómetro.

*Partes fundamentales:*

- DISTANCIOMETRO. Se encarga de medir electrónicamente las distancias.
- TEODOLITO ELECTRONICO. Se encargar de medir los ángulos verticales y horizontales, así como lanzar visuales.

-PROCESADOR DE DATOS. Presenta inmediatamente los resultados obtenidos, permitiendo guardarlos para su posterior tratamiento.

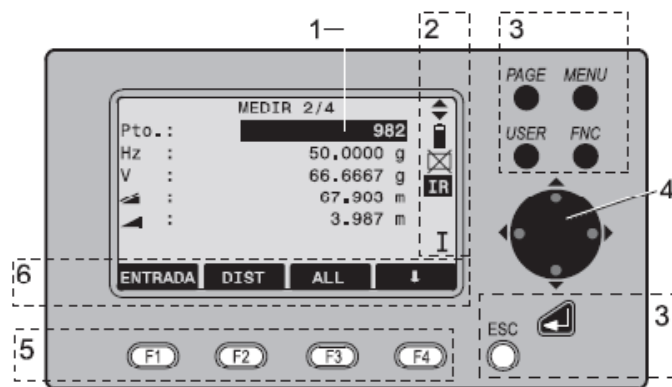
*Partes del aparato:*

-PLATAFORMA NIVELANTE con tornillos de nivelación.

-TORNILLOS DE PRESION. Para su movimiento.

-PANTALLA. Refleja los datos medidos.

-TECLADO. Se utiliza para introducir datos y controlar las mediciones.



-GONIOMETROS ELECTRONICOS. Son utilizados para la medición de ángulos verticales y horizontales.

-ANTEOJO DE COLIMACION. Para realizar puntería sobre el prisma, ayudándonos de la cruz guía. También sirve como emisor y receptor de los rayos infrarrojos o láser.

-CONECTOR DE ENTRADA/SALIDA DE DATOS. Para conectarlo con el ordenador y transferir los datos obtenidos.

-CORRECTOR AUTOMATICO DE NIVELACION. Nos ayuda a conseguir una perfecta nivelación.

### 5.2.2. CARACTERISTICAS

-UNIDADES. Se puede elegir entre trabajar en el sistema centesimal o sexagesimal, en la medida de ángulos. Y entre metros o pies para la medida de distancias.

-MEDICION DE ANGULOS. Nos permite elegir la medición de ángulos horizontales en sentido directo o inverso. Y en la medición de ángulos verticales colocarlo en el cenit o en el horizonte.

-BATERIAS. Nos proporcionan la energía que necesita la estación total para su correcto funcionamiento.

-CODIGOS DE ERROR. Aparecen con el mal funcionamiento de la estación.

Los más comunes son:

- Giro demasiado rápido del anteojo.
- Angulo excesivo en el método de repetición.
- Batería agotada o con poca carga.
- Problemas en el manejo del teclado o por los circuitos de medición.
- Desnivel superior a los tres grados centesimales permitidos.

### 5.2.3. MANEJO

Para el manejo de este aparato, lo primero que debemos hacer es estacionarlo. Para ello colocaremos el trípode sobre la marca de estación, intentando mantener la base superior del trípode (donde se coloca la estación) lo más horizontal posible. Una vez que comprobemos que quede firme, colocamos la estación sobre este.

A continuación nivelaremos la base valiéndonos de los tornillos del nivel tórico y circular. Nuestro objetivo es que coincida el centro de la plomada óptica con el centro del punto en estación. Si no es así tendremos que mover la estación sobre la base del trípode y volver de nuevo a nivelar.

Hecho esto, es el momento de encender el aparato y nivelarlo, ayudándonos de las indicaciones que este nos proporciona. Y cuando terminemos de hacer esto, tendremos que comprobar que la plomada óptica sigue situada en el centro del punto de estación, si no fuese así habría que empezar de nuevo.

Cuando se cumplan todas estas condiciones el aparato estará perfectamente nivelado y listo para su manejo.

La estación total consta de una gran cantidad de aplicaciones y nosotros tan solo utilizaremos algunas de ellas, como son la medición de ángulos y distancias.

Realizamos dos tipos de mediciones, con o sin prisma. La medición de las distancias con prisma, se utilizaron para los puntos de coordenadas conocidas y entre estaciones. Sin embargo a la hora de medir las distancias de los perfiles cambiábamos de método y no necesitábamos el prisma.

Los datos se podían obtener de dos modos: como mediciones angulares y distancias o como coordenadas de los puntos. Nosotros apliquemos el método de distancias relativas (ángulos y distancias). Ya que nos era de mayor utilidad a la hora de obtener las coordenadas relativas y absolutas de los puntos visados.

Trabajamos con el aparato desorientado, de manera que tendríamos que orientarlo visando a un punto de coordenadas conocidas y posteriormente ir corrigiendo el resto en laboratorio.

Cuando queríamos medir un punto lo visábamos y presionábamos “medir”, el aparato mandaba una señal en un rayo láser que llegaba al prisma y era devuelto, y así obteníamos la distancia reducida y geométrica, y el ángulo vertical y horizontal entre ambos puntos.

Para los perfiles, el procedimiento era el mismo salvo que teníamos que quitar el modo láser para visar y medir.

Las distancias obtenidas pueden ser la reducida, geométrica y vertical. También se puede elegir la precisión requerida en la medida, ya sea fina, gruesa o tracking.

El error probable que se puede cometer en una medición está dado por un término fijo en mm y otro variable en ppm, que se diferencian dependiendo del modelo del aparato.

Una de las ventajas más importantes en una estación total es que nos permite realizar una serie de mediciones de forma automática, además de guardar estos datos para luego poder transformarlos en el ordenador y trabajar con ellos.

Para realizar el trabajo de campo, resolvimos el itinerario orientándolo previamente visando a uno de los puntos de coordenadas conocidas, y desde cada estación recopilábamos todos los puntos correspondientes a su perfil.

#### 5.2.4. ESPECIFICACIONES TECNICAS

| <b>Datos técnicos</b>  |   |
|--|---|
| <p><b>Anteojos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Totalmente basculable</li> <li>• Aumentos:..... 30x</li> <li>• Imagen:..... derecha</li> <li>• Diámetro libre del objetivo: ..... 40 mm</li> <li>• Distancia mínima de enfoque: ..... 1.7 m (5.6 ft)</li> <li>• Enfoque:..... fino</li> <li>• Campo visual: ..... 1°36' (1.6gon)</li> <li>• Campo visual del anteojo a 100m..... 2.6 m</li> </ul> <p><b>Medición de ángulos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• absoluta, continua</li> <li>• Tiempo de repetición 0.3 segundos</li> <li>• Unidades elegibles<br/>360° (sexag.), 400gon,<br/>360° decimal, 6400 mil, V%, ±V</li> <li>• Precisión Desviación típica Hz, V<br/>(según ISO 17123-3)<br/>TC(R)403 ..... 3" (1 mgon)<br/>TC(R)405 ..... 5" (1.5 mgon)</li> </ul> | <p><b>Resolución en pantalla</b></p> <p>gon ..... 0.0005<br/>360d ..... 0.0005<br/>360s ..... 1"<br/>mil ..... 0.01</p> <p><b>Sensibilidad de los niveles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel esférico: ..... 6/2 mm</li> </ul> <p><b>Compensador:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compensador de dos ejes</li> <li>• Amplitud de oscilación libre ..... ±4' (0.07 gon)</li> <li>• Precisión de estabilización.....<br/>TC(R)407 ..... 2" (0.7 mgon)<br/>TC(R)405 ..... 1.5" (0.5 mgon)<br/>TC(R)403 ..... 1" (0.3 mgon)</li> </ul> |

**Plomada láser**

- Situación: ..... en el eje principal del producto
- Precisión: ..... Desviación de la línea ..... de la plomada 1.5 mm ..... (2 sigma) a 1.5 m de altura
- ø del punto láser ..... 2.5 mm / 1.5 m

**Teclado:**

- Ángulo de inclinación: ..... 70°
- segundo teclado opcional

**Pantalla:**

- retroiluminada
- Calefacción ..... (Temp. < -5°C)
- pantalla LCD: ..... 280 x 160 Pixel
- 8 líneas de 31 caracteres cada una

**Tipo de base nivelante:**

- Tipo de base nivelante amovible GDF111ø rosca: 5/8" ..... (DIN 18720 / BS 84)

- Alimentación externa (vía interfaz serie) ..... Al usar un cable externo ..... para la alimentación, la ..... tensión ha de estar ..... comprendida entre 11.5V y 14V (CC)

**Número de mediciones (ángulos + distancia):**

- GEB111: ..... aprox. 4000
- GEB121: ..... aprox. 9000

**Rango de temperaturas:**

| Tipo            | Temperatura de funcionamiento    | Temperatura de almacenamiento     |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| TPS400          | -20°C a +50°C /<br>-4°F a +122°F | -40°C a +70°C /<br>-40°F a +158°F |
| Batería interna | -20°C a +50°C /<br>-4°F a +131°F | -40°C a +55°C /<br>-40°F a +131°F |

**Correcciones automáticas:**

- Error de colimación ..... sí
- Error de índice vertical ..... sí
- Curvatura terrestre ..... sí
- Refracción ..... sí
- Corrección de inclinaciones ..... sí

**Dimensiones:**

- Producto: .....  
Altura (incl. base nivelante y asa):  
- con base GDF111 .....  
..... 360 mm ± 5 mm
- Ancho: ..... 203 mm
- Longitud: ..... 151 mm
- Maletín: ..... 468x254x355 mm  
..... (largo x ancho x alto)

**Peso:**

(incl. batería y base nivelante):

- con base GDF111 ..... 5,2 kg

**Altura del eje de muñones:**

- sin base nivelante ..... 196 mm
- con base GDF111 ..... 240 mm ± 5 mm

**Alimentación eléctrica:**

- Batería GEB111: ..... NiMH  
Tensión: ..... 6V  
Capacidad: ..... 2100 mAh
- Batería GEB121: ..... NiMH  
Tensión: ..... 6V  
Capacidad: ..... 4200 mAh

**Grabación:**

- Interfaz RS232 ..... sí
- Memoria interna ..... Sí  
Capacidad total ..... 576 KB  
..... ≈ 10000 bloques de datos o  
..... ≈ 16000 puntos fijos

**Medición de distancias (IR: modo reflector):**



Principio: Medición de fase  
 Tipo: Coaxial, láser infrarrojo Clase 1  
 Longitud de la onda portadora: 780 nm  
 Sistema de medición: Sistema de frecuencia especial Base 100 MHz  $\pm$  1.5 m



Principio: Medición de fase  
 Tipo: Coaxial, láser rojo visible Clase 1  
 Longitud de la onda portadora: 660 nm  
 Sistema de medición: Sistema analizador Base 100 MHz - 150 MHz

- Disposición del EDM..... coaxial
- Unidad mínima en pantalla ..... 1 mm

| Programas de medición | Precisión * (Desviación típica según ISO 17123-4) | Tiempo de medición |
|-----------------------|---|--------------------|
| IR-prec               | 2 mm + 2 ppm                                      | <1 seg.            |
| IR-rapid              | 5 mm + 2 ppm                                      | <0.5 seg.          |
| Tracking              | 5 mm + 2 ppm                                      | <0.3 seg.          |
| IR Diana              | 5 mm + 2 ppm                                      | <0.5 seg           |

\* La interrupción del rayo, un fuerte centelleo por el calor u objetos moviéndose en la trayectoria del rayo pueden afectar negativamente a la precisión especificada.

| Alcance: (Medición normal y rápida) |                   |                   |                  |                         |                  |                  |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------|
|                                     | Prisma estándar   | 3 prismas (GPH3)  | Reflector 360°   | Diana reflectante 60x60 | Mini-prisma      | Mini-prisma 360° |
| 1                                   | 1800 m (6000 ft)  | 2300 m (7500 ft)  | 800 m (2600 ft)  | 150 m (500 ft)          | 800 m (2600 ft)  | 450 m (1500 ft)  |
| 2                                   | 3000 m (10000 ft) | 4500 m (14700 ft) | 1500 m (5000 ft) | 250 m (800 ft)          | 1200 m (4000 ft) | 800 m (2600 ft)  |
| 3                                   | 3500 m (12000 ft) | 5400 m (17700 ft) | 2000 m (7000 ft) | 250 m (800 ft)          | 2000 m (7000 ft) | 1000 m (3500 ft) |

- 1) Muy brumoso, visibilidad 5km; o mucho sol con fuerte centelleo por el calor
- 2) Poco brumoso, visibilidad aprox. 20km; o parcialmente soleado y poco centelleo por el calor
- 3) Cubierto, sin bruma, visibilidad aprox. 40km; sin centelleo del aire



**Medición de distancias (RL: modo sin reflector)**



Sistema de medición R100: Sistema de frecuencia especial Base 100 MHz  $\geq 1.5$  m  
 Sistema de medición R300: Sistema analizador Base 100 MHz - 150 MHz  
 Tipo: Coaxial, láser rojo visible Clase 3R  
 Longitud de la onda 670 nm portadora:



Sistema de medición: Sistema analizador Base 100 MHz - 150 MHz  
 Tipo: Coaxial, láser rojo visible Clase 3R  
 Longitud de la onda 660 nm portadora:

**Medición de distancias (sin reflector)**

- Alcance de medición:  
 Power ..... 1.5 m a 300 m ..... (a tablilla de puntería art. no. 710 333)  
 Ultra ..... 1.5 m a >500 m

- ..... (a tablilla de puntería art. no. 710 333)
- Indicación unívoca de la medida ..... bis 760 m
- Constante del prisma: ..... + 34.4 mm

| Power: Alcance (sin reflector) |                                 |                                     |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Condiciones atmosféricas       | sin reflector (superf. blanca)* | sin reflector (gris, albedo 0.25) * |
| 4                              | 140 m (460 ft)                  | 70 m (230 ft)                       |
| 5                              | 170 m (560 ft)                  | 100 m (330 ft)                      |
| 6                              | >170 m (560 ft)                 | >100 m (330 ft)                     |

| Ultra: Alcance (sin reflector) |                                 |                                     |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Condiciones atmosféricas       | sin reflector (superf. blanca)* | sin reflector (gris, albedo 0.25) * |
| 4                              | 300 m (990 ft)                  | 200 m (660 ft)                      |
| 5                              | 500 m (1640 ft)                 | 300 m (990 ft)                      |
| 6                              | >500 m (>1640 ft)               | >300 m (>990 ft)                    |

- \* Grey Card de Kodak utilizada para fotómetros de luz reflejada.
- Objeto intensamente iluminado, fuerte centelleo por el calor
  - Objeto en sombra o con cielos cubiertos
  - Durante el crepúsculo, de noche o bajo tierra

| Programas de medición | Precisión ** (Desviación típica según ISO 17123-4) | Tiempo de medición              |
|-----------------------|--|---------------------------------|
| Estándar              | 3 mm + 2 ppm                                       | 3.0 seg.<br>+1.0 seg./10m > 30m |
| Prisma                | 5 mm + 2 ppm                                       | 2.5 seg.                        |
| Tracking              | 5 mm + 2 ppm                                       | 1.0 seg.<br>+0.3 seg./10m > 30m |

\*\* La interrupción del rayo, un fuerte centelleo por el calor u objetos moviéndose en la trayectoria del rayo pueden afectar negativamente a la precisión especificada.

**Medición de distancias LR-prism (con reflector)**

- Rango de medición ..... a partir de 1000 m
- Indicación unívoca de la medida ..... 12 km

| Ultra y Power: Alcance (con reflector) |                      |                         |
|--|----------------------|-------------------------|
| Condiciones atmosféricas               | Prisma estándar      | Diana reflectante 60x60 |
| 1                                      | 2200 m (7200 ft)     | 600 m (2000 ft)         |
| 2                                      | 7500 m (24600 ft)    | 1000 m (3300 ft)        |
| 3                                      | > 10000 m (33000 ft) | 1300 m (4200 ft)        |

- Muy brumoso, visibilidad 5km; o mucho sol con fuerte centelleo por el calor
- Poco brumoso, visibilidad aprox. 20km; o parcialmente soleado y poco centelleo por el calor
- Cubierto, sin bruma, visibilidad aprox. 40km; sin centelleo del aire

## 5.3.PROGRAMAS

### 5.3.1. LEICA GEO OFFICE TOOLS

Sirve para intercambiar datos desde la estación total a nuestro ordenador. Los datos descargados nos vendrán en un archivo “GSI” y nosotros debemos darle un formato para así trabajar con ellos posteriormente en un Excel.

### 5.3.2. EXCEL

Es un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft. Se trata de un software que nos ayuda a crear y trabajar en hojas de cálculo. Con él, podemos crear tablas que calculan de forma directa los valores que se especifican, así como crear gráficos y dar les forma a las tablas.

Este programa nos ayuda a manejar las operaciones que llevaremos a cabo, así como el cálculo de errores, acimuts, coordenadas parciales y absolutas...

### 5.3.3. AUTOCAD

Es un software CAD utilizado para dibujar en 2D y modelar en 3D. Con este programa podemos representar nuestra zona de trabajo. Para ello tendremos que insertar las coordenadas absolutas de todos los puntos que queramos representar y unirlos dándoles forma.

Es uno de los programas más utilizados por ingenieros y arquitecto, y nos permite dibujar planos de edificios y recrear imágenes en 3D.

### 5.3.4. MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)

Un modelo digital de terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución de una variable cuantitativa y continúa.

Es la base de un gran número de aplicaciones en ciencias de la tierra, ambientales e ingeniería.

Se denomina MDT a los conjuntos de capas que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina “modelo digital de elevaciones” (MDE).

El trabajo de un MDT incluye las siguientes fases que no son necesariamente consecutivas en el tiempo:

- Generación del MDE.
- Manipulación del MDE para obtener otras capas del MDT (pendiente, orientación, curvatura...)
- Visualización en dos dimensiones o mediante levantamientos 3D de todas las capas para localizar errores.
- Análisis del MDT (estadístico, morfológico...)
- Aplicación, como por ejemplo de variable independiente en un modelo de regresión que haga una estimación de la temperatura a partir de la altitud.

En este proyecto utilizamos el MDT para la descarga de datos desde la hoja de Excel, a través del comando Puntos/Insertar puntos, para así poder representarlos.

## **6. ANEJO.5-SITUACION DE LAS ESTACIONES Y PUNTOS GPS**

## INDICE:

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 6.1. INTRODUCCION.....                | 70 |
| 6.2. LOCALIZACION DE LOS PUNTOS ..... | 70 |

## 6.1. INTRODUCCION

Esta recopilación de imágenes se hizo posterior al trabajo de campo. Hubo problemas a la hora de localizar los puntos, pues había mucha suciedad provocada por posteriores tormentas que tuvieron lugar. Aun así pudimos obtener la suficiente información visual para comparar los puntos con su situación real.

## 6.2. LOCALIZACION DE LOS PUNTOS

### *PUNTO DE COORDENADA CONOCIDA: REC 2*



#### DATOS DEL PUNTO

X: 676360,4511

Y: 4166837,103

Z: 17,85945



## *PUNTO GPS INICIAL-ESTACION 105*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676268,2248

Y: 4166553,182

Z: 15,3922



## *PUNTO ESTACION 106*

### DATOS DEL PUNTO

X: 676258,029

Y: 4166525,28

Z: 15,2652801





## *PUNTO ESTACION 107*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676229,026

Y: 4166492,76

Z: 15,0396192

- ❖ Anunciar que después de que hicimos la toma de datos han comenzados unas obras, y donde acababa este túnel, han comenzado otro.



## PUNTO ESTACION 108

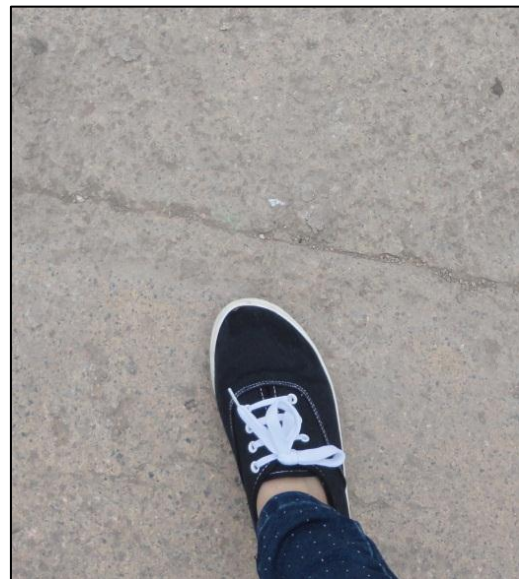


### DATOS DEL PUNTO

X: 676159,9034

Y: 4166416,572

Z: 14,58789408



## *PUNTO ESTACION 109*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676120,9977

Y: 4166357,903

Z: 14,24763825



## *PUNTO ESTACION 110*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676100,9142

Y: 4166302,749

Z: 13,93763276



## *PUNTO ESTACION 111*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676102,1333

Y: 4166279,515

Z: 13,84809701



## *PUNTO ESTACION 112*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676092,8902

Y: 4166221,202

Z: 13,61333268



## *PUNTO ESTACION 113*



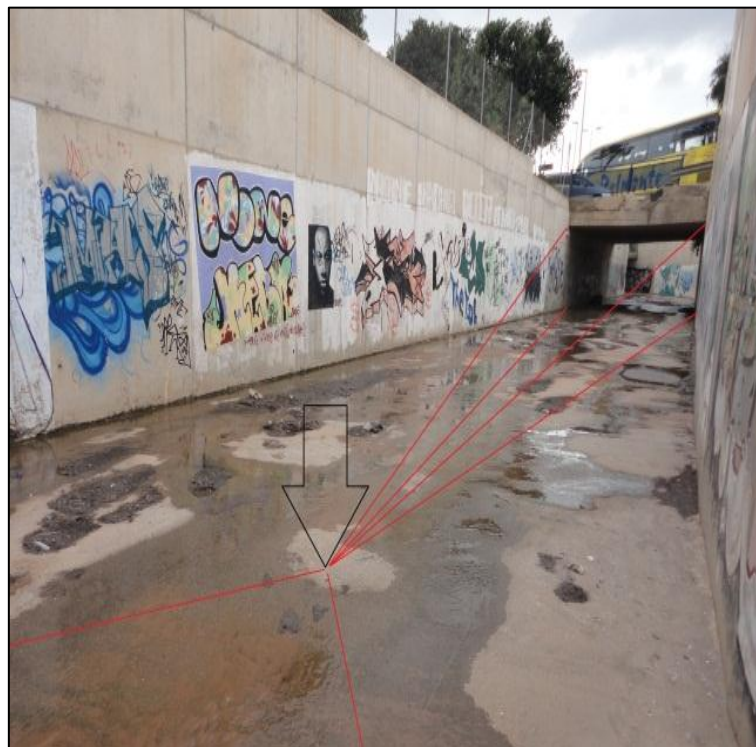
### DATOS DEL PUNTO

X: 676061,4286

Y: 4166153,463

Z: 13,20880055

Desde la estación  
visábamos los perfiles de  
ambos puentes.



## *PUNTO ESTACION 114*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676073,2553

Y: 4166102,434

Z: 12,925693

En este estacionamiento, visábamos ambos perfiles de los puentes entre los que nos encontrábamos.





## *PUNTO GPS FINAL-ESTACION 115*



### DATOS DEL PUNTO

X: 676071,7229

Y: 4166078,604

Z: 12,8445



*PUNTO DE COORDENADAS CONOCIDAS: REC 3*



DATOS DEL PUNTO

X: 676014,3145

Y: 4166032,623

Z: 18,1804



## **7. ANEJO.6-SECCIONES, VOLUMENES y CAUDALES**

## INDICE:

|                        |    |
|------------------------|----|
| 6.1. INTRODUCCION..... | 85 |
| 6.2. SECCIONES.....    | 85 |
| 6.3. VOLUMENES.....    | 86 |
| 6.4. CAUDALES.....     | 87 |
| 6.5. CONCLUSIONES..... | 89 |

## 6.1. INTRODUCCION

Uno de las finalidades del proyecto, es conocer si existe algún riesgo de desbordamiento en el canal, así como la capacidad para el cual esta dimensionado. Por ello calcularemos secciones, volúmenes de los tramos que forman el canal y caudales que admite.

## 6.2. SECCIONES

Las secciones fueron tomadas en cada uno de los estacionamientos realizados, ahora solo tendremos que recopilar esta información. Hay que tener en cuenta que en la toma de datos, se realizaron tramos demasiado grandes para definir la curvatura exacta del canal. Así que dibujamos nuevos perfiles perpendiculares que nos permitiesen acercarnos a su realidad. Posteriormente estos fueron contrastados con una ortofoto actual de la zona, y comprobamos como enlazaban a la perfección.

Debemos tener en cuenta que todos los perfiles han de ser perpendiculares al eje del canal. Y sabiendo que nuestro itinerario está encauzado y tiene forma rectangular, solo tendremos que utilizar la siguiente fórmula para obtener las secciones:

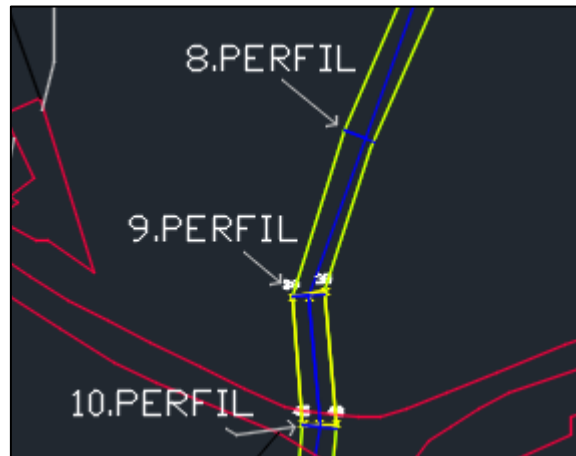
$$\text{Área} = b \times h$$

| perfil | altura | ancho  | area(perfiles) |
|--------|--------|--------|----------------|
| 1      | 3      | 6,3691 | 19,1073        |
| 2      | 3      | 6,2229 | 18,6687        |
| 3      | 3      | 5,7074 | 17,1222        |
| 4      | 3      | 6,7698 | 20,3094        |
| 5      | 3      | 6,5127 | 19,5381        |
| 6      | 3      | 6,4902 | 19,4706        |
| 7      | 3      | 5,8368 | 17,5104        |
| 8      | 3      | 5,7922 | 17,3766        |
| 9      | 3      | 6,0226 | 18,0678        |
| 10     | 3      | 6,0885 | 18,2655        |
| 11     | 3      | 5,995  | 17,985         |
| 12     | 3      | 5,4951 | 16,4853        |
| 13     | 3      | 6,1285 | 18,3855        |
| 14     | 3      | 7,7856 | 23,3568        |
| 15     | 3      | 5,9251 | 17,7753        |
| 16     | 3      | 5,3764 | 16,1292        |
| 17     | 3      | 6,6748 | 20,0244        |
| 18     | 3      | 6,2113 | 18,6339        |
| 19     | 3      | 6,2503 | 18,7509        |
| 20     | 3      | 7,0243 | 21,0729        |
| 21     | 3      | 7,0223 | 21,0669        |

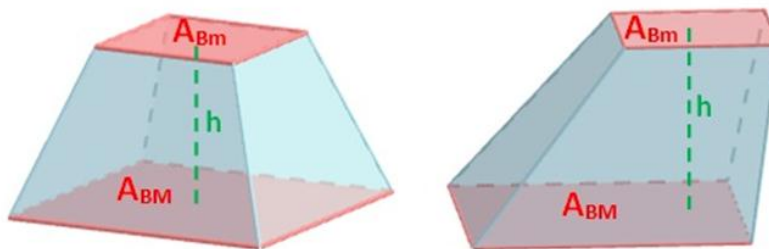
## 6.3. VOLUMENES

A la hora de calcular los volúmenes tendremos que descomponer el canal en tramos, que estarán delimitados por cada una de las secciones anteriormente expuestas.

En la siguiente foto, podemos apreciar como descomponemos el canal.



Todos y cada uno de estos tramos, forman un tronco de pirámide cortada, cuyo volumen se calcula con la siguiente fórmula:



$$\text{Volumen} = \frac{h}{3} * (BM + Bm + \sqrt{BM * Bm})$$

En donde:

BM = base mayor, que equivale al perfil mayor del tramo

Bm = base menor o perfil menor del tramo

h = altura o distancia entre estacionamientos

| tramo | A(BM)   | A(Bm)   | Altura(volumen) | volumen     |
|-------|---------|---------|-----------------|-------------|
| 1     | 19,1073 | 18,6687 | 31,0119         | 585,7396064 |
| 2     | 18,6687 | 17,1222 | 5,7464          | 102,8023995 |
| 3     | 20,3094 | 17,1222 | 37,1041         | 693,5922745 |
| 4     | 20,3094 | 19,5381 | 103,3296        | 2058,584551 |
| 5     | 19,5381 | 19,4706 | 31,9646         | 623,4484349 |
| 6     | 19,4706 | 17,5104 | 38,5564         | 712,5930402 |
| 7     | 17,5104 | 17,3766 | 28,9573         | 505,1154242 |
| 8     | 18,0678 | 17,3766 | 28,3162         | 501,7935503 |
| 9     | 18,2655 | 18,0678 | 23,8621         | 433,4922798 |
| 10    | 18,2655 | 17,985  | 23,0688         | 418,1235946 |
| 11    | 17,985  | 16,4853 | 35,4259         | 610,3779883 |
| 12    | 18,3855 | 16,4853 | 28,1634         | 490,7969445 |
| 13    | 23,3568 | 18,3855 | 24,9484         | 519,4664964 |
| 14    | 23,3568 | 17,7753 | 20,6738         | 423,8674934 |
| 15    | 17,7753 | 16,1292 | 4,8882          | 82,83341386 |
| 16    | 20,0244 | 16,1292 | 5,3996          | 97,41810054 |
| 17    | 20,0244 | 18,6339 | 34,2846         | 662,5492348 |
| 18    | 18,7509 | 18,6339 | 11,817          | 220,8877302 |
| 19    | 21,0729 | 18,7509 | 11,5885         | 230,618196  |
| 20    | 21,0729 | 21,0669 | 12,5884         | 265,2363283 |

## 6.4. CAUDALES

Para calcular los caudales hemos utilizado la Ecuación de Manning, que dice así:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

En donde:

$n$  = rugosidad del canal ( $n_{\text{cemento}} = 0,014$ )

$A$  = área =  $by$

$R$  = radio hidráulico =  $\frac{by}{b+2y}$

$S$  = pendiente =  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

$\Delta y$  = diferencia entre las coordenadas “y” de las estaciones que delimitan el tramo.

$\Delta x$  = distancia entre las dos estaciones (eje de los estacionamientos).

Esta ecuación es una evolución de la fórmula de Chézy y es válida para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos.

| perfil | area(perfiles) | Perimetro | R.Hidráulico | S ( $\Delta y/\Delta x$ ) | Caudal     |
|--------|----------------|-----------|--------------|---------------------------|------------|
| 1      | 19,1073        | 12,3691   | 1,544760734  | 0,94                      | 1768,24604 |
| 2      | 18,6687        | 12,2229   | 1,527354392  | 0,74                      | 1521,34757 |
| 3      | 17,1222        | 11,7074   | 1,462510891  | 0,74                      | 1355,54351 |
| 4      | 20,3094        | 12,7698   | 1,590424282  | 0,73                      | 1688,7777  |
| 5      | 19,5381        | 12,5127   | 1,561461555  | 0,83                      | 1711,25292 |
| 6      | 19,4706        | 12,4902   | 1,558870154  | 0,83                      | 1703,45359 |
| 7      | 17,5104        | 11,8368   | 1,479318735  | 0,94                      | 1574,36876 |
| 8      | 17,3766        | 11,7922   | 1,473567273  | 0,94                      | 1558,28661 |
| 9      | 18,0678        | 12,0226   | 1,50281969   | 1,01                      | 1701,67196 |
| 10     | 18,2655        | 12,0885   | 1,510981511  | 0,99                      | 1709,33516 |
| 11     | 17,985         | 11,995    | 1,499374739  | 0,99                      | 1674,45493 |
| 12     | 16,4853        | 11,4951   | 1,434115406  | 0,91                      | 1428,49563 |
| 13     | 18,3855        | 12,1285   | 1,51589232   | 0,91                      | 1653,15538 |
| 14     | 23,3568        | 13,7856   | 1,694289694  | 0,91                      | 2261,85338 |
| 15     | 17,7753        | 11,9251   | 1,490578695  | 0,91                      | 1580,44556 |
| 16     | 16,1292        | 11,3764   | 1,417777153  | 0,91                      | 1387,00322 |
| 17     | 20,0244        | 12,6748   | 1,579859248  | 0,97                      | 1910,86325 |
| 18     | 18,6339        | 12,2113   | 1,525955467  | 0,97                      | 1737,49207 |
| 19     | 18,7509        | 12,2503   | 1,530648229  | 0,99                      | 1769,95385 |
| 20     | 21,0729        | 13,0243   | 1,617967952  | 0,99                      | 2064,08294 |
| 21     | 21,0669        | 13,0223   | 1,617755696  | 0,99                      | 2063,31477 |



## 6.5. CONCLUSIONES

1º- El perfil 1, corresponde a la entrada del primer túnel. Observamos como el caudal en esta sección es mayor que en la sección intermedia y final del túnel (secciones posteriores). De modo que se produciría un desbordamiento e inundaría la carretera que hay sobre este.

Transcurrido un tiempo desde la toma de datos, fuimos a inspeccionar la zona de trabajo, y apreciamos que estaban de obras en este preciso túnel. Estaban alargándolo. Así pues deducimos que estaban corrigiendo esta deficiencia.



2º- En el perfil 7, se reduce considerablemente el caudal con respecto a la sección anterior. Claramente una zona de riesgo a desbordamiento.



3°- Observamos que en los perfiles 11 y 12, disminuye el caudal considerablemente. Estamos en una zona de riesgo a desbordamiento según los datos.



4°- En el perfil 15 y 16, nos encontramos otra zona con riesgo a desbordamiento, pues su caudal disminuye con respecto al anterior.



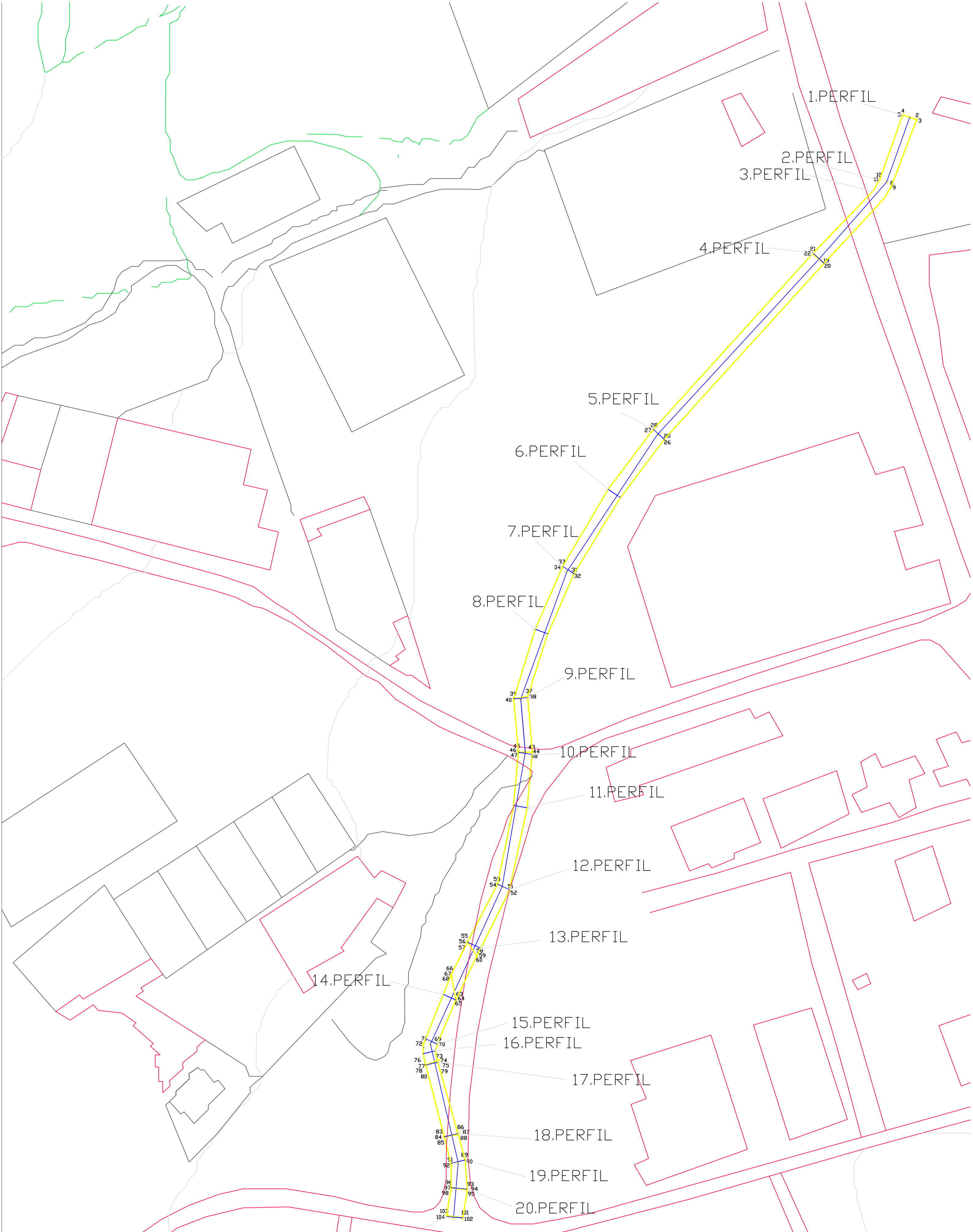
5°- Los perfiles 18 y 19, corresponde al penúltimo túnel. Este es una zona de riesgo a desbordamiento pues observamos una disminución del caudal con respecto a la sección anterior.



## 8. *ANEJO.7*-CARTOGRAFIA

## 9. ANEJO.8-BIBLIOGRAFIA

- <http://cartomur.imida.es/visorcartoteca/>
- <http://www.ign.es/ign/main/index.do>
- <http://www.universoformulas.com>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- <http://www.fisicaeingenieria.es/resources/canales.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos19/canales/canales.shtml#ixzz3SDVKSJeN>
- Libro de teoría y prácticas de topografía.
- Manual Et Leica TPS400 ESP.
- Manuales del GPS1200.



21.PERFIL

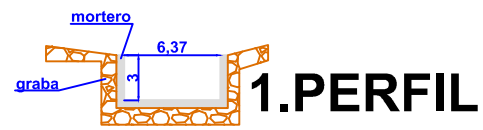
**PLANO: 1**

PLANO DEL CANAL

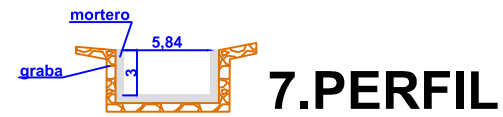
" RAMBLA DE LOS BARREROS" CARTAGENA (MURCIA)

**YOLANDA TRENZA MENDEZ**

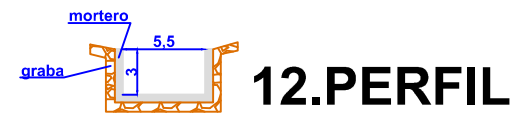
ESCALA : 1/1000



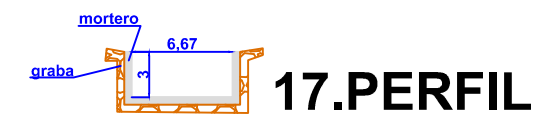
**1.PERFIL**



**7.PERFIL**



**12.PERFIL**



**17.PERFIL**



**2.PERFIL**



**8.PERFIL**



**13.PERFIL**



**18.PERFIL**



**3.PERFIL**



**9.PERFIL**



**14.PERFIL**



**19.PERFIL**



**4.PERFIL**



**10.PERFIL**



**15.PERFIL**



**20.PERFIL**



**5.PERFIL**



**11.PERFIL**



**16.PERFIL**



**21.PERFIL**



**6.PERFIL**

PLANO: 2

PLANO DE PERFILES

"RAMBLA DE LOS BARREROS" CARTAGENA (MURCIA)

YOLANDA TRENZA MENDEZ

ESCALA: 1/500