



UNIVERSIDAD DE MORÓN.

Facultad de Ingeniería.

Carrera de Ingeniero Agrimensor.

**PRECISIONES ALTIMETRICAS
COMPARACION DE EQUIPOS Y METODOS**

2012

Autor: Lionel Iván Bergesio
Tutor: Ing Agrim. Jorge Alberto Torres

Cabildo 134 - B1708JPD MORÓN - Pcia. de Buenos Aires
República Argentina
Teléfono: (005411) 5627 2000 (Líneas rotativas)
Correo electrónico: ingenieria@unimoron.edu.ar

Índice

PRIMERA PARTE: INTRODUCCION	4
NIVELACIÓN	5
Representación geométrica de puntos del terreno	5
Nivel medio del mar	5
Tabla de comparación de ceros	7
Diferencia de ceros con respecto a cada uno de ellos	7
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE.....	13
Equipamiento	13
Principio de la medición	14
Procedimiento de medición	15
Procedimiento de lectura.....	15
Errores sistemáticos.....	16
Error de colimación	16
Error por falta de verticalidad de las miras	18
Errores accidentales	19
El error de bisección.....	19
Niveles no Automáticos	19
Niveles Automáticos	19
Distancia máxima instrumento – mira	20
Distancia mas favorable instrumento - mira	21
Determinación del aumento de un anteojo.....	21
Determinación de la sensibilidad del nivel tubular.....	22
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA	23
Introducción	23
Error por curvatura y refracción	24
Tolerancias y errores	26
NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA.....	29
Introducción	29
Nivelación trigonométrica	29
Método para determinar la altura de un objeto.....	30
Caso para el cual el extremo inferior no es directamente visible	31
Método para determinar la cota de un punto	32
SEGUNDA PARTE: DESARROLLO	33
Plan de trabajo	34
Lugar de Trabajo.....	34
Preparación del lugar de trabajo.....	35
METODOLOGÍA Y EQUIPOS UTILIZADOS	36
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA	36
NIVEL PENTAX AL 320	36
Constatación del error de Colimación	38
Tablas del Nivel Pentax AL 320 con Micrómetro de caras paralela	40
Cotas Compensada.....	44
Errores Sistemáticos	46
Error de Colimación.....	46
Falta de verticalidad en las miras:.....	46
Error por hundimiento progresivo de las miras.....	46

Error por curvatura y refracción	46
Errores Accidentales	47
Error de Bisección	47
Error de Lectura	47
Acumulación de errores	48
Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)	49
NIVEL TOPCON AT G4	50
Errores Sistemáticos	52
Error de Colimación	52
Falta de verticalidad en las miras	52
Error por hundimiento progresivo de las miras	52
Error por curvatura y refracción	52
Errores Accidentales	52
Error de Bisección	52
Error de Lectura	53
Acumulación de errores	53
Tablas del Nivel Topcon AT G4	54
Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)	57
NIVEL TOPCON AT G6	58
Errores Accidentales	60
Error de Bisección	60
Error de Lectura	60
Acumulación de errores	61
Tablas del Nivel Topcon AT G6	62
Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)	65
NIVEL KERN GK1	66
Errores Accidentales	68
Error de Bisección	68
Error de Lectura	68
Acumulación de errores	69
Tablas del Nivel Kern GK1	70
Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)	73
NIVEL WILD NK2	74
Errores Accidentales	76
Error de Bisección	76
Error de Lectura	76
Acumulación de errores	77
Tablas del Nivel Wild NK2	78
Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)	81
NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA	82
ESTACIÓN TOTAL KOLIDA KTS 440	82
Errores Sistemáticos	84
Error de Colimación	84
Falta de verticalidad en las miras	84
Error por hundimiento progresivo de las miras	84
Tablas de la Estación Total KOLIDA KTS 440	84
ESTACIÓN TOTAL PENTAX V 227N	86
Tablas de la Estación Total Pentax V 227N	88
GPS TRIMBLE R4 (DOBLE FRECUENCIA)	90
Posicionamiento Relativo	91
Tiempo real diferenciado y Post-proceso o diferido	91
Tabla del GPS TRIMBLE R4 (Doble Frecuencia)	93
VIBRACIONES PRODUCIDAS POR EL PASO DEL TREN.	94
NIVEL TOPCON AT G4	94

Tabla del Nivel Topcon AT G4 (Vibraciones por efecto del tren)	95
Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)	98
ESTACIÓN TOTAL KOLIDA KTS 440.....	99
TERCERA PARTE: CONCLUSION	100
COMPARACIONES DE VALORES DE DESNIVELES.....	101
NIVELACION GEOMETRICA	101
NIVEL TOPCON AT G4	101
NIVEL TOPCON AT G6.....	103
NIVEL KERN GK1	105
NIVEL WILD NK2.....	107
NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA	109
ESTACIÓN TOTAL KOLIDA KTS 440.....	109
ESTACIÓN TOTAL PENTAX V 227 N.....	112
NIVELACIÓN UTILIZANDO UN GPS TRIMBLE RTK	115
VIBRACIONES PRODUCIDAS POR EL PASO DEL TREN.....	117
NIVEL TOPCON AT G4	117
ESTACIÓN TOTAL KOLIDA KTS 440.....	119
COMPARACIONES DE VALORES DE DESNIVELES.....	121
CONCLUSION FINAL	123
 CUARTA PARTE: ANEXOS	

INTRODUCCION

NIVELACIÓN

Representación geométrica de puntos del terreno

En la topografía clásica la representación de la superficie terrestre se realiza a través del denominado método de las proyecciones acotadas.

Este método consiste en una representación ortogonal de los puntos del espacio sobre un plano de referencia arbitrario que en la topografía se asume horizontal.

La distancia de un punto P a su proyección P' sobre el plano arbitrario de referencia se denomina **cota** del punto.

De esta manera la posición P de un punto del terreno queda completamente determinada establecido un plano de referencia, la posición de la proyección P' en dicho plano a través de un sistema de ejes coordenados y la cota del punto.

Frecuentemente se adopta el **nivel medio del mar** como el nivel cero de las cotas, en cuyo caso, la distancia de un punto P a su proyección normal P' se denomina **altitud**.

Nivel Medio del Mar

El nivel medio del mar se define como la media aritmética de alturas horarias de mareas (o alturas equiespaciadas con un intervalo menor) durante un periodo de tiempo adecuado que permite eliminar el aporte de la marea, fenómeno resultante de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol que actúan sobre la Tierra. Por lo tanto, se deben realizar largas series de mediciones de marea para poder determinar el nivel medio del mar con precisión.

Las primeras mediciones de mareas se realizaban con reglas que se disponían sobre la playa y se vinculaban altimétricamente, mediante una nivelación geométrica, a puntos fijos en la tierra. También se pueden medir el nivel del mar por medio de satélites altimétricos como el GEOSAT y el TOPEX/POSEIDON.

En el año 1996, el Instituto Geográfico Militar vinculó los Mareógrafos de Mar del Plata, Puerto Belgrano, Puerto Madryn, Comodoro Rivadavia y Puerto Deseado con puntos altimétricos en tierra con cotas referidas al Cero IGM (cero Mareógrafo de Mar del Plata), utilizándose un registro de corta longitud. Con posterioridad se vincularon los Mareógrafos de Río Gallegos y Ushuaia.

Como se disponía de los registros de los Mareógrafos de Flotador de los puertos de Mar del Plata, Puerto Belgrano, Puerto Madryn, Comodoro Rivadavia y Puerto Deseado, se realizó la determinación de la variación de la cota del nivel medio del mar en dichos puntos, referida al Cero IGM. No se dispuso de series completas para todas las estaciones mareográficas. Los niveles medios de 19 años para el periodo 1958-1976 variaron pocos centímetros en

cuatro de las cinco estaciones mareográficas, salvo para Puerto Madryn con algo más de dos decenas de centímetros.

En nuestro país el nivel medio del mar se encuentra materializado en la práctica por el cero de la escala del mareógrafo de Mar del Plata. Esta materialización es oficial en el país y fue establecida por el Instituto Geográfico Militar (IGM).

Este sistema altimétrico del IGM, se encuentra extendido al interior del país a través de las denominadas líneas de nivelación de alta precisión del IGM.

Sin embargo, existen otros sistemas altimétricos en el país determinados por otros organismos. Estos sistemas altimétricos se encuentran desplazados respecto del nivel adoptado por el IGM.

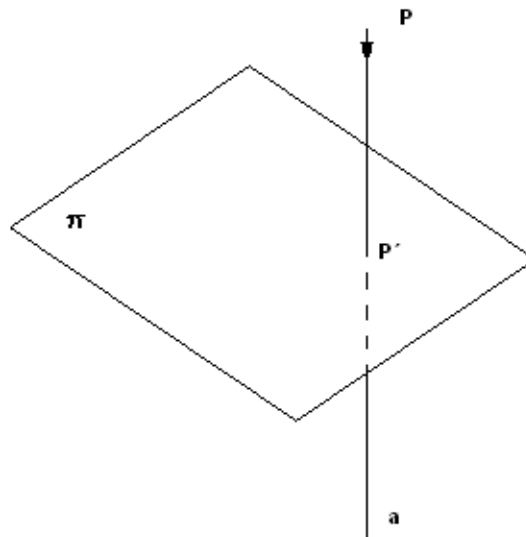
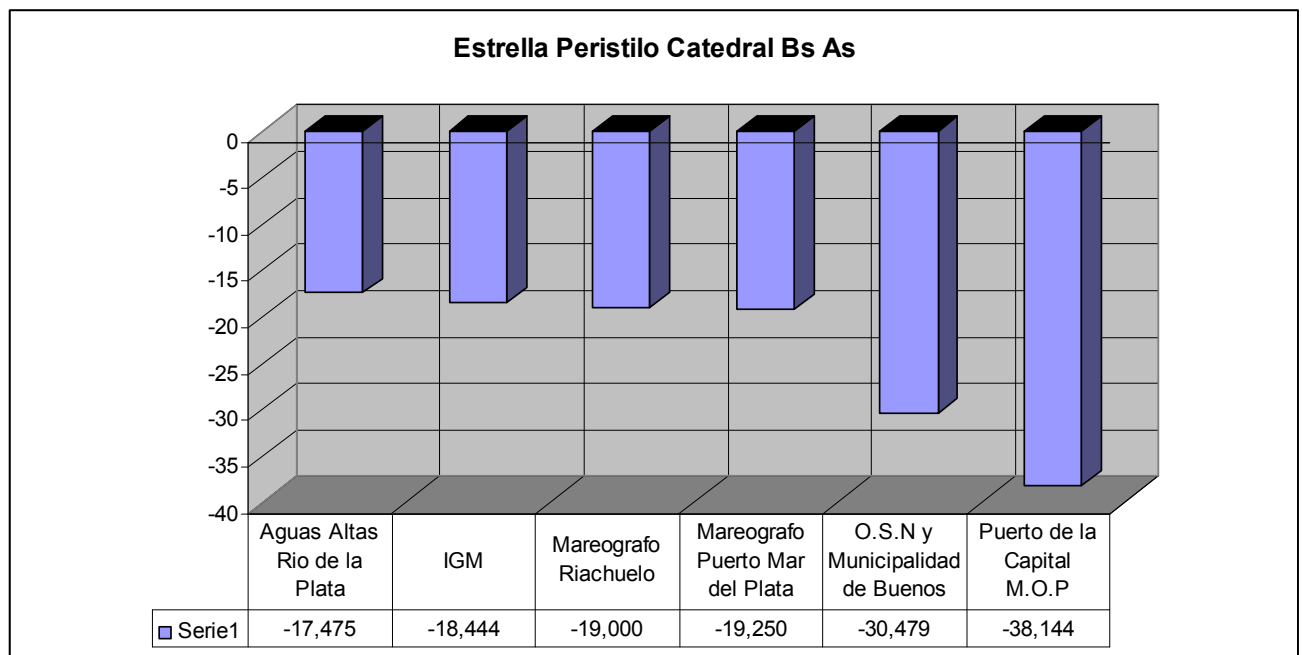
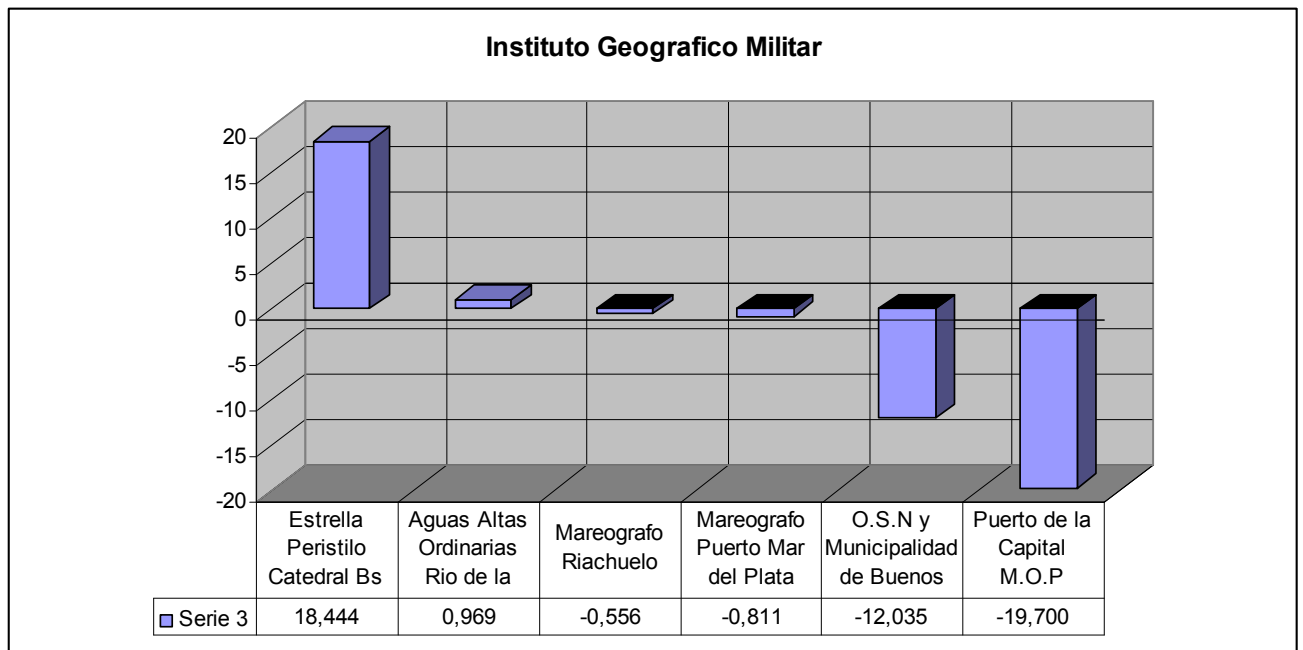
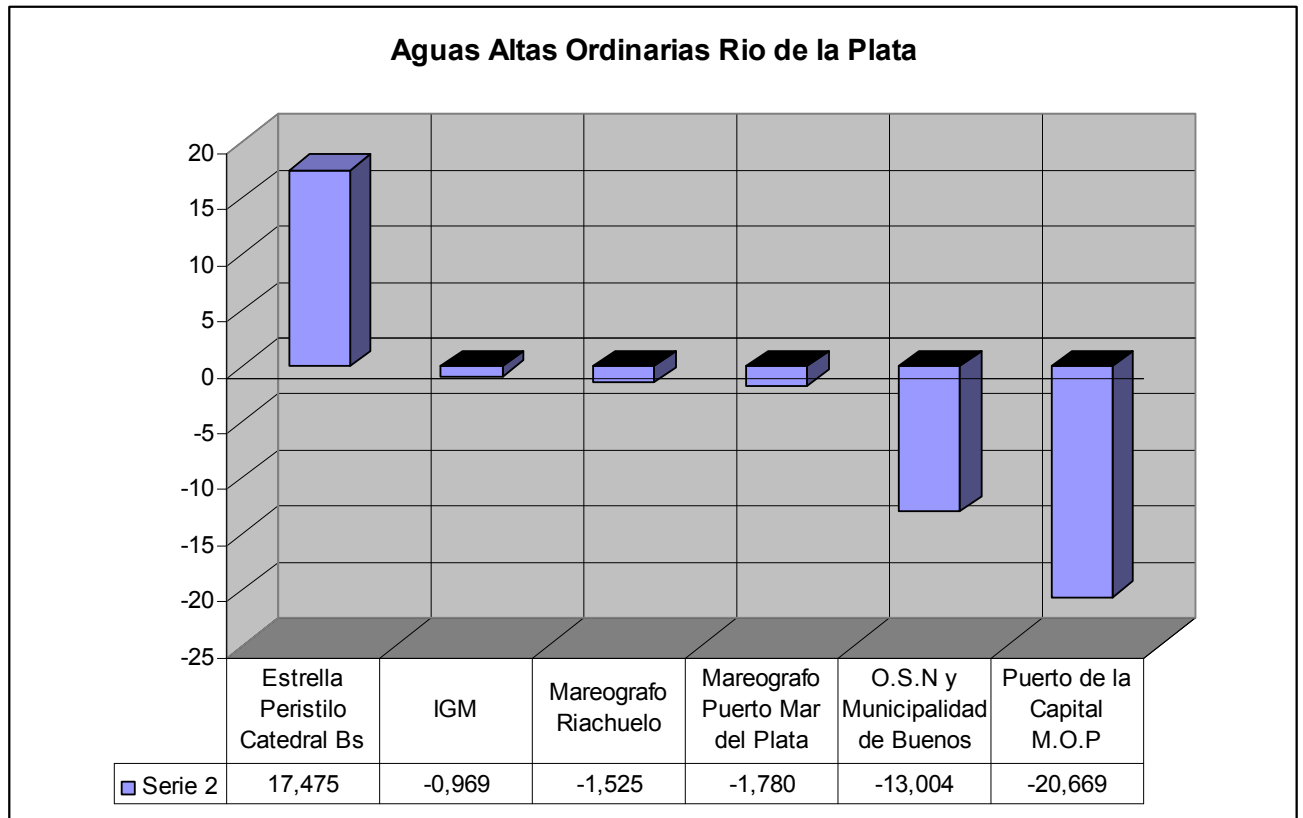


Tabla de comparación de Ceros

	ESTRELLA DEL PERISTILO CATEDRAL DE BS AS	AGUAS ALTAS ORDINARIOS RIO DE LA PLATA	CERO INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR	CERO MAREOGRAFO RIACHUELO	CERO MAREOGRAFO PUERTO DE MAR DEL PLATA	CERO O.S.N. Y MUNICIPALIDAD CDAD. BS AS	CERO PUERTO DE LA CAPITAL M.O.P.
ESTRELLA DEL PERISTILO CATEDRAL DE BS AS	0,000	+17,475	+18,444	+19,000	+19,25	+30,479	+38,144
AGUAS ALTAS ORDINARIOS RIO DE LA PLATA	-17,475	0,000	+0,969	+1,525	+1,780	+13,004	+20,669
CERO INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR	-18,444	-0,969	0,000	+0,556	+0,811	+12,035	+19,700
CERO MAREOGRAFO RIACHUELO	-19,00	-1,525	-0,556	0,000	+0,255	+11,479	+19,144
CERO MAREOGRAFO PUERTO DE MAR DEL PLATA	-19,25	-1,780	-0,811	-0,255	0,000	+11,224	+18,889
CERO O.S.N. Y MUNICIPALIDAD CDAD. BS AS	-30,479	-13,004	-12,035	-11,479	-11,224	0,000	+7,665
CERO PUERTO DE LA CAPITAL M.O.P.	-38,144	-20,669	-19,700	-19,144	-18,889	-7,665	0,000

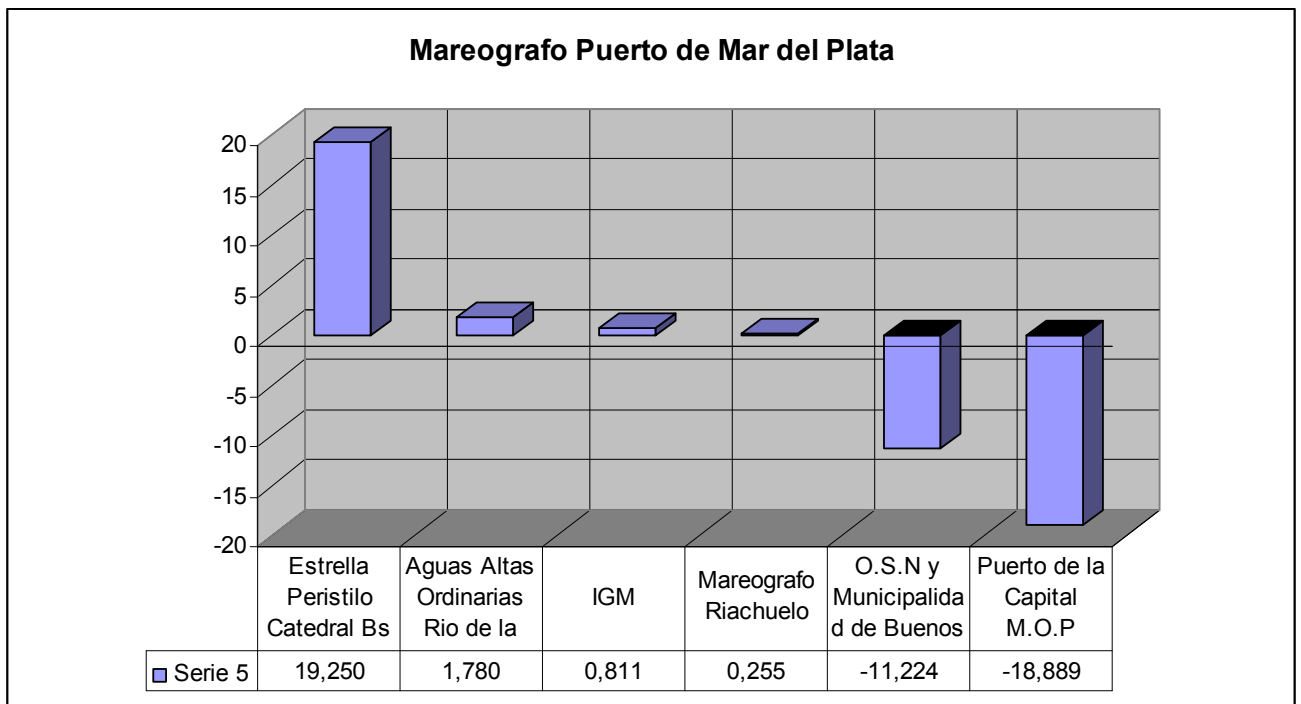
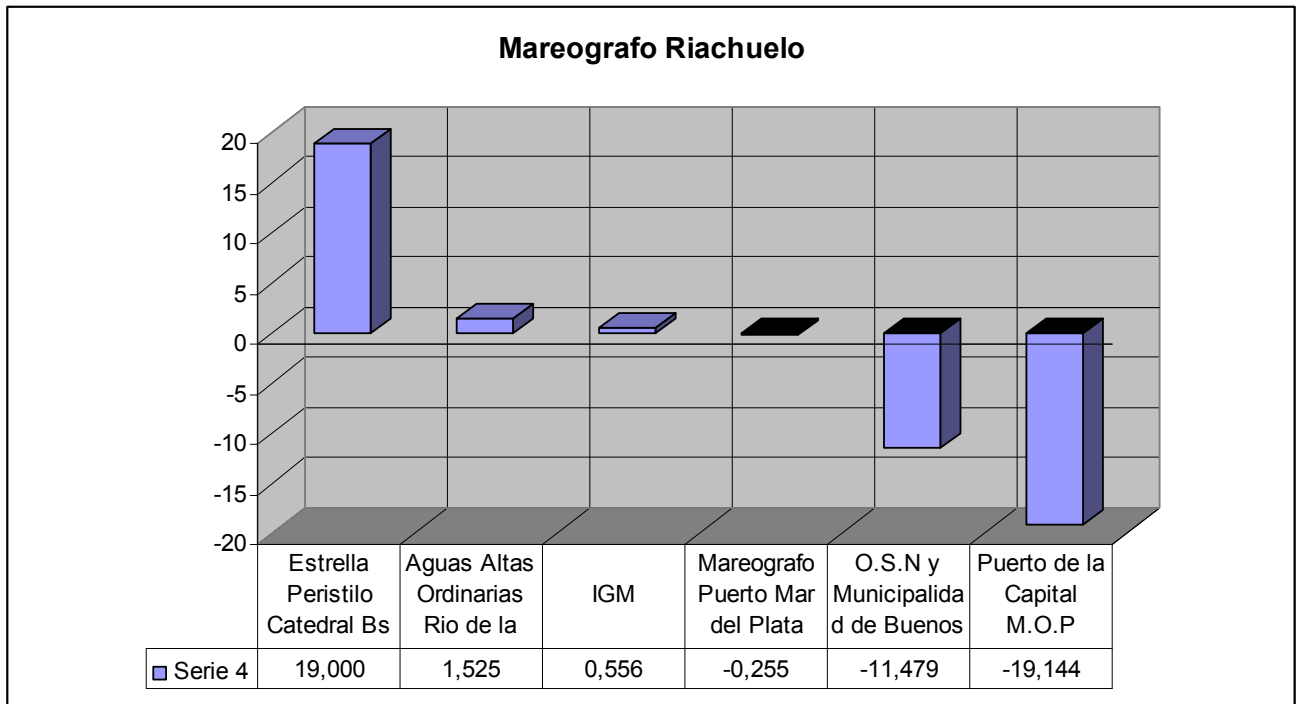
Diferencia de Ceros con respecto a cada uno de ellos

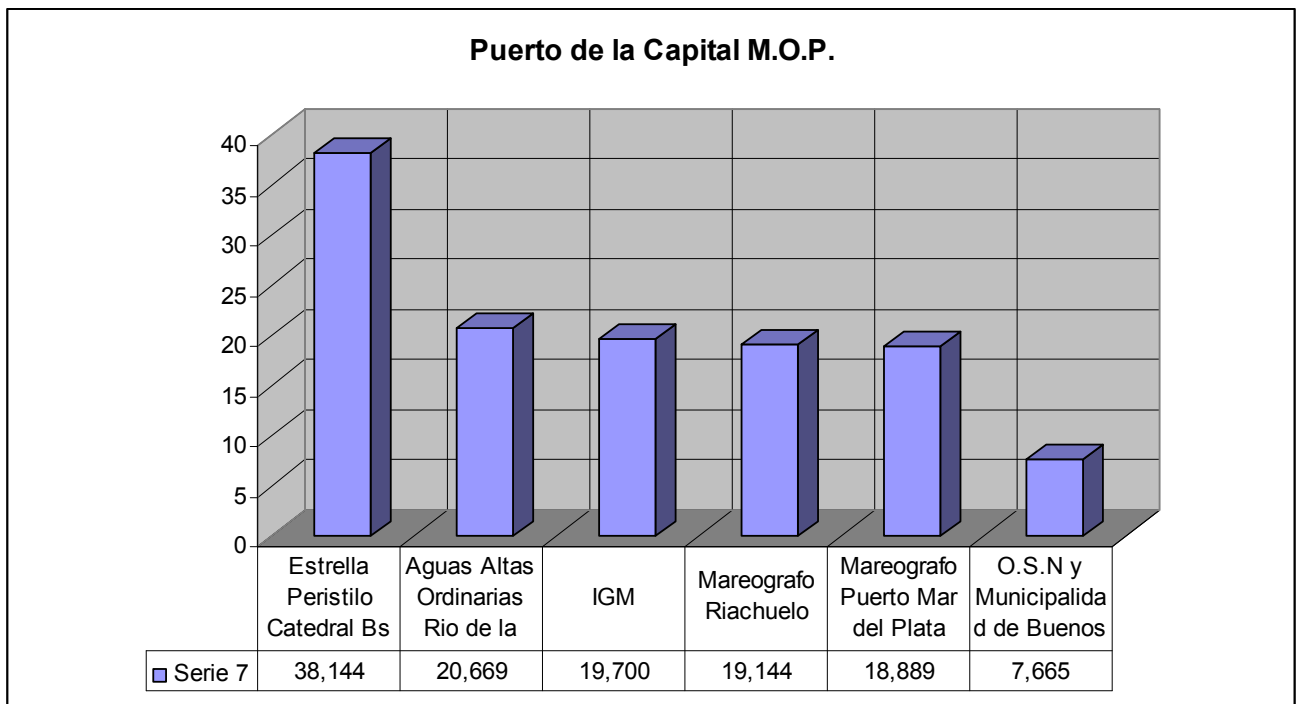
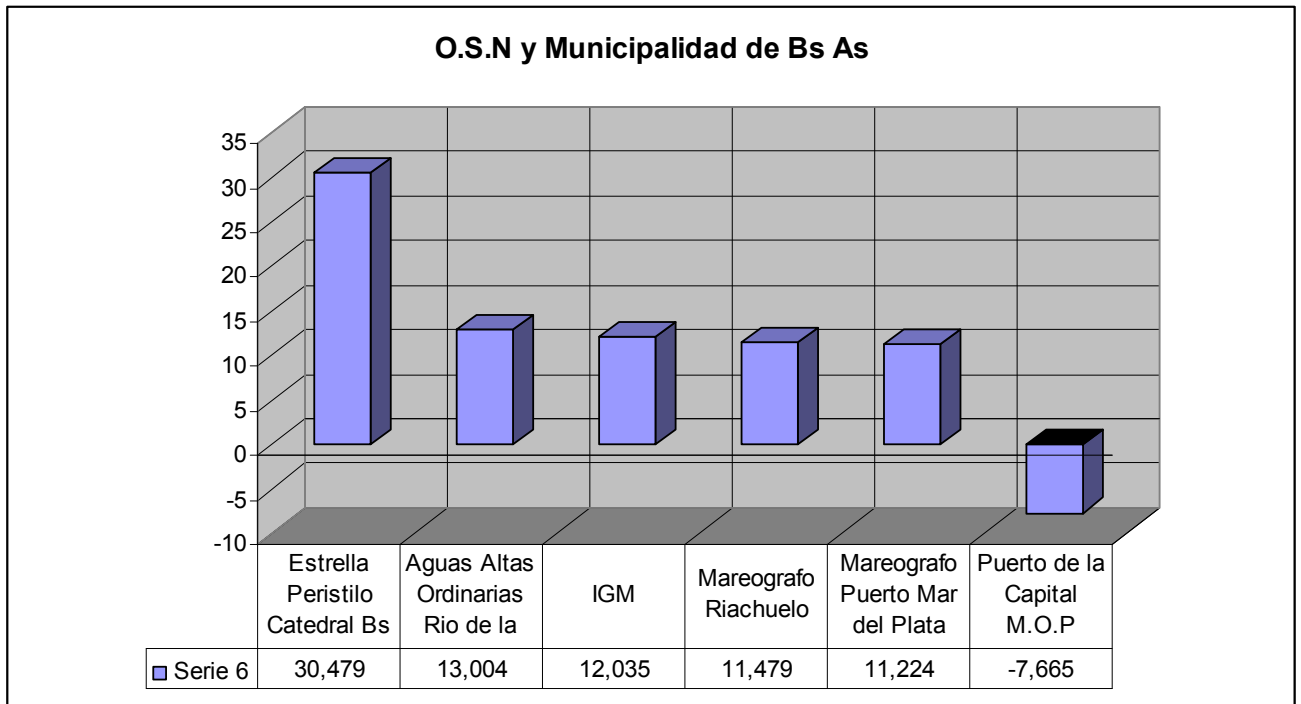




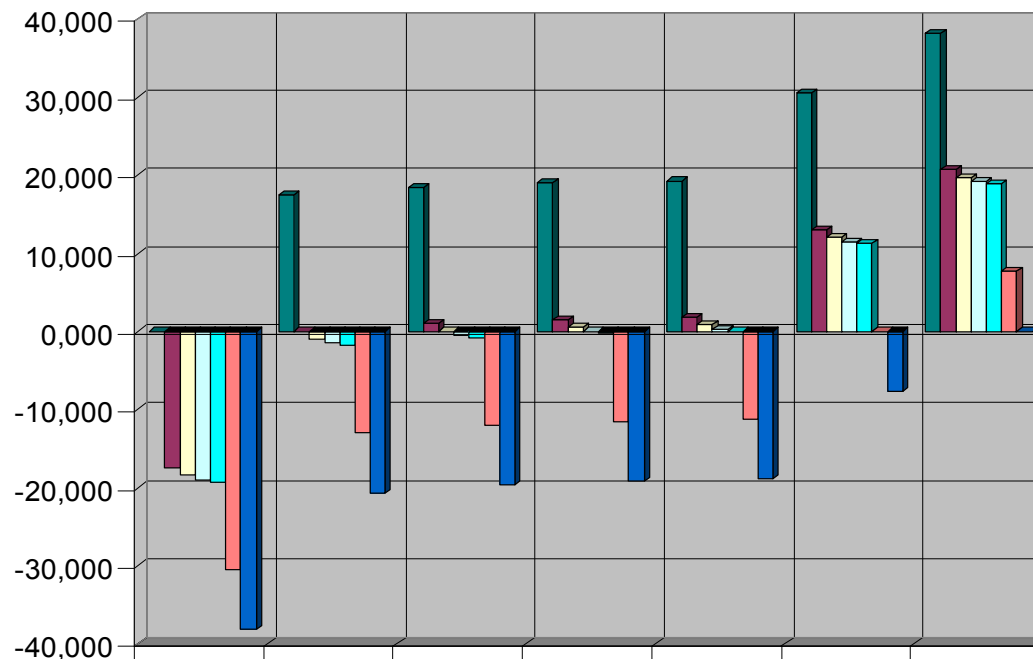
OSN = Obras sanitarias de la Nación

MOP = Ministerio de Obras Publicas





Comparacion de Cerros



■ ESTRELLA DEL PERISTILO CATEDRAL DE BS AS	0,000	17,475	18,444	19,000	19,250	30,479	38,144
■ AGUAS ALTAS ORDINARIOS RIO DE LA PLATA	-17,475	0,000	0,969	1,525	1,780	13,004	20,669
■ CERO INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR	-18,444	-0,969	0,000	0,556	0,811	12,035	19,700
■ CERO MAREOGRAFO RIACHUELO	-19,000	-1,525	-0,556	0,000	0,255	11,479	19,144
■ CERO MAREOGRAFO PUERTO DE MAR DEL PLATA	-19,250	-1,780	-0,811	-0,255	0,000	11,224	18,889
■ CERO O.S.N. Y MUNICIPALIDAD CDAD. BS AS	-30,479	-13,004	-12,035	-11,479	-11,224	0,000	7,665
■ CERO PUERTO DE LA CAPITAL M.O.P.	-38,144	-20,669	-19,700	-19,144	-18,889	-7,665	0,000

El **desnivel** entre dos puntos se define como la diferencia de sus cotas y como tal es independiente del cero adoptado.

Más precisamente definimos el desnivel $\Delta H_{AB} = H_B - H_A$ como el desnivel que permite pasar de la cota H_A de A a la cota H_B de B.

De la misma manera, la asignación de una cota a un punto determinado establece la posición del plano de referencia (cero de la escala de cotas), de manera que la medición de desniveles con respecto a ese punto permite hallar las cotas en el mismo sistema.

Nivelación

Se denomina nivelación al conjunto de operaciones que permiten determinar el desnivel entre dos o más puntos.

La nivelación puede ser:

- Geométrica.
- Trigonométrica
- Barométrica

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE

La nivelación geométrica simple es un procedimiento que permite determinar el desnivel entre dos puntos, por medio de la lectura sobre escalas graduadas apoyadas verticalmente en dichos puntos, de la altura a la que el eje de colimación de un equaltímetro situado en un punto intermedio, intersecta dichas miras.

Equipamiento

Para realizar una nivelación geométrica simple se requiere utilizar específicamente:

1. Un equaltímetro o nivel de anteojo
2. Un par de miras o escalas graduadas.

El equaltímetro o nivel de anteojo es un instrumento consistente en un anteojo astronómico que posee adosado un nivel tubular de forma que su eje de colimación es paralelo al eje del nivel tubular.

El equaltímetro es atornillado sobre un trípode y puede rotar en torno de un eje de rotación RR' que se orienta en forma vertical. De esta manera el anteojo puede rotar en acimut y orientar el eje de colimación en distintas direcciones horizontales.

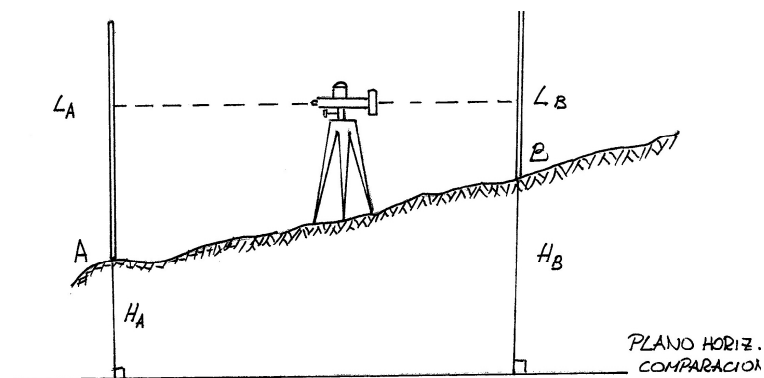
Si la burbuja del nivel tubular es adecuadamente centrada, en ausencia de errores instrumentales el movimiento acimutal del anteojo no producirá un desplazamiento de la burbuja del nivel tubular respecto de su centro y el eje de colimación recorrerá un plano horizontal.

Las miras poseen una escala graduada de precisión acorde al equaltímetro y generalmente se hallan centimetradas.

Principio de la medición

La siguiente figura ilustra el principio de la medición del desnivel entre dos puntos A y B sobre el terreno.

El equialtímetro se encuentra ubicado a una distancia media entre A y B. En A y B se disponen dos miras o escalas graduadas en forma vertical. Las miras poseen el cero de la escala graduada en el extremo inferior de modo que la lectura sobre la misma representa la distancia a la que el eje de colimación del equialtímetro corta la mira sobre el punto del terreno.



H_A y H_B son las cotas de los puntos del terreno A y B sobre el Plano Horizontal de comparación.

De la figura se deduce por paralelismo entre el plano de comparación y el eje de colimación del instrumento que:

$$H_A + L_A = H_B + L_B$$

Por pasaje de términos:

$$H_B - H_A = L_A - L_B$$

Pero $H_B - H_A$ es el desnivel entre A y B, de modo que:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = L_A - L_B$$

Procedimiento de medición

Para proceder a medir el desnivel entre dos puntos P y Q se requieren las siguientes operaciones.

1. Se ubica el equialtímetro sobre un trípode aproximadamente a mitad de camino de A y de B puntos a medir.
2. Se ubican sendas miras en los puntos A y B en forma vertical las cuales orientan su escala graduada hacia el instrumento.
3. Se verticaliza el eje de rotación RR' mediante el nivel esférico y los tornillos calantes de la base nivelante.
4. Se procede a orientar el anteojo en dirección a A liberando el tornillo de freno del movimiento acimutal, orientando y ajustando. Se afina la búsqueda de la mira con el tornillo de pequeños movimientos. De ser necesario se enfoca la mira accionando el tornillo de enfoque. El retículo se enfoca accionando el tornillo que mueve la lente móvil de enfoque.
5. Se procede a la **bisección de la mira** entendiendo este procedimiento como centrar la burbuja del nivel tubular accionando el tornillo de elevación.
6. Se procede a tomar la lectura sobre la mira en A. Luego se gira el instrumento en dirección a B y se toma la lectura de la mira en B.

Procedimiento de lectura

Se deben leer los tres hilos del retículo. La lectura debe realizarse al milímetro y enunciarse dígito por dígito incluido el punto decimal.

El promedio de las lecturas del hilo superior e inferior debe dar la lectura del hilo medio con un error no mayor a los 2 milímetros. Si no se cumple esta condición se deberá proceder a tomar las lecturas nuevamente.

La diferencia entre los dos hilos superior e inferior, multiplicado generalmente por 100 (dependiendo del instrumento) da la distancia aproximada entre instrumento y mira.

Errores sistemáticos

Los errores sistemáticos son:

1. **Error de colimación:** es la falta de paralelismo entre el eje de colimación y el eje del nivel tubular.
2. **Falta de verticalidad de las miras:** las miras son consideradas parte del instrumento. La falta de verticalidad produce una lectura diferente.
3. **Hundimiento progresivo de las miras:** para contrarrestarlos se usan sapos.
4. **Error de graduación en las miras:** es más significativo en terrenos de fuerte pendiente general.
5. **Error de cruce:** los planos verticales que contienen los ejes de colimación y del nivel tubular no son paralelos.
6. **Descorrección del nivel esférico:** que se traduce en una mayor incidencia del error de cruce.
7. Falta de paralelismo de las superficies equipotenciales terrestres.

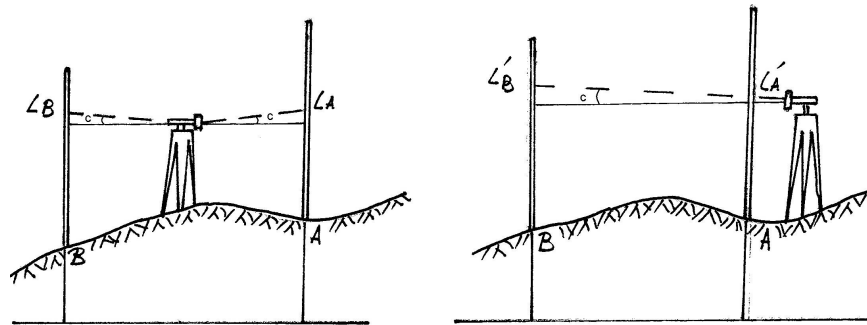
Error de colimación

El error de colimación es causado por la falta de paralelismo entre el eje del nivel tubular y el eje de colimación del anteojo.

Por esta razón cuando la burbuja del nivel tubular es centrada, el eje de colimación forma un ángulo c con respecto a un plano horizontal.

Como se puede ver en la siguiente figura (lado izquierdo) si el instrumento es situado equidistante de ambas miras, el efecto posee la misma magnitud y signo en ambas lecturas y por lo tanto en la diferencia cancela. No obstante, si el instrumento es situado sobre un extremo, cercano a uno de los puntos, puede verse que el efecto no cancela en la diferencia porque es de distinta magnitud en ambas miras.

Influencia del error de colimación en la nivelación geométrica simple



En la figura se representa con línea punteada la extensión del eje de colimación en el espacio y con línea llena la dirección o eje horizontal pasante por el centro del retículo.

Determinación y Corrección del error de colimación

El tornillo de elevación permite variar la inclinación del eje de colimación. Solidario al anteojo se encuentra el nivel tubular. De este modo, resulta claro que la forma de corregir el error de colimación se realiza accionando los tornillos que regulan la orientación del nivel tubular sobre el anteojo.

Para determinar la magnitud de la corrección se aprovecha la situación geométrica descrita en el gráfico presentado en la sección anterior:

Los pasos son los siguientes:

1. Se ubica el instrumento equidistante a los puntos A y B y se procede a determinar el desnivel entre estos puntos. Como se puede ver en la figura (lado izquierdo), el efecto cancela en la diferencia, por lo que el desnivel resultante ΔH_{AB} es verdadero.
2. Se ubica el instrumento en uno de los extremos (lado derecho de la figura) y se procede a tomar las lecturas de las miras en A y B (L'_A y L'_B). El efecto del error de colimación será nulo en A (porque c es muy pequeño) pero perceptible en B de modo que el desnivel $\Delta' H_{AB}$ será diferente al verdadero obtenido en el paso anterior.
3. Con el instrumento en esta posición y accionando el tornillo de elevación se provoca la lectura corregida L''_B que corresponde a la que se obtendría si no existiera error de colimación y que estará dada por:

$$L''_B = L'_A - \Delta H_{AB(\text{verdadero})}$$

Como consecuencia de este procedimiento la burbuja del nivel tubular quedará descentrada.

4. Se restablece la centración de la burbuja, corrigiendo el error de colimación, accionando los tornillos propios del nivel tubular.

Error por falta de verticalidad de las miras

El error por falta de verticalidad de las miras produce una lectura L' más elevada que la correcta L .

El efecto ΔL es absolutamente análogo al que se produce en la medición directa de distancias utilizando una cinta de agrimensor.

Evidentemente $L' = L + \Delta L$.

De la figura por Pitágoras:

$$L'^2 = L^2 + a^2$$

Desarrollando el primer miembro en base a la ecuación anterior, tenemos

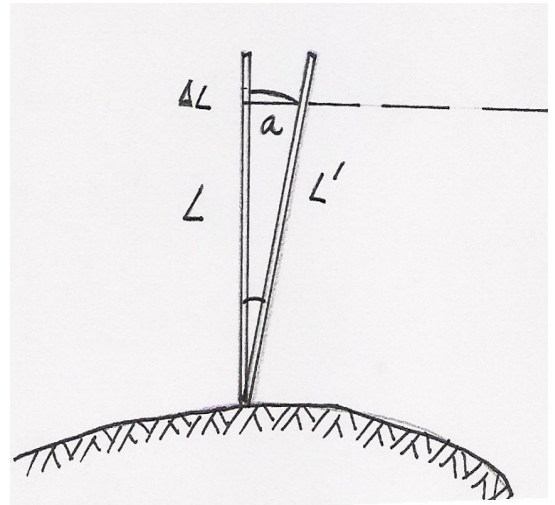
$$(L + \Delta L)^2 = L^2 + a^2$$

$$L^2 + 2.L.\Delta L + \Delta L^2 = L^2 + a^2$$

Simplificando y eliminando el término cuadrático en ΔL por su pequeñez en relación al término $2.L.\Delta L$, concluimos que:

$$\Delta L = \frac{a^2}{2L}$$

La forma de minimizar este error en nivelaciones de gran precisión consiste en adosar niveles esféricos a las miras de modo que el mirero mantenga las miras verticales durante la medición.



Errores accidentales

Los errores accidentales son:

1. **Error de bisección:** depende del error de calaje de la burbuja del nivel tubular.
2. **Error de lectura:** inversamente proporcional al aumento del anteojo.
3. **Acumulación de errores**

El error de bisección

Niveles no Automáticos

Depende de la precisión con que se realiza el calaje de la burbuja del nivel tubular y por ende de la sensibilidad del nivel tubular.

La expresión de su error medio expresado en segundos de arco es la siguiente:

$$m_b = \frac{\sqrt{S''} * L(m)}{2000}$$

donde S es la sensibilidad del nivel medida en segundos por división. Si se quiere determinar su valor en milímetros debe multiplicarse por la distancia instrumento mira.

Niveles Automáticos

En los Niveles Automáticos cuando se bisecta la mira, se produce automáticamente la lectura que corresponde a la posición horizontal del eje de colimación.

En ellos el error de bisección viene dado por la siguiente expresión:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{L(m)}{400}$$

L = distancia instrumento-mira.

El error angular en el proceso de lectura

Al igual que como se vio para el instrumento teodolito es inversamente proporcional al aumento del anteojo. Sin embargo, aquí la lectura no es angular sino lineal, por ello es además, proporcional a la distancia a las miras. Además depende de la apreciación (menor división de la escala) de las miras.

La expresión del error medio de lectura en milímetros está dado por:

$$m_l[mm] = \frac{0.14 \cdot L[m]}{A} + 0.3 \cdot \Delta_{mm}$$

Donde Δ_{mm} es la apreciación de la mira, A es el aumento del anteojo y L la distancia instrumento mira en metros.

Los errores accidentales combinados tendrán un error medio m_a dado por la expresión

$$m_a = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

donde m_b es el error medio expresado en milímetros y está dado por:

$$m_b[mm] = m_b'' \cdot L[m] \cdot \frac{1000mm/m}{200000''/rad.} = m_b'' \cdot L[m] \cdot \frac{1}{200} = \frac{\sqrt{S''} \cdot L[m]}{2000}$$

Distancia máxima instrumento – mira

La distancia máxima instrumento-mira para poder separar una lectura con 1mm de precisión se encuentra limitada por la agudeza visual (acuidad visiva) del ser humano que se estima en 1' de arco.

Luego, considerando que 1' de arco es la relación 1/3000 y que el aumento A del anteojo agranda los ángulos en esa cantidad se demuestra que la distancia máxima instrumento-mira en metros para poder separar 1mm en la mira es de:

$$L_{\max}[m] = 3 \cdot A$$

De esta manera si un equialtímetro posee un anteojo con un aumento de A= 20 aumentos, entonces la distancia máxima será de 60 metros.

Distancia mas favorable instrumento - mira

La distancia mas favorable instrumento–mira se demuestra es:

$$L_{fav} [m] = 0.2 \cdot A \cdot \Delta(mm)$$

donde A es el aumento y $\Delta(mm)$ es la menor división de las miras medida en milímetros.

Luego para una mira centimetrada tenemos:

$$L_{fav} [m] = 2 \cdot A$$

Determinación del aumento de un antejo

El procedimiento para determinar el aumento de un antejo es el siguiente:

1. Se ubica la mira a una distancia cercana al instrumento (aproximadamente 5 metros).
2. Se observa a través del antejo y se toma la lectura de los hilos superior e inferior.
3. Prolongando los hilos del retículo por fuera del antejo y sobre las miras, se marcan los lugares donde los hilos superior e inferior interseca por prolongación la visual directa del operador a las miras. Para ello, el mirero procederá a marcar en lápiz tal intersección. Luego se tomará la lectura de las marcas directamente en las miras.
4. Se estima el aumento como el cociente de la longitud de los segmentos entre el hilo superior e inferior, determinado sobre la mira y por diferencia de lecturas en el instrumento.

Determinación de la sensibilidad del nivel tubular

Para determinar la sensibilidad del nivel tubular se procede a calar el instrumento y situar una mira a una distancia conocida L del instrumento.

Luego accionando el tornillo de elevación se observará que a una descorrección de N divisiones de la mira le corresponderá un desplazamiento $\overline{M1M2}$ del retículo.

La sensibilidad del nivel por definición es:

$$S = \frac{\gamma}{N}$$

Donde γ es el ángulo de desplazamiento de la burbuja y N el número de divisiones de ese desplazamiento. Luego el ángulo γ puede ser determinado a partir del desplazamiento del eje de colimación sobre la mira:

$$\gamma = \frac{\overline{M1M2}}{L}$$

Dado que el ángulo se suele expresar en segundos de arco, se multiplica por el factor de corrección de radianes a segundos de arco:

$$S'' = \frac{\overline{M1M2}}{L \cdot N} 200000''$$

NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA

Introducción

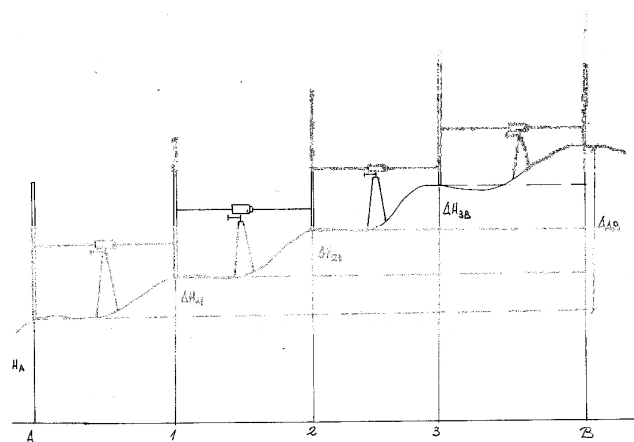
Una nivelación geométrica compuesta es un proceso de medición consistente en una sucesión de nivelaciones geométricas simples.

Se emplea cuando la distancia entre los puntos A y B sobre los cuales se desea conocer el desnivel es extensa, o cuando el desnivel es muy alto para ser realizado en forma simple.

Al tratarse de una sucesión, las nivelaciones compuestas realizan un recorrido. Esto define una dirección “hacia atrás” y “hacia adelante” del mismo.

Los puntos intermedios sobre los cuales se sitúa la mira para lecturas atrás y adelante entre los puntos extremos A y B objeto de la medición se denominan puntos de paso.

Nivelación geométrica compuesta



Cálculo del desnivel entre A y B

El desnivel entre A y B se obtiene como suma algebraica de los desniveles determinados en cada nivelación simple.

De la figura:

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_{A1} + \Delta H_{12} + \dots + \Delta H_{nB}$$

Donde cada uno de los términos es el desnivel obtenido por una nivelación geométrica simple que se obtiene realizando las diferencias de lecturas atrás - adelante.

Agrupando términos puede obtenerse la expresión de cálculo de una nivelación compuesta según:

$$AH_{AB} = \sum_1^n \Delta H_{i,i+1} = \sum_1^n L_{atrás} - \sum_1^n L_{adelante}$$

Donde n es el número de nivelaciones simples, $\sum_1^n \Delta H_{i,i+1}$ es la sumatoria de los desniveles de cada tramo de nivelación simple. $\sum_1^n L_{atrás}$ es la sumatoria de las lecturas de la mira realizadas hacia atrás del sentido de recorrido de A hacia B. De la misma forma, $\sum_1^n L_{adelante}$ es la sumatoria de las lecturas de la mira ubicada hacia delante en el sentido de recorrido de A hacia B.

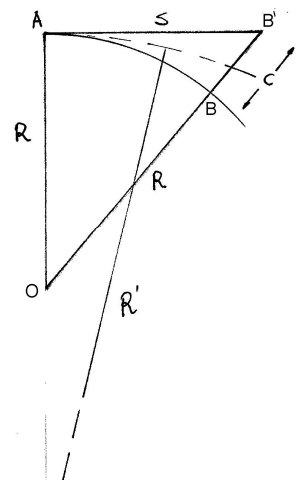
Error por curvatura y refracción

Cuando se miden distancias grandes, el efecto de curvatura terrestre tiene influencia en la medición de desniveles.

Luego si consideramos que O es el centro de la Tierra y R es su radio medio (asumimos una forma esférica) y procedemos a determinar el desnivel entre los puntos A y B situados a una distancia horizontal s, cometemos el error BB' por curvatura terrestre.

Como se puede observar en la figura a la derecha, una visual horizontal en el punto A se aleja de la superficie de la Tierra.

Al desplazarnos una distancia horizontal s, al llegar a la vertical que pasa por B (OBB'), encontraremos a B, en un desnivel c más abajo que la horizontal que pasa por A (justamente por efecto de la curvatura terrestre).



Es decir, que el error por curvatura de la Tierra es siempre negativo y su corrección es positiva.

Si planteamos el teorema de Pitágoras:

$$(R + c)^2 = R^2 + s^2$$

Donde desarrollando y simplificando R^2 tenemos:

$$2 R c + c^2 = s^2$$

Si se saca factor común c en el primer miembro tenemos:

$$c \cdot (2 R + c) = s^2$$

de donde surge que:

$$c = \frac{s^2}{(2 R + c)}$$

Entonces despreciando en el denominador, el término c en relación a la magnitud de $2 R$ tenemos:

$$c \cong \frac{s^2}{2 \cdot R}$$

Sin embargo, la visual de A hacia B, es curvada hacia abajo por efecto de refracción compensando en parte el efecto de la curvatura terrestre.

La trayectoria del rayo de luz puede asumirse como un segmento de arco esférico de radio $R'=R / K$, donde K es el coeficiente de refracción esférica cuyo valor adoptado es 0.13. Es decir, si r es la corrección por refracción:

$$r = K \cdot \frac{s^2}{2 \cdot R}$$

El efecto combinado de curvatura y refracción es:

$$c \text{ y } r = (1 - K) \cdot \frac{s^2}{2 \cdot R}$$

Luego si asumimos el radio medio de la Tierra $R=6400$ Km, s medido en Km y la corrección "c y r" en cm tenemos:

$$c \text{ y } r \text{ (cm)} = (1 - 0.13) \cdot \frac{(s[\text{Km}])^2}{12800 \text{ Km}} \cdot \frac{10^5 \text{ cm}}{1 \text{ Km}} \cong 7 \cdot s^2$$

donde S esta en Km.

La forma de compensar el error de curvatura y refracción es realizar mediciones recíprocas y simultáneas de los desniveles entre A y B.

Tolerancias y errores

Según se trató al analizar la nivelación geométrica simple, el error medio m de una nivelada (bisección y lectura de una mira) está dado por:

$$m = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

Donde m_b es el error medio de bisección y m_l es el error medio de lectura.

Una nivelación geométrica compuesta de longitud total L , estará formada por N tramos de nivelación simple de longitud $2s$, donde s es la distancia más favorable instrumento – mira. Luego, la cantidad n de niveladas será:

$$n = \frac{L}{s}$$

Luego, el error medio m_L acumulado en una nivelación geométrica compuesta de longitud L será:

$$m_L = m \cdot \sqrt{n}$$

Si reemplazamos n por su expresión anterior y agrupamos:

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{s}} \cdot \sqrt{L}$$

Ahora bien si hacemos $L = 1 \text{ km}$ y denominamos m_0 al valor resultante tenemos:

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{s[\text{Km}]}}$$

m_0 es denominado como error kilométrico y constituye el índice de precisión de la nivelación geométrica.

Luego podemos escribir:

$$m_L = m_0 \cdot \sqrt{L[\text{km}]}$$

La tolerancia T_L será 3 veces el valor del error medio y podemos escribir:

$$T_L[\text{cm}] = K \cdot \sqrt{S[\text{Km}]}$$

K es un valor que suele tomar valores de entre 1 y 5.

Ejemplo:

Por ejemplo si tomamos un nivel con un nivel cuya sensibilidad S es de $30''/\text{mm}$, un aumento A de 25 dioptrías y una mira graduada cuya apreciación Δ es 1 cm, tenemos:

Distancia favorable instrumento mira:

$$s = 2 \cdot A = 2 \cdot 25 \text{ m} = 50 \text{ m}$$

Error de bisección:

$$m_b [\text{mm}] = \frac{\sqrt{S''} \cdot s [\text{m}]}{2000} = \frac{\sqrt{30''} \cdot 50 \text{ m}}{2000} = 0.14 \text{ mm}$$

Error de lectura:

$$m_l [\text{mm}] = \frac{0.14 \cdot s [\text{m}]}{A} + 0.03 \cdot \Delta_{\text{mm}} = \frac{0.14 \text{ mm} \cdot 50 \text{ m}}{25} + 0.03 \cdot 10 \text{ mm} = 0.58 \text{ mm}$$

Error de una nivelada:

$$m = \sqrt{m_b^2 + m_l^2} = \sqrt{0.14 \text{ mm}^2 + 0.58 \text{ mm}^2} \cong 0.6 \text{ mm}$$

Error kilométrico:

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{s [\text{Km}]}} = \frac{0.6 \text{ mm}}{\sqrt{0.05 \text{ Km}}} = 2.68 \text{ mm} \cong 3 \text{ mm}$$

Luego, el error medio en la nivelación geométrica de longitud L medida en Km es:

$$m = m_0 \cdot \sqrt{L [\text{Km}]} = 3 \text{ mm} \cdot \sqrt{L [\text{Km}]}$$

Y la tolerancia expresada en cm será:

$$T_L [\text{cm}] = 3 \cdot m = 3 \cdot 3 \text{ mm} \cdot \sqrt{L [\text{Km}]} \cong 1 \text{ cm} \cdot \sqrt{L [\text{km}]}$$

Lo que para una distancia de 10 Km, suministra una tolerancia de 10 cm.

En rigor, el problema es inverso, fijada una tolerancia T_L para la nivelación, deberá examinarse si el método de medición es apropiado y que clase de instrumental se necesitará para satisfacer la tolerancia exigida.

Luego, si T_L es conocido, podemos calcular m_L de la siguiente forma:

$$m_L = \frac{T_L}{3}$$

De este modo, asumiendo que se posee un instrumento cuya distancia más favorable instrumento mira es s , calcularemos la cantidad de niveladas según:

$$n = \frac{L}{s}$$

y el error medio de cada nivelada como:

$$m = \frac{m_L}{\sqrt{n}}$$

Luego como el error mas significativo en cada nivelada es el error de lectura podremos hacer $m \cong m_l$ y determinar con qué precisión será suficiente leer la mira.

NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

Introducción

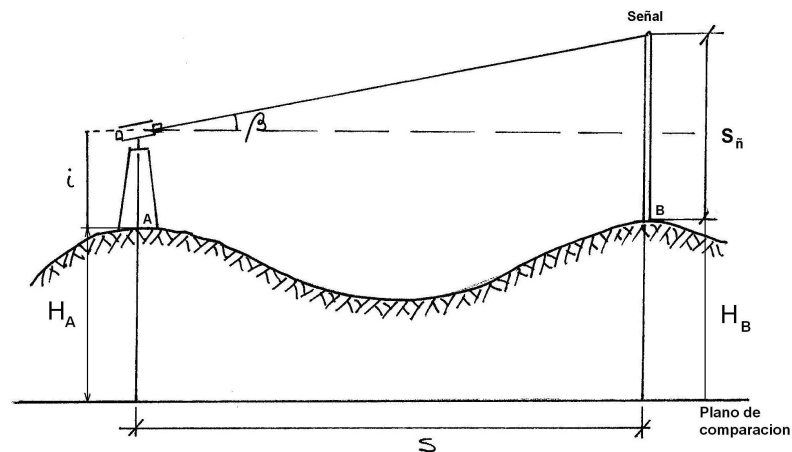
La nivelación trigonométrica es un método para determinar desniveles entre puntos. Suele aplicarse en casos donde la nivelación geométrica no es aplicable, ya sea por la existencia de grandes desniveles o cuando los puntos a nivelar están muy distanciados.

La nivelación trigonométrica también es llamada medición indirecta de desniveles a diferencia de la nivelación geométrica que es denominada medición directa de desniveles.

La nivelación geométrica es el método más preciso de determinar desniveles, siendo la nivelación trigonométrica menos precisa.

Nivelación trigonométrica

De acuerdo al diagrama insertado abajo, si en el punto A se estaciona un teodolito cuya altura del eje secundario sobre A es i , y se mide el ángulo de elevación β del extremo superior de una señal de altura $Sñ$ emplazada en un punto B situado a una distancia horizontal S de A, entonces:



se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$H_A + i + S \cdot \operatorname{tg}(\beta) = H_B + Sñ$$

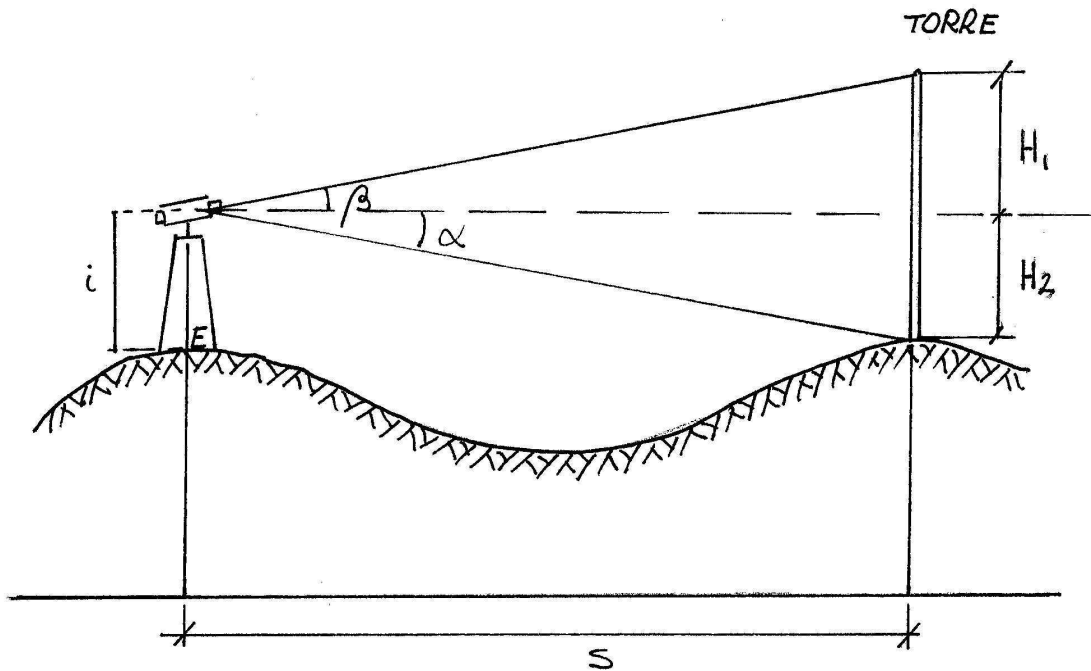
Donde H_A y H_B son las cotas de los puntos A y B referidas a un plano arbitrario de comparación y β es el ángulo de elevación medido con el teodolito.

Luego se deduce la expresión de la nivelación trigonométrica para el desnivel entre A y B:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = S \cdot \operatorname{tg}(\beta) + i - Sñ$$

Método para determinar la altura de un objeto

Cuando se desea conocer la altura de un objeto como por ejemplo una torre, un método simple consiste en medir los ángulos verticales al extremo superior y a la base del objeto como muestra la siguiente figura:



Aquí α es el ángulo de altura a la base de la torre y β a su extremo superior. La altura H de la torre estará dada por:

$$H = H1 + H2 = s \cdot \operatorname{tg}(\beta) + s \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$$

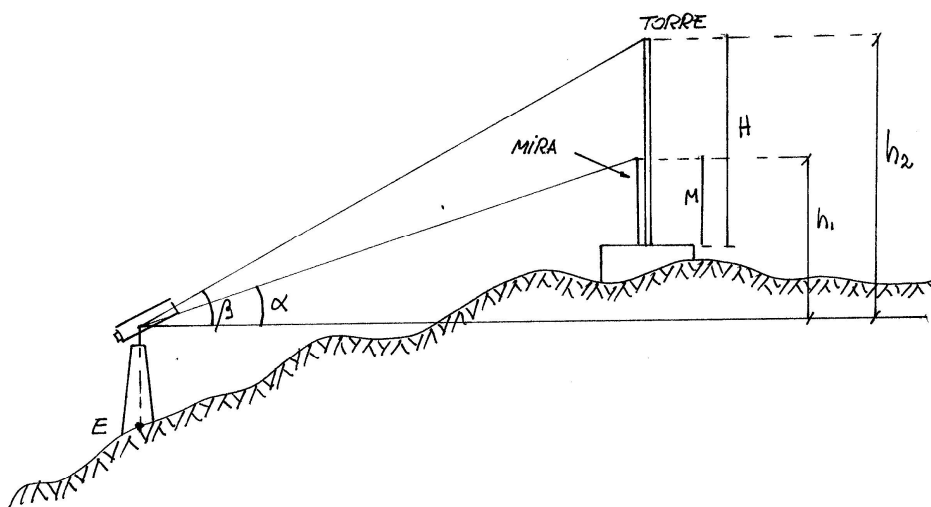
Luego:

$$H = s \cdot (\operatorname{tg}(\alpha) + \operatorname{tg}(\beta))$$

Caso para el cual el extremo inferior no es directamente visible

Cuando el extremo inferior del objeto se encuentra fuera de la visual directa desde un punto de medición E apropiado y libremente escogido, se puede recurrir al auxilio de una mira de longitud m .

La siguiente figura ilustra la situación sobre el ejemplo de la torre. Se asume aquí que la torre posee una base de hormigón que dificulta la observación desde un punto apropiado para visualizar el extremo superior en razón de la topografía del lugar.



Aquí la altura de la torre estará dado por:

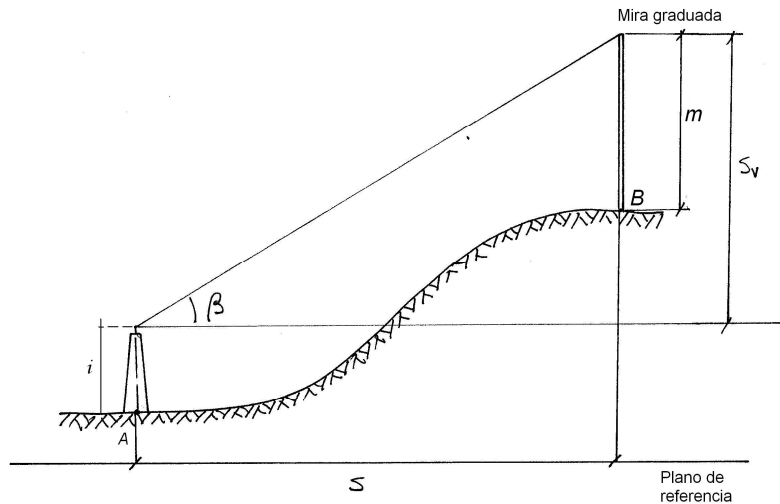
$$H = h_2 - h_1 + M$$

Luego:

$$H = s \cdot \text{tg}(\beta) - s \cdot \text{tg}(\alpha) + M$$

Método para determinar la cota de un punto

Si se desea conocer el desnivel entre dos puntos A y B que no son directamente intervisibles se puede recurrir al auxilio de una mira graduada, tal como muestra la siguiente figura:



Donde m es la altura de la mira, β es el ángulo vertical, i es la altura del instrumento (eclímetro) y s es la distancia horizontal.

En este caso la cota del punto B se calcula de la siguiente forma:

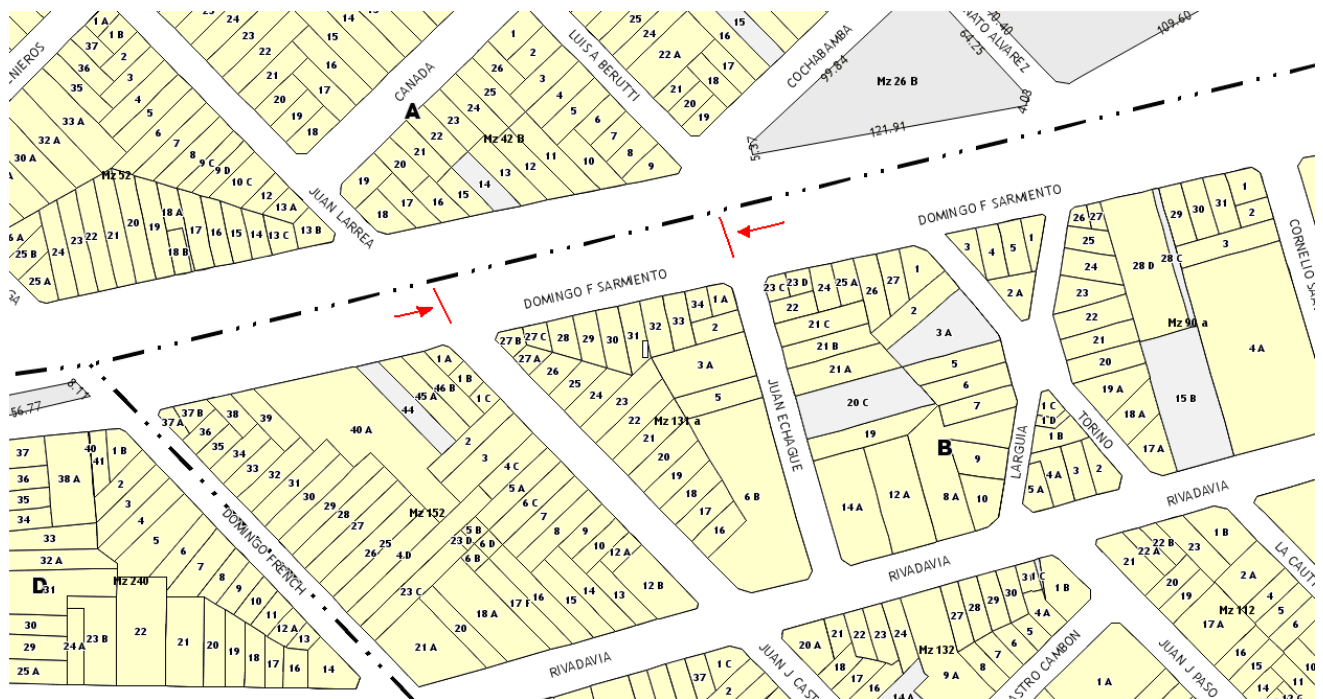
$$COTA_B = COTA_A + S \cdot \text{Tg}(\beta) + i - m$$

DESARROLLO

PLAN DE TRABAJO

Determinar como se comporta distintos tipos de instrumentos y modelos al realizar una nivelación y hacer comparaciones entre ellas tomando como “valor verdadero” el dato obtenido mediante el nivel Pentax AL 320 el cual se adosa un prisma de placas de plano paralelas que permite mediante un micrómetro realizar lecturas directas a 1/10 mm y apreciar la 1/100 de mm.

Lugar de Trabajo



El lugar de trabajo se encuentra sobre la calle Sarmiento entre Juan Echagüe y Juan J. Castro, en el Partido de Morón.

Este fue elegido por su gran pendiente, su cercanía a la Facultad de Morón y también por estar prácticamente sobre las vías del Ferrocarril TBA (Ex Línea Sarmiento)

Preparación del lugar de trabajo

Primeramente se hizo un reconocimiento del lugar, se busco donde se encontraba la mayor pendiente y que distancia abarcaba esta.

Días mas tarde se volvió al lugar con los elementos necesarios para materializar los puntos lo cual consistía en fijar pequeñas brocas sobre el cordón y enroscado en estas unas tuercas de una aleación de bronce con cabeza de tipo exagonal.



Broca con cuña y mango para broca



Tuerca

La materialización consistió en fijar 10 brocas manualmente aproximadamente a 15m entre una y otras sobre el cordón de la vereda del lado de las vías del ferrocarril habiendo entre la primera y la última 135m de distancia.



METODOLOGÍA Y EQUIPOS UTILIZADOS

Nivelación Geométrica

Nivel Pentax AL 320

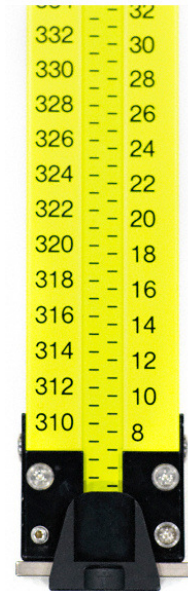
(prisma de placas plano caras paralelas con micrómetro)



Una vez realizada la materialización de los puntos se procedió a la nivelación de estos mediante el **Nivel Pentax AL 320**.



Nivel Pentax AL 320



Mira de Invar

A dicho Nivel se le adosó un prisma de placas de plano paralelas que permite mediante un micrómetro y haciendo lectura sobre una mira de Invar realizar lecturas directas a 1/10 mm y apreciar la 1/100 de mm.

Al tener una precisión mucho mayor a las que se pudieran obtener con niveles convencionales tomaremos las cotas de este como “verdaderas”.

El Nivel Pentax AL 320 es Automático, esto quiere decir que una vez puesto el nivel en estación o sea cuando se verticaliza con el nivel esférico, lo que hace el autocompensador es quedar en una posición donde el eje horizontal es perpendicular al eje vertical.



Prisma de placas plano paralelas.

Constatación del error de Colimación

Nivel Pentax AL 320

Miras Equidistantes							
E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE	
E1	A	1,600	1,490	11,000	1,545		0,000
	B	1,600	1,490	11,000		1,545	


Miras No Equidistantes							
E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE	
E2	A	1,534	1,524	1,000	1,529		-0,001
	B	1,632	1,424	20,800		1,528	

Mira cerca
Mira lejos

Se procedió a la constatación del error de colimación del Nivel Pentax AL 320 el cual consistió en:

1. Se colocó el Nivel equidistante a dos miras, en este caso a 11m de cada una de ellas, se procedió a la lectura en la mira A y luego en la mira B, se obtuvo el desnivel el cual nos dio 0,000m.
2. Luego se colocó el Nivel a 1m de la mira A y se bisectó el punto, luego se bisectó el punto en la mira B el cual se encontraba a 20,80m y nos dio un desnivel de 0,001m.
3. Con esto obtuvimos un error de colimación de 1mm, el cual al ser tan pequeño lo tomaríamos como nulo.

Para conocer si existía un error al utilizar el prisma de placas de plano paralelas se procedió de la siguiente manera:

1. Se consiguieron dos brocas, una de 8.5mm y la otra de 7.5mm, se colocó el Nivel a una distancia de 22m utilizando el micrómetro de plano caras paralelas con el cual se llega a realizar lecturas directas a 1/10 mm. 
2. Se colocó la broca de 8.5mm debajo de la mira de invar y se tomó la lectura, y luego se volvió a tomar la lectura pero con la broca de 7.5mm debajo también de la mira de invar.

3. Se realizó el cálculo de desnivel y nos dio una diferencia de 1mm el cual era la misma diferencia entre una broca y la otra.

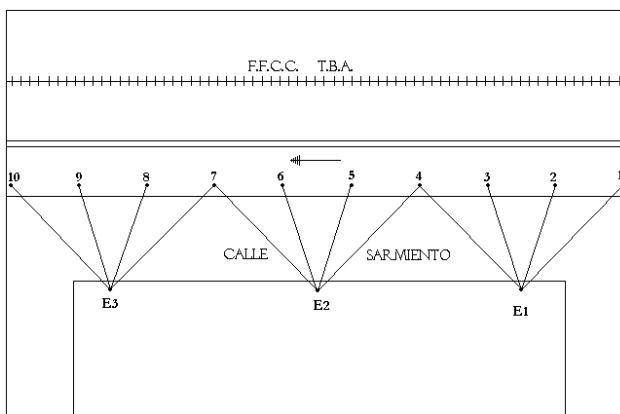
De esta manera se constató que el primer plano paralelo no tenía ningún error.

Una vez constatado que era despreciable el error se realizó una **Nivelación Geométrica** cerrada, de ida y vuelta, de los 10 puntos para obtener un error de cierre.

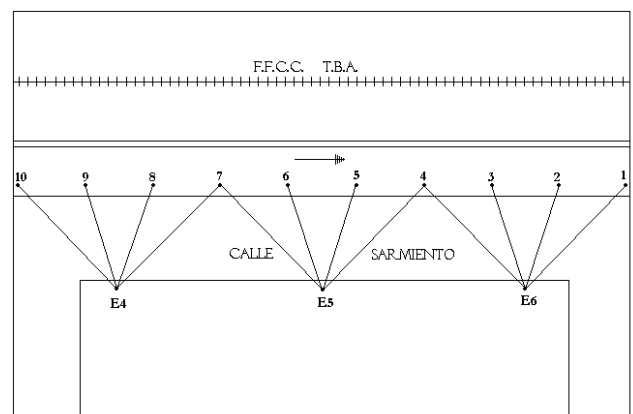
Se hicieron 3 estaciones en la nivelación de ida y 3 en la nivelación de vuelta.

Desde la estación E1 se bisectaron los puntos 1 a 4 (bisectando los puntos 2 y 3 como puntos intermedios), desde la E2 los puntos 4 a 7 (bisectando los puntos 5 y 6 como puntos intermedios) y desde la E3 los puntos 7 a 10 (bisectando los puntos 8 y 9 como puntos intermedios) en la nivelación de ida.

Y en la nivelación de vuelta desde la estación E4 los puntos 10 a 7 (bisectando los puntos 9 y 8 como puntos intermedios), desde la E5 los puntos 7 a 4 (bisectando los puntos 6 y 5 como puntos intermedios) y desde la estación E6 los puntos 4 a 1 (bisectando los puntos 3 y 2 como puntos intermedios).



Nivelación de ida



Nivelación de vuelta

Tablas del Nivel Pentax AL 320 con Micrómetro de caras paralela

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E1	1	1,17615	0,93500	24,1150	1,05570				10,0000
								0,20885	
	2	1,32163	1,20720	11,4430		1,26455			9,79115
								0,34835	
	3	1,66780	1,55850	10,9300		1,61290			9,44280
								0,3304	
	4	2,06030	1,82600	23,4300			1,94330		9,11240
E2	4	1,10720	0,86960	23,7600	0,98860				9,11240
								0,3766	
	5	1,41800	1,31250	10,5500		1,36520			8,73580
								0,38753	
	6	1,81095	1,69350	11,7450		1,75273			8,34827
								0,39624	
	7	2,27163	2,02580	24,5830			2,14897		7,95203
E3	7	1,0359	0,791	24,4900	0,91360				7,95203
								0,34915	
	8	1,32550	1,19975	12,5750		1,26275			7,60288
								0,3747	
	9	1,69433	1,58055	11,3780		1,63745			7,22818
								0,14305	
	10	1,89860	1,66250	23,6100			1,78050		7,08513
									2,91487

Nivelacion de Vuelta									
E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E4	10	1,91740	1,67740	24,000	1,79740				7,08513
								0,14335	
	9	1,71260	1,59500	11,760		1,65405			7,22848
								0,37463	
	8	1,33892	1,21972	11,920		1,27942			7,60311
								0,34942	
	7	1,05215	0,80855	24,360			0,93000		7,95253
E5	7	2,22163	1,98060	24,103	2,10090				7,95253
								0,39600	
	6	1,76195	1,64800	11,395		1,70490			8,34853
								0,38727	
	5	1,37230	1,26330	10,900		1,31763			8,73580
								0,37653	
	4	1,05770	0,82380	23,390			0,94110		9,11233
E6	4	2,01010	1,78160	22,850	1,89570				9,11233
								0,33055	
	3	1,61730	1,51320	10,410		1,56515			9,44288
								0,34845	
	2	1,27575	1,15745	11,830		1,21670			9,79133
								0,20945	
	1	1,13115	0,88383	24,732			1,00725		10,00078
									2,91565

Fecha
07/07/2012

Hora de inicio
10:05:00 a.m.

Hora de finalización
11:46:00 a.m.

Error de Cierre	0,00078
-----------------	---------

Para tener un control en la nivelación se tomo al punto 1 con cota 10, se realizo la nivelación de Ida y Vuelta para obtener un error de cierre.

Si no existiese error de cierre al tomar los puntos del 1 al 10 y del 10 al 1 tendría que cerrar la nivelación nuevamente con cota 10.

Como podemos observar la nivelación cerró con cota 10,00078, o sea que tuvo un error de cierre de 0,78 mm de mas.

Nivelación de ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E1	1	1,17615	0,93500	24,115	1,05570			10,0000
							-0,88760	
E2	4	2,06030	1,82600	23,430		1,94330		9,11240
	4	1,10720	0,86960	23,760	0,98860			9,11240
E3	7	2,27163	2,02580	24,583		2,14897		7,95203
	7	1,0359	0,791	24,490	0,91360			7,95203
E3	10	1,89860	1,66250	23,610		1,78050		7,08513
								2,91487

Nivelación de vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E4	10	1,91740	1,67740	24,000	1,79740			7,08513
							0,86740	
E5	7	1,05215	0,80855	24,360		0,93000		7,95253
	7	2,22163	1,98060	24,103	2,10090			7,95253
E6	4	1,05770	0,82380	23,390		0,94110		9,11233
	4	2,01010	1,78160	22,850	1,89570			9,11233
E6	1	1,13115	0,88383	24,732		1,00725		10,00078
								2,91565

Comparamos el error de cierre altimétrico con la tolerancia

La tolerancia en una nivelación topográfica de Lkm esta dada por:

$$T = k \sqrt{L(\text{km})} \quad (1\text{cm} \leq k \leq 5\text{cm})$$

En nuestro caso $L = 2 (135\text{m}) = 270\text{m}$

O sea $L = 0,270 \text{ km}$.

Tomando $K = 1 \text{ cm}$ que es el valor mas exigente para una nivelación topográfica de precisión, tendremos:

$$T (\text{cm}) = 1 \sqrt{0,270} = 0,5196 \text{ cm}, \text{ que redondeando serian aproximadamente } 5\text{mm}.$$

Compensación de las cotas

Al comparar el error de cierre con la tolerancia T.

$$\text{Error de cierre} = 0,0078\text{m}$$

Como vemos el error de cierre esta muy por debajo de la tolerancia.

Si las longitudes parciales son homogéneas usualmente se distribuye el error de cierre en forma proporcional a estas longitudes, pero por ser el numero de puntos a compensar relativamente grande y el error de cierre bastante por debajo de la tolerancia se procedió a compensar equitativamente la cota de cada punto.

Para ello se dejaron fijas las cotas de los puntos 1 en 10m y el punto 10 en 7,08513m y se resto a la cota de cada punto restante la 8va parte de la diferencia a repartir ($0,00078 / 8$), lo cual nos dio 0,0000975m.

Cotas Compensada

Nivel Pentax AL 320 (con micrómetro de caras paralelas)

Punto Visado	COTA ida (m)	COTA vuelta (m)	COTA promedio (m)	COTA compensada (m)	DESNIVEL (m)	COTA redondeada (m)
1	10,0000	10,00078	10,00039	10,00000		10,00000
					0,2088575	
2	9,79115	9,79133	9,79124	9,7911425		9,79114
					0,3484000	
3	9,44280	9,44288	9,44284	9,4427425		9,44274
					0,3304750	
4	9,11240	9,11233	9,112365	9,1122675		9,11227
					0,3765650	
5	8,73580	8,73580	8,7358	8,7357025		8,73570
					0,3874000	
6	8,34827	8,34853	8,3484	8,3483025		8,34830
					0,3961200	
7	7,95203	7,95253	7,95228	7,9521825		7,95218
					0,3492850	
8	7,60288	7,60311	7,602995	7,6028975		7,60290
					0,3746650	
9	7,22818	7,22848	7,22833	7,2282325		7,22823
					0,1431025	
10	7,08513	7,08513	7,08513	7,0851300		7,08513

2,91487

Una vez nivelados de esta manera los 10 puntos y compensadas sus cotas altimétricas, se pueden tomar a estas como “verdaderas”, ya que:

El Nivel Pentax AL 320 es un nivel automático de gran precisión con un aumento del anteojo de 32x, a este se le adosa un prisma de placas plano caras paralelas que permite mediante un micrómetro y haciendo lectura sobre una mira de Invar realizar lecturas directas a 1/10 mm y apreciar la 1/100 de mm.

La precisión con un nivel convencional es de 2mm por kilómetro, la precisión del Nivel con este prisma es de alrededor de 0.2 a 0.3 mm por kilómetro o sea es 10 veces mayor.

También hay que tener en cuenta al hablar de estos valores de precisiones, la inclusión de una **mira de invar**, la cual:

El cuerpo de la mira de invar está constituido de un perfil de aluminio a prueba de torsión, cuya superficie está anodizada, la parte de graduación del cuerpo de la mira está lacada en color amarillo. La escala está por debajo de una capa de poliéster de 0,1 mm de espesor, el fleje de invar se encuentra protegido en una ranura del perfil de la mira y se tensa mediante un muelle muy blando, de este modo se compensa el coeficiente de dilatación del perfil de la mira, la placa de asiento es de acero niquelado químicamente y esta templada y pulida, estas son construidas enterizas para evitar el punto débil que representa la charnela, las miras de invar disponen de un nivel esférico de burbujas el cual ayuda a verticalizar la misma.

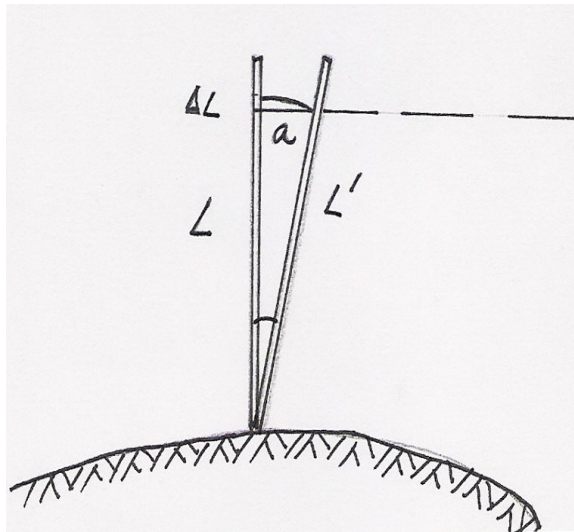
De este modo y para nuestro fin, como la precisión a obtener con los otros instrumentos y métodos es menor que la alcanzada en la nivelación geométrica realizada con este nivel podemos suponer que la cota de los puntos así obtenida es la “verdadera”.

Errores Sistemáticos

Error de Colimación: Fue constatado y verificado que el error de colimación que poseía el Nivel Pentax AL 320 era despreciable, por tal motivo lo tomamos como nulo.

Falta de verticalidad en las miras: Se utilizó una mira de Invar de 4 m de longitud la cual tenía un nivel esférico adosado a ella.

Suponiendo un valor razonable para la sensibilidad del nivel esférico de 10' el error producido será:



$$\varepsilon = 10 \Rightarrow 1/344 \text{ rad}$$

$$\varepsilon = a/L$$

$$L = 4\text{m} \Rightarrow 4000\text{mm}$$

$$10' = 1/344 \text{ rad} \cong 2,91 \cdot 10^{-3}$$

$$a = \varepsilon \cdot L = 2,91 \cdot 10^{-3} \cdot 4000\text{mm} \cong 12 \text{ mm}$$

$$\Delta L = \frac{(12\text{mm})^2}{2 \cdot (4000 \text{ mm})} \cong 0,018\text{mm}$$

Como vemos el error por falta de verticalidad sería aproximadamente a 0,018mm, el cual al ser un valor tan bajo no se tendrá en cuenta.

Error por hundimiento progresivo de las miras: Las miras fueron apoyadas sobre unos tornillos que estaban muy bien empotrados sobre el hormigón armado del cordón de la vereda, los cuales sus movimientos tanto cenitales como de cabeceo eran nulos, por ello este error también es tomado como nulo.

Error por curvatura y refracción: Todo el trabajo fue realizado en una distancia máxima de 135 m aproximadamente entre el primer punto y el último por lo tanto no este error no tuvo influencia.

Errores Accidentales

Los errores accidentales son:

Error de Bisección

En los Niveles Automáticos cuando se bisecta la mira, se produce automáticamente la lectura que corresponde a la posición horizontal del eje de colimación.

En ellos el error de bisección viene dado por la siguiente expresión:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{L(m)}{400}$$

L = distancia instrumento-mira.

Como la distancia máxima de separación del instrumento mira estuvo en el orden de los 25 m tenemos que:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{25}{400} \cong 0,0625 \text{ mm}$$

Error de Lectura

Como sabemos el error de lectura esta dado por $m_l [mm] = \frac{0.14 \cdot L[m]}{A} + 0.3 \cdot \Delta_{mm}$

Siendo:

$\Delta = 10$ (mira centrimetrada)

L = 25m

A = 32 (aumento del antejo)

Por lo tanto tenemos que:

$$ml_{(mm)} = \frac{0,14 * (25)}{32} + 0,03 * 10 = 0,409375 \text{ mm}$$

Acumulación de errores

Los errores accidentales combinados tendrán un error medio m_a dado por la expresión

$$m_a = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

Con lo cual el error medio sería:

$$m = \pm \sqrt{m_b^2 + m_l^2} = \pm \sqrt{(0,0625)^2 + (0,409375)^2} = \pm 0,414118 \text{ mm}$$

O sea que el máximo error accidental en el desnivel es del orden de menos de $\frac{1}{2} m \pm$

En la siguiente tabla podremos apreciar que tanto varía este error con respecto a las distancias.

Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)

Nivel Pentax AL-320

Punto Visado	Distancia (m)	Cota (m)	mb (mm)	ml (mm)	m total (mm)
1	24,115	10,00000	± 0,06029	± 0,40550	± 0,40996
2	11,443	9,79114	± 0,02861	± 0,35006	± 0,35123
3	10,930	9,44274	± 0,02733	± 0,34782	± 0,34889
4	23,430	9,11227	± 0,05858	± 0,40251	± 0,40675
4	23,760	9,11227	± 0,05940	± 0,40395	± 0,40829
5	10,550	8,73570	± 0,02638	± 0,34616	± 0,34716
6	11,745	8,34830	± 0,02936	± 0,35138	± 0,35261
7	24,583	7,95218	± 0,06146	± 0,40755	± 0,41216
7	24,490	7,95218	± 0,06123	± 0,40714	± 0,41172
8	12,575	7,60290	± 0,03144	± 0,35502	± 0,35640
9	11,378	7,22823	± 0,02845	± 0,34978	± 0,35093
10	23,610	7,08513	± 0,05903	± 0,40329	± 0,40759

Se procedió a la medición con distintos equipos y marcas los cuales servirían para la comparación con respecto a la precisión de unos y otros, los cuales serán detallados con sus respectivas planillas a continuación.

Nivel Topcon AT G4



El **Topcon AT G4** fue uno de los niveles seleccionados para la comparación altimétrica, y así poder conocer que precisión podemos llegar a obtener, con este al igual que con el Nivel Pentax AL 320 se comenzó midiendo desde el punto 1 al punto 10.

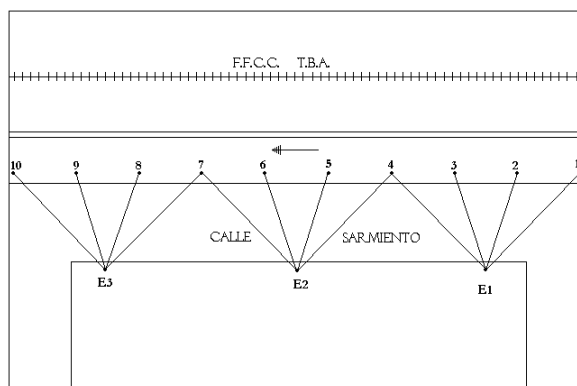
Este también al igual que el Pentax anteriormente mencionado y el Topcon AT G6 que veremos mas adelante es Automático.

Al igual que con el Nivel Pentax Al 320 se realizo una **Nivelación Geométrica** cerrada, de ida y vuelta, de los 10 puntos para obtener el error de cierre.

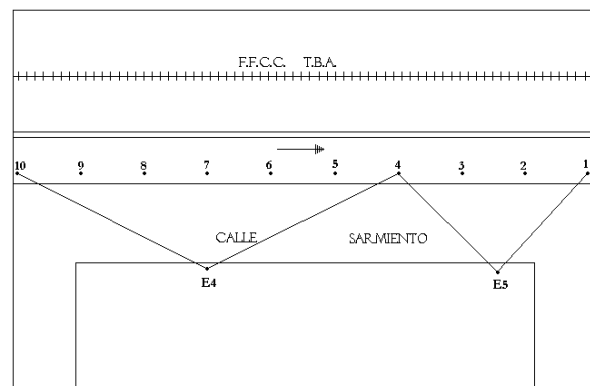
Se hicieron 3 estaciones en la nivelación de ida y 2 en la nivelación de vuelta.

Desde la estación E1 se bisectaron los puntos 1 a 4 (bisectando los puntos 2 y 3 como puntos intermedios), desde la E2 los puntos 4 a 7 (bisectando los puntos 5 y 6 como puntos intermedios) y desde la E3 los puntos 7 a 10 (bisectando los puntos 8 y 9 como puntos intermedios) en la nivelación de ida.

Y en la nivelación de vuelta se bisectaron desde la estación E4 los puntos 10 y 4 y desde la estación E5 los puntos 4 y 1 sin pasar por puntos intermedios.



Nivelación de ida



Nivelación de vuelta

Errores Sistemáticos

Error de Colimación: Fue constatado y verificado que el error de colimación que poseía el Nivel Topcon AT G4 era despreciable, por tal motivo lo tomamos como nulo.

Falta de verticalidad en las miras: Se procedió a la verticalización de esta teniendo en cuenta el nivel esférico adosado alla.

Error por hundimiento progresivo de las miras: Las miras fueron apoyadas sobre unos tornillos que estaban muy bien empotrados sobre el hormigón armado del cordón de la vereda, los cuales sus movimientos tanto cenitales como de cabeceo eran nulos, por ello este error también es tomado como nulo.

Error por curvatura y refracción: Todo el trabajo fue realizado en una distancia máxima de 135 m aproximadamente entre el primer punto y el último por lo tanto este error no influyo en la medición.

Errores Accidentales

Los errores accidentales son:

Error de Bisección

En los Niveles Automáticos cuando se bisecta la mira, se produce automáticamente la lectura que corresponde a la posición horizontal del eje de colimación.

En ellos el error de bisección viene dado por la siguiente expresión:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{L(m)}{400} \quad L = \text{distancia instrumento-mira.}$$

Como la distancia máxima de separación del instrumento mira estuvo en el orden de los 25 m tenemos que:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{25}{400} \cong 0,0625 \text{ mm}$$

Error de Lectura

Como sabemos el error de lectura esta dado por $m_l [mm] = \frac{0.14 \cdot L[m]}{A} + 0.3 \cdot \Delta_{mm}$

Siendo:

$\Delta = 10$ (mira centrimetrada)

$L = 25m$

$A = 32$ (aumento del anteojo)

Por lo tanto tenemos que:

$$m_l (mm) = \frac{0,14 * (25)}{26} + 0,03 * 10 = 0,434615 \text{ mm}$$

Acumulación de errores

Los errores accidentales combinados tendrán un error medio m_a dado por la expresión

$$m_a = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

Con lo cual el error medio seria:

$$m = \pm \sqrt{m_b^2 + m_l^2} = \pm \sqrt{(0,0625)^2 + (0,434615)^2} = \pm 0,439086 \text{ mm}$$

O sea que el máximo error accidental en el desnivel es del orden de menos de $\frac{1}{2} m_r \pm$

En la siguiente tabla podremos apreciar que tanto varía este error con respecto a las distancias.

Tablas del Nivel Topcon AT G4

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E1	1	1,120	0,880	24,00	1,000				10,000
								-0,208	
	2	1,265	1,152	11,30		1,208			9,792
									-0,347
	3	1,610	1,500	11,00		1,555			9,445
									-0,335
	4	2,008	1,772	23,60			1,890		9,110
E2	4	1,050	0,812	23,80	0,931				9,110
								-0,376	
	5	1,365	1,249	11,60		1,307			8,734
									-0,388
	6	1,755	1,635	12,00		1,695			8,346
									-0,395
	7	2,212	1,968	24,40			2,090		7,951
E3	7	1,200	0,975	22,50	1,088				7,951
								-0,347	
	8	1,485	1,385	10,00		1,435			7,604
									-0,373
	9	1,870	1,745	12,50		1,808			7,231
									-0,145
	10	2,075	1,830	24,50			1,953		7,086
									2,914

Nivelación de Vuelta.

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF	PARC.	ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E4	10	2,645	2,195	45,000	2,420				7,086
	9								
	8								
	7								
	6								
	5								
	4	0,610	0,170	44,000			0,390	2,030	9,116
E5	4	1,907	1,663	24,400	1,785				
	3								
	2								
	1	1,015	0,780	23,500			0,898	0,887	10,003
									2,917

Fecha
06/07/2012

Hora de inicio
17:05:00

Hora de finalización
18:10:00

Error de Cierre	0,003
-----------------	-------

En esta Nivelación, la cual fue realizada con el Nivel Topcon AT G4 podemos apreciar un “error de cierre” de 0,003 m el cual comparando con la tolerancia anteriormente calculada estaría dentro de esta.

$$T \text{ (cm)} = 1 \sqrt{0,270} = 0,5196 \text{ cm,}$$

$$= 0,005196 \text{ m (que redondeando serian aproximadamente 5mm).}$$

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E1	1	1,120	0,880	24,00	1,000			10,000
							-0,890	
E2	4	2,008	1,772	23,60		1,890		9,110
	4	1,050	0,812	23,80	0,931			9,110
E3	7	2,212	1,968	24,40		2,090		7,951
	7	1,200	0,975	22,50	1,088			7,951
E3							-0,865	
	10	2,075	1,830	24,50		1,953		7,086
								2,914

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E4	10	2,645	2,195	45,0	2,420			7,086
							2,030	
E5	4	0,610	0,170	44,0		0,390		9,116
	4	1,907	1,663	24,4	1,785			
E5							0,887	
	1	1,015	0,780	23,5		0,898		10,003
								2,917

Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)

Nivel Topcon AT G4

Punto Visado	Distancia (m)	Cota (m)	mb (mm)	ml (mm)	m total (mm)
1	24,000	10,000	± 0,06000	± 0,42923	± 0,43340
2	11,300	9,792	± 0,02825	± 0,36085	± 0,36195
3	11,000	9,445	± 0,02750	± 0,35923	± 0,36028
4	23,600	9,110	± 0,05900	± 0,42708	± 0,43113
4	23,800	9,110	± 0,05950	± 0,42815	± 0,43227
5	11,600	8,734	± 0,02900	± 0,36246	± 0,36362
6	12,000	8,346	± 0,03000	± 0,36462	± 0,36585
7	24,400	7,951	± 0,06100	± 0,43138	± 0,43568
7	22,500	7,951	± 0,05625	± 0,42115	± 0,42489
8	10,000	7,604	± 0,02500	± 0,35385	± 0,35473
9	12,500	7,231	± 0,03125	± 0,36731	± 0,36863
10	24,500	7,086	± 0,06125	± 0,43192	± 0,43624

Nivel Topcon AT G6



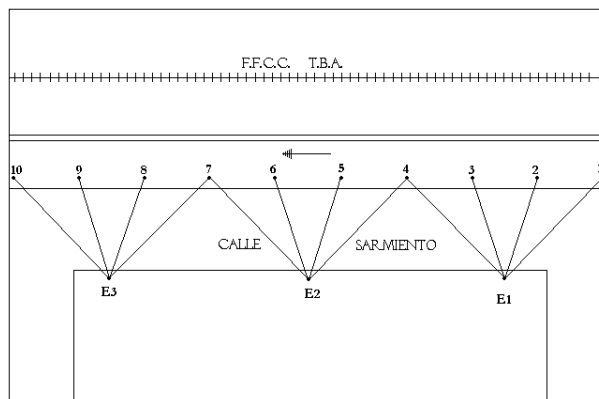
Otro nivel utilizado fue el **Topcon AT G6** de características similares al Topcon AT G4. Con este:

Se realizó una **Nivelación Geométrica** cerrada, de ida y vuelta, de los 10 puntos para obtener el error de cierre.

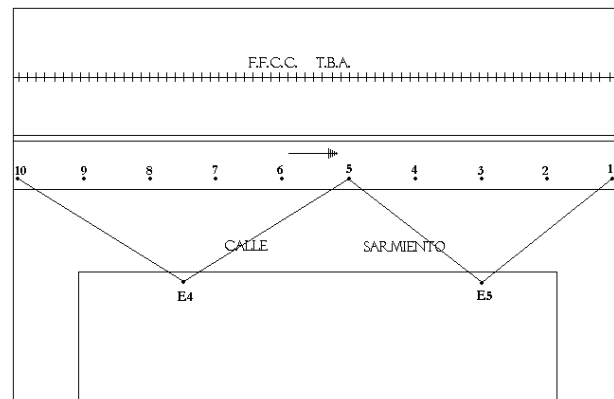
Se hicieron 3 estaciones en la nivelación de ida y 2 en la nivelación de vuelta.

Desde la estación E1 se bisectaron los puntos 1 a 4 (bisectando los puntos 2 y 3 como puntos intermedios), desde la E2 los puntos 4 a 7 (bisectando los puntos 5 y 6 como puntos intermedios) y desde la E3 los puntos 7 a 10 (bisectando los puntos 8 y 9 como puntos intermedios) en la nivelación de ida.

Y en la nivelación de vuelta se bisectaron desde la estación E4 los puntos 10 a 5 y desde la estación E5 los puntos 5 a 1 sin pasar por puntos intermedios.



Nivelación de ida



Nivelación de vuelta

Errores Accidentales

Los errores accidentales son:

Error de Bisección

En los Niveles Automáticos cuando se bisecta la mira, se produce automáticamente la lectura que corresponde a la posición horizontal del eje de colimación.

En ellos el error de bisección viene dado por la siguiente expresión:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{L(m)}{400} \quad L = \text{distancia instrumento-mira.}$$

Como la distancia máxima de separación del instrumento mira estuvo en el orden de los 25 m tenemos que:

$$mb_{(mm)} \cong \pm \frac{25}{400} \cong 0,0625 \text{ mm}$$

Error de Lectura

Como sabemos el error de lectura esta dado por $m_l[mm] = \frac{0.14 \cdot L[m]}{A} + 0.3 \cdot \Delta_{mm}$

Siendo:

$\Delta = 10$ (mira centimetrada)

$L = 25m$

$A = 32$ (aumento del anteojo)

Por lo tanto tenemos que:

$$ml_{(mm)} = \frac{0,14 * (25)}{24} + 0,03 * 10 = 0,445833 \text{ mm}$$

Acumulación de errores

Los errores accidentales combinados tendrán un error medio m_a dado por la expresión

$$m_a = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

Con lo cual el error medio sería:

$$m = \pm \sqrt{m_b^2 + m_l^2} = \pm \sqrt{(0,0625)^2 + (0,445833)^2} = \pm 0,450192 \text{ mm}$$

O sea que el máximo error accidental en el desnivel es del orden de menos de $\frac{1}{2} m \pm$

En la siguiente tabla podremos apreciar que tanto varía este error con respecto a las distancias.

Tablas del Nivel Topcon AT G6

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E1	1	1,333	1,084	24,90	1,209			0,206	10,000
	2	1,473	1,356	11,70		1,415		0,349	9,794
	3	1,815	1,712	10,30		1,764		0,334	9,445
	4	2,213	1,983	23,00			2,098		9,111
	4	1,027	0,775	25,20	0,901			0,374	9,111
	5	1,336	1,214	12,20		1,275		0,388	8,737
E2	6	1,713	1,612	10,10		1,663		0,398	8,349
	7	2,173	1,949	22,40			2,061		7,951
	7	1,202	0,958	24,40	1,080			0,348	7,951
E3	8	1,483	1,372	11,10		1,428		0,373	7,603
	9	1,852	1,749	10,30		1,801		0,146	7,230
	10	2,063	1,832	23,10			1,947		7,084
									2,916

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E4	10	2,551	2,152	39,90	2,352				7,084
	9								
	8								
	7								
	6								
	5	0,885	0,515	37,00			0,700	1,652	8,736
E5	5	2,490	2,176	31,40	2,333				
	4								
	3								
	2								
	1	1,225	0,918	30,70			1,071	1,262	9,998
									2,914

Fecha
14/07/2012

Hora de inicio
09:20:00

Hora de finalización
10:22:00

Error de Cierre	0,002
-----------------	-------

En esta Nivelación, la cual fue realizada con el Nivel Topcon AT G6 podemos apreciar un “error de cierre” de 0,002 m el cual comparando con la tolerancia anteriormente calculada estaría dentro de esta.

$$T \text{ (cm)} = 1 \sqrt{0,270} = 0,5196 \text{ cm,}$$

$$= 0,005196 \text{ m (que redondeando serian aproximadamente 5mm).}$$

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E1	1	1,333	1,084	24,90	1,209		-0,889	10,000
	4	2,213	1,983	23,00		2,098		9,111
E2	4	1,027	0,775	25,20	0,901		-1,160	9,111
	7	2,173	1,949	22,40		2,061		7,951
E3	7	1,202	0,958	24,40	1,080		-0,867	7,951
	10	2,063	1,832	23,10		1,947		7,084
								2,916

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E4	10	2,551	2,152	39,90	2,352		1,652	7,084
	5	0,885	0,515	37,00		0,700		8,736
E5	5	2,490	2,176	31,40	2,333		1,262	
	1	1,225	0,918	30,70		1,071		9,998
								2,914

Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)

Nivel Topcon AT G6

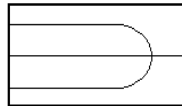
Punto Visado	Distancia (m)	Cota (m)	mb (mm)	ml (mm)	m total (mm)
1	24,90	10,000	± 0,06225	± 0,44525	± 0,44958
2	11,70	9,794	± 0,02925	± 0,36825	± 0,36941
3	10,30	9,445	± 0,02575	± 0,36008	± 0,36100
4	23,00	9,111	± 0,05750	± 0,43417	± 0,43796
4	25,20	9,111	± 0,06300	± 0,44700	± 0,45142
5	12,20	8,737	± 0,03050	± 0,37117	± 0,37242
6	10,10	8,349	± 0,02525	± 0,35892	± 0,35980
7	22,40	7,951	± 0,05600	± 0,43067	± 0,43429
7	24,40	7,951	± 0,06100	± 0,44233	± 0,44652
8	11,10	7,603	± 0,02775	± 0,36475	± 0,36580
9	10,30	7,230	± 0,02575	± 0,36008	± 0,36100
10	23,10	7,084	± 0,05775	± 0,43475	± 0,43857

Nivel Kern GK1

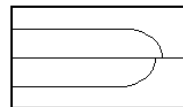


A diferencia de los Niveles anteriormente mencionados, el Nivel **Kern GK1** es un nivel no automático el cual no posee un autocompensador.

Se trata de un sistema en el cual una vez centrada la burbuja del nivel esférico se produce la bisección de la mira, que consiste en la centración de la burbuja del nivel tubular mediante los tornillos de elevación de esta, este procedimiento se realiza observando dicha burbuja a través de un visor en el que aparece esta en dos mitades y para que el eje del nivel tubular sea perpendicular al eje vertical se debe hacer coincidir los filamentos de la burbuja.



Burbuja coincidente



Burbuja no coincidente

Es de gran importancia para una nivelación de precisión hacer que coincida la burbuja partida, la precisión de la nivelación depende mucho de la precisión con que se hizo coincidir la burbuja del nivel tubular.

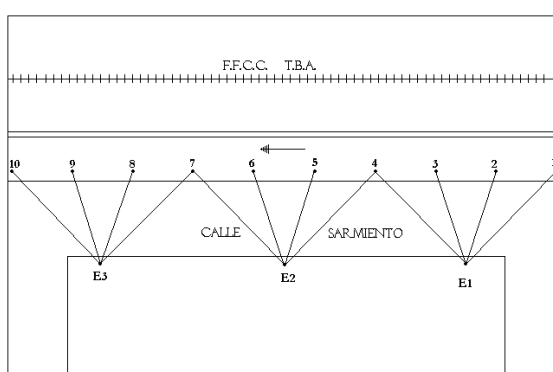
Con un nivel no automático se realiza este procedimiento de hacer coincidir la burbuja del nivel tubular en cada uno de los puntos.

Se realizó una **Nivelación Geométrica** cerrada, de ida y vuelta, de los 10 puntos para obtener el error de cierre.

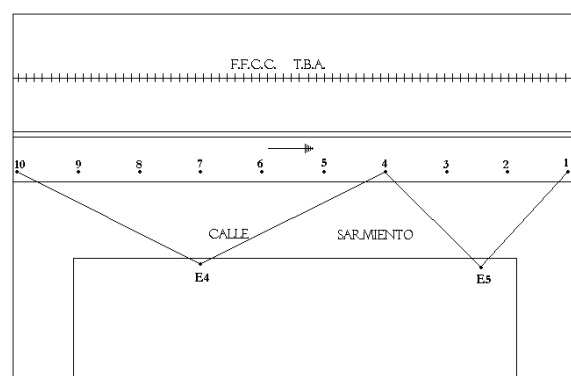
Se hicieron 3 estaciones en la nivelación de ida y 2 en la nivelación de vuelta.

Desde la estación E1 se bisectaron los puntos 1 a 4 (bisectando los puntos 2 y 3 como puntos intermedios), desde la E2 los puntos 4 a 7 (bisectando los puntos 5 y 6 como puntos intermedios) y desde la E3 los puntos 7 a 10 (bisectando los puntos 8 y 9 como puntos intermedios) en la nivelación de ida.

Y en la nivelación de vuelta se bisectaron desde la estación E4 los puntos 10 a 4 y desde la estación E5 los puntos 4 a 1 sin pasar por puntos intermedios.



Nivelación de ida



Nivelación de vuelta

Errores Accidentales

Los errores accidentales son:

Error de Bisección

En los Niveles no automáticos este error depende de la precisión con que se realiza el calaje de la burbuja del nivel tubular y por ende de la sensibilidad del nivel tubular.

La expresión de su error medio expresado en segundos de arco es la siguiente:

$$m_b = \frac{\sqrt{S''} * L(m)}{2000}$$

donde S es la sensibilidad del nivel medida en segundos por división. Si se quiere determinar su valor en milímetros debe multiplicarse por la distancia instrumento mira.

$$m_b = \frac{\sqrt{40'' * 25}}{2000} = 0,07905 \text{ mm}$$

Error de Lectura

Como sabemos el error de lectura esta dado por $m_l[mm] = \frac{0.14 \cdot L[m]}{A} + 0.3 \cdot \Delta_{mm}$

Siendo:

$\Delta = 10$ (mira centimetrada)

$L = 25\text{m}$

$A = 32$ (aumento del antejo)

Por lo tanto tenemos que:

$$m_l_{(mm)} = \frac{0,14 * (25)}{22,5} + 0,03 * 10 = 0,4555 \text{ mm}$$

Acumulación de errores

Los errores accidentales combinados tendrán un error medio m_a dado por la expresión

$$m_a = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

Con lo cual el error medio sería:

$$m = \pm \sqrt{m_b^2 + m_l^2} = \pm \sqrt{(0,07905)^2 + (0,4555)^2} = \pm 0,4623 \text{ mm}$$

O sea que el máximo error accidental en el desnivel es del orden de menos de $\frac{1}{2} m_r \pm$.
En la siguiente tabla podremos apreciar que tanto varía este error con respecto a las distancias.

Tablas del Nivel Kern GK1

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E1	1	1,533	1,303	23,00	1,418				10,000
								0,207	
	2	1,675	1,575	10,00		1,625			9,793
								0,349	
	3	2,035	1,913	12,20		1,974			9,444
								0,330	
E2	4	0,927	0,703	22,40	0,815				9,114
								0,376	
	5	1,245	1,137	10,80		1,191			8,738
								0,387	
	6	1,639	1,517	12,20		1,578			8,351
								0,398	
E3	7	1,250	1,020	23,00	1,135				7,953
								0,346	
	8	1,535	1,427	10,80		1,481			7,607
								0,374	
	9	1,915	1,795	12,00		1,855			7,233
								0,145	
	10	2,128	1,872	25,60			2,000		7,088
									2,912

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E4	10	2,835	2,375	46,00	2,605				7,088
	9								
	8								
	7								
	6								
	5								
	4	0,798	0,360	43,80			0,579	2,026	9,114
E5	4	2,050	1,813	23,70		1,932			
	3								
	2								
	1	1,165	0,922	24,30			1,044	0,888	10,002
									2,914

Fecha
06/07/2012

Hora de inicio
17:05:00

Hora de finalización
18:20:00

Error de Cierre	0,002
-----------------	-------

En esta Nivelación, la cual fue realizada con el Nivel Kern GK1 podemos apreciar un “error de cierre” de 0,002 m el cual comparando con la tolerancia anteriormente calculada estaría dentro de esta.

$$T \text{ (cm)} = 1 \sqrt{0,270} = 0,5196 \text{ cm,}$$

$$= 0,005196 \text{ m (que redondeando serian aproximadamente 5mm).}$$

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUPERIOR	INFERIOR		ATRÁS	ADELANTE		
E1	1	1,533	1,303	23,00	1,418			10,000
							-0,886	
E2	4	2,430	2,178	25,20		2,304		9,114
E2	4	0,927	0,703	22,40	0,815			9,114
							-1,161	
E3	7	2,105	1,847	25,80		1,976		7,953
E3	7	1,250	1,020	23,00	1,135			7,953
							-0,865	
	10	2,128	1,872	25,60		2,000		7,088
								2,912

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUPERIOR	INFERIOR		ATRÁS	ADELANTE		
E4	10	2,835	2,375	46,00	2,605			7,088
							2,026	
E5	4	0,798	0,360	43,80		0,579		9,114
E5	4	2,050	1,813	23,70	1,932			
							0,888	
	1	1,165	0,922	24,30		1,044		10,002
								2,914

Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)

Nivel Kern GK1

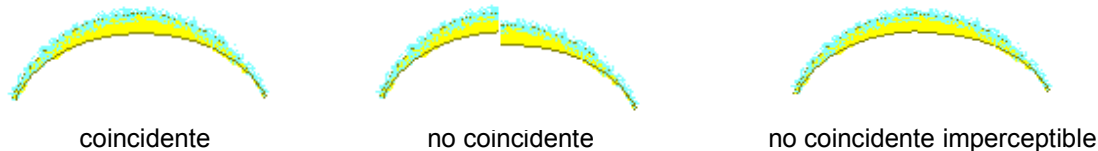
Punto Visado	Distancia (m)	Cota (m)	mb (mm)	ml (mm)	m total (mm)
1	23,00	10,000	± 0,07273	± 0,44311	± 0,44904
2	10,00	9,793	± 0,03162	± 0,36222	± 0,36360
3	12,20	9,444	± 0,03858	± 0,37591	± 0,37789
4	25,20	9,114	± 0,07969	± 0,45680	± 0,46370
4	22,40	9,114	± 0,07084	± 0,43938	± 0,44505
5	10,80	8,738	± 0,03415	± 0,36720	± 0,36878
6	12,20	8,351	± 0,03858	± 0,37591	± 0,37789
7	25,80	7,953	± 0,08159	± 0,46053	± 0,46770
7	23,00	7,953	± 0,07273	± 0,44311	± 0,44904
8	10,80	7,607	± 0,03415	± 0,36720	± 0,36878
9	12,00	7,233	± 0,03795	± 0,37467	± 0,37658
10	25,60	7,088	± 0,08095	± 0,45929	± 0,46637

Nivel Wild NK2



Al igual que el Nivel Kern GK1, el **Wild NK2** no es automático por lo cual el proceso de medición es similar al anterior.

En la práctica nos encontramos con un problema con este nivel, al observar por el visor en el cual se ve la burbuja del nivel tubular partida, no se visualizaba bien los filamentos de esta burbuja sino que en su lugar se podía llegar a apreciar una especie de haz de luz curva, la cual hacía imperceptible hacer coincidir dicha burbuja de manera correcta.

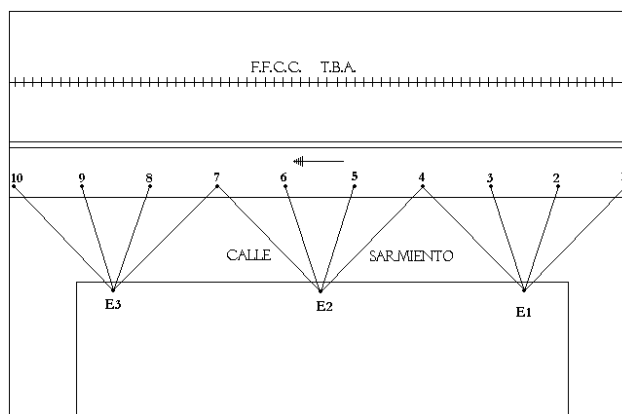


Se realizó una **Nivelación Geométrica** cerrada, de ida y vuelta, de los 10 puntos para obtener el error de cierre.

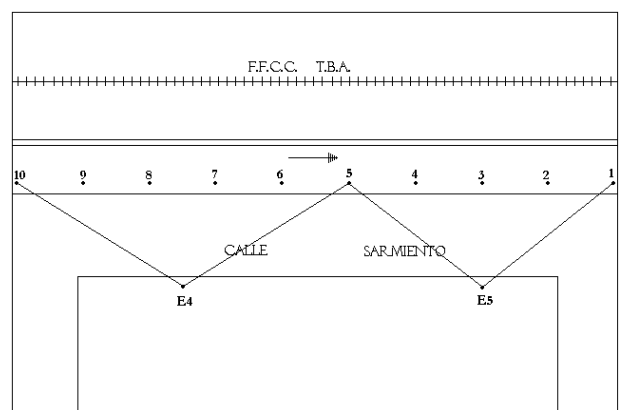
Se hicieron 3 estaciones en la nivelación de ida y 2 en la nivelación de vuelta.

Desde la estación E1 se bisectaron los puntos 1 a 4 (bisectando los puntos 2 y 3 como puntos intermedios), desde la E2 los puntos 4 a 7 (bisectando los puntos 5 y 6 como puntos intermedios) y desde la E3 los puntos 7 a 10 (bisectando los puntos 8 y 9 como puntos intermedios) en la nivelación de ida.

Y en la nivelación de vuelta se bisectaron desde la estación E4 los puntos 10 a 5 y desde la estación E5 los puntos 5 a 1 sin pasar por puntos intermedios.



Nivelación de ida



Nivelación de vuelta

Errores Accidentales

Los errores accidentales son:

Error de Bisección

En los Niveles no automáticos este error depende de la precisión con que se realiza el calaje de la burbuja del nivel tubular y por ende de la sensibilidad del nivel tubular.

La expresión de su error medio expresado en segundos de arco es la siguiente:

$$m_b = \frac{\sqrt{S''} * L(m)}{2000}$$

donde S es la sensibilidad del nivel medida en segundos por división. Si se quiere determinar su valor en milímetros debe multiplicarse por la distancia instrumento mira.

$$m_b = \frac{\sqrt{40'' * 25}}{2000} = 0,07905 \text{ mm}$$

Error de Lectura

Como sabemos el error de lectura esta dado por $m_l [mm] = \frac{0.14 \cdot L[m]}{A} + 0.3 \cdot \Delta_{mm}$

Siendo:

$\Delta = 10$ (mira centimetrada)

$L = 25m$

$A = 32$ (aumento del anteojo)

Por lo tanto tenemos que:

$$m_l_{(mm)} = \frac{0,14 * (25)}{28} + 0,03 * 10 = 0,4250 \text{ mm}$$

Acumulación de errores

Los errores accidentales combinados tendrán un error medio m_a dado por la expresión

$$m_a = \sqrt{m_b^2 + m_l^2}$$

Con lo cual el error medio sería:

$$m = \pm \sqrt{m_b^2 + m_l^2} = \pm \sqrt{(0,07905)^2 + (0,4250)^2} = \pm 0,432289 \text{ mm}$$

O sea que el máximo error accidental en el desnivel es del orden de menos de $\frac{1}{2} m_r \pm$.
En la siguiente tabla podremos apreciar que tanto varía este error con respecto a las distancias.

Tablas del Nivel Wild NK2

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E1	1	1,120	0,880	24,00	1,000				10,000
								0,207	
	2	1,262	1,152	11,00		1,207			9,793
								0,343	
	3	1,605	1,495	11,00		1,550			9,450
								0,320	
E2	4	0,983	0,757	22,60	0,870				9,130
								0,382	
	5	1,300	1,203	9,70		1,252			8,748
								0,392	
	6	1,699	1,589	11,00		1,644			8,356
								0,391	
E3	7	1,060	0,830	23,00	0,945				7,965
								0,351	
	8	1,346	1,246	10,00		1,296			7,614
								0,376	
	9	1,732	1,611	12,10		1,672			7,238
								0,146	
	10	1,945	1,690	25,50			1,818		7,092
									2,908

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E4	10	2,199	1,824	37,50	2,012				7,092
	9								
	8								
	7								
	6								
	5	0,560	0,170	39,00			0,365	1,647	8,739
E5	5	2,269	1,962	30,70	2,116				
	4								
	3								
	2								
	1	1,020	0,699	32,10			0,860	1,256	9,995
									2,903

Fecha
14/07/2012

Hora de inicio
09:20:00

Hora de finalización
10:43:00

Error de Cierre	0,005
-----------------	-------

En esta Nivelación, la cual fue realizada con el Nivel Wild LK2 podemos apreciar un “error de cierre” de 0,005 m el cual comparando con la tolerancia anteriormente calculada estaría por muy poco dentro de esta.

$$T \text{ (cm)} = 1 \sqrt{0,270} = 0,5196 \text{ cm,}$$

$$= 0,005196 \text{ m (que redondeando serian aproximadamente 5mm).}$$

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E1	1	1,120	0,880	24,00	1,000			10,000
							-0,870	
E2	4	1,990	1,750	24,00		1,870		9,130
	4	0,983	0,757	22,60	0,870			9,130
E3	7	2,160	1,910	25,00		2,035		7,965
	7	1,060	0,830	23,00	0,945			7,965
E3	10	1,945	1,690	25,50		1,818		7,092
								2,908

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E4	10	2,199	1,824	37,50	2,012			7,092
							1,647	
E5	5	0,560	0,170	39,00		0,365		8,739
	5	2,269	1,962	30,70	2,116			1,256
E5	1	1,020	0,699	32,10		0,860		9,995
								2,903

Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)

Punto Visado	Distancia (m)	Cota (m)	mb (mm)	ml (mm)	m total (mm)
1	24,000	10,000	± 0,07589	± 0,42000	± 0,42680
2	11,000	9,793	± 0,03479	± 0,35500	± 0,35670
3	11,000	9,450	± 0,03479	± 0,35500	± 0,35670
4	24,000	9,130	± 0,07589	± 0,42000	± 0,42680
4	22,600	9,130	± 0,07147	± 0,41300	± 0,41914
5	9,700	8,748	± 0,03067	± 0,34850	± 0,34985
6	11,000	8,356	± 0,03479	± 0,35500	± 0,35670
7	25,000	7,965	± 0,07906	± 0,42500	± 0,43229
7	23,000	7,965	± 0,07273	± 0,41500	± 0,42133
8	10,000	7,614	± 0,03162	± 0,35000	± 0,35143
9	12,100	7,238	± 0,03826	± 0,36050	± 0,36252
10	25,500	7,092	± 0,08064	± 0,42750	± 0,43504

Nivelación Trigonométrica

Estación Total KOLIDA KTS 440



KPS17



KPS30

Con Estación Total no se realiza lo que anteriormente denominamos Nivelación Geométrica sino que se procede a realizar una **Nivelación Trigonométrica** que como se explico en la parte **Introducción** mediante mediciones de ángulos y distancias obtenemos las cotas del punto.

Lo que hace la Estación Total seria obtener las cotas de cada uno de los puntos (poniendo manualmente la cota inicial) y teniendo esos valores podemos conocer el desnivel que hay en cada uno de ellos.

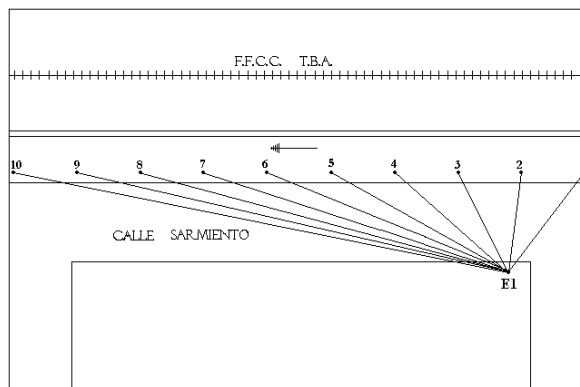
Antes de realizar el proceso de medición se carga en la Estación Total la altura del instrumento y la altura del prisma, esto hace que al tomar los datos, estos sean llevados al punto donde se esta apoyando el jalón y nos de la cota de ese punto y no la cota donde se encuentra el prisma.

Se hicieron dos mediciones, en la primera se hizo estación en uno de los extremos y desde allí se tomo la cota de cada uno de los puntos, desde el punto 1 al punto 10.

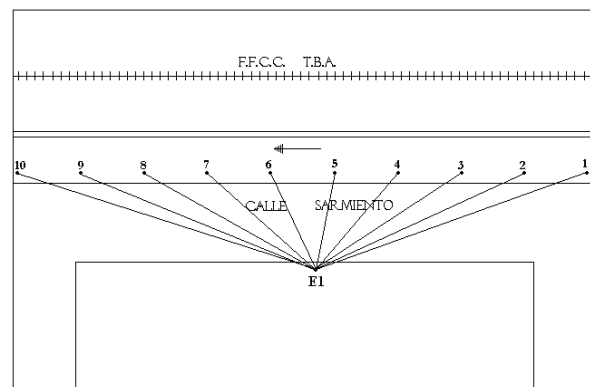
Y en la segunda medición se hizo estación en un lugar próximo al punto 5, donde allí también se tomo la cota de cada uno de los puntos.

Dicha información fue almacenada en la Estación Total y previamente se bajaron los datos para su comparación.

Se tomaron dos mediciones desde distinto lugar con el objetivo de conocer si había diferencias dependiendo de la distancia a cada uno de los puntos.



Desde un extremo



Próximo al punto 5

Errores Sistemáticos

Error de Colimación: En esta experiencia no se corroboró la existencia del mismo.

Falta de verticalidad en las miras: Se procedió a la verticalización de esta teniendo en cuenta el nivel esférico adosado allá.

Error por hundimiento progresivo de las miras: Las miras fueron apoyadas sobre unos tornillos que estaban muy bien empotrados sobre el hormigón armado del cordón de la vereda, los cuales sus movimientos tanto cenitales como de cabeceo eran nulos, por ello este error también es tomado como nulo.

Tablas de la Estación Total KOLIDA KTS 440

Tomada desde uno de los extremos					
Estación	Punto	Distancia	Cota	Cota 10	Desnivel
E1	1	11,817	10,022	10,000	
	2	10,558	9,823	9,801	0,199
	3	23,067	9,472	9,450	0,351
	4	37,456	9,136	9,114	0,336
	5	52,203	8,762	8,740	0,374
	6	67,057	8,372	8,350	0,390
	7	81,932	7,971	7,949	0,401
	8	96,881	7,627	7,605	0,344
	9	111,815	7,244	7,222	0,383
	10	126,737	7,104	7,082	0,140
			Desnivel	2,918	

Altura del Prisma	Altura de la ET	Hora de inicio	Hora de finalización
1,50	1,51	15:46	16:15

Tomada en el centro (próximo al punto 5)					
Estación	Punto	Distancia	Cota	Cota 10	Desnivel
	1	55,702	11,143	10,000	
	2	40,933	10,929	9,786	0,214
	3	26,419	10,583	9,440	0,346
	4	13,038	10,257	9,114	0,326
E2	5	9,599	9,887	8,744	0,370
	6	21,551	9,493	8,350	0,394
	7	35,840	9,095	7,952	0,398
	8	50,574	8,740	7,597	0,355
	9	65,405	8,369	7,226	0,371
	10	80,245	8,224	7,081	0,145
			Desnivel	2,919	

Altura del Prisma	Altura de la ET	Hora de inicio	Hora de finalización
1,50	1,57	16:25	16:54

Estación Total Pentax V 227N



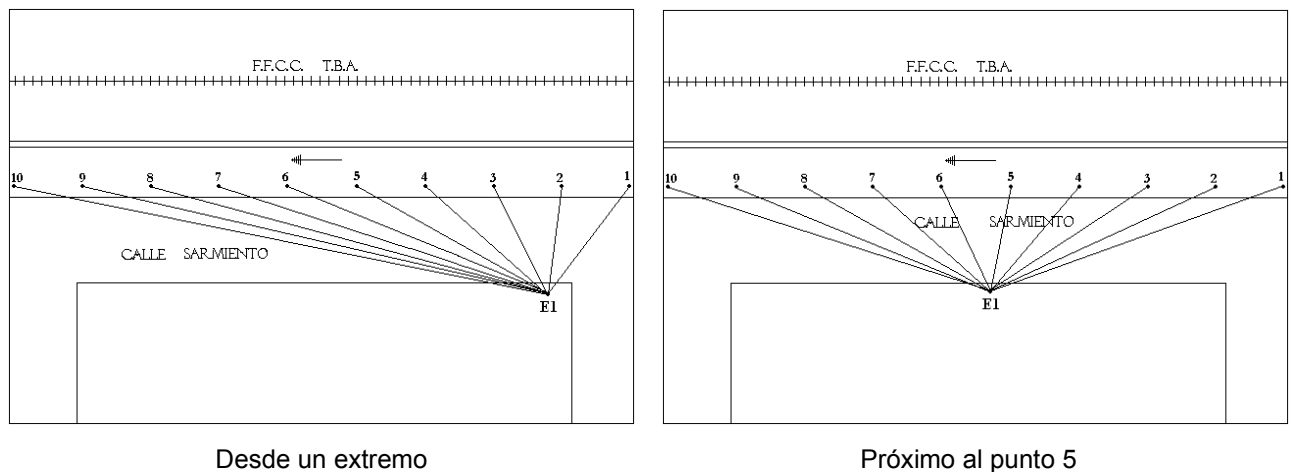
Nuevamente tomamos las cotas de cada uno de los puntos pero en esta oportunidad utilizando la Estación Total **Pentax V 227N**

Al igual que la experiencia anterior se hicieron dos mediciones, en la primera se hizo estación en uno de los extremos y desde allí se tomo la cota de cada uno de los puntos, desde el punto 1 al punto 10.

Y en la segunda medición se hizo estación en un lugar próximo al punto 5, donde allí también se tomo la cota de cada uno de los puntos.

En esta ocasión no se almaceno la información en la Estación Total sino que se fueron tomando los datos desde el visor de la misma.

Se tomaron dos mediciones desde distinto lugar con el objetivo de conocer si había diferencias dependiendo de la distancia a cada uno de los puntos.



Tablas de la Estación Total Pentax V 227N

Tomada desde uno de los extremos					
Estación	Punto	Distancia	Cota	Cota 10	Desnivel
E1	1	11,91	10,034	10,000	
	2	10,52	9,823	9,789	0,211
	3	23,01	9,476	9,442	0,347
	4	37,41	9,152	9,118	0,324
	5	52,13	8,775	8,741	0,377
	6	66,98	8,390	8,356	0,385
	7	81,87	7,994	7,960	0,396
	8	96,81	7,653	7,619	0,341
	9	111,75	7,279	7,245	0,374
	10	126,67	7,124	7,090	0,155
			Desnivel	2,910	

Altura del Prisma	Altura de la ET	Hora de inicio	Hora de finalización	Fecha
1,50	1,66	11:05	11:26	14/07/2012

Tomada en el centro (entre el punto 5 y 6)					
Estación	Punto	Distancia	Cota	Cota 10	Desnivel
	1	55,71	11,163	10	
	2	40,95	10,944	9,781	0,219
	3	26,42	10,602	9,439	0,342
	4	12,97	10,265	9,102	0,337
E2	5	9,49	9,887	8,724	0,378
	6	21,49	9,511	8,348	0,376
	7	35,81	9,108	7,945	0,403
	8	50,53	8,767	7,604	0,341
	9	65,37	8,393	7,23	0,374
	10	80,22	8,245	7,082	0,148
Desnivel				2,918	

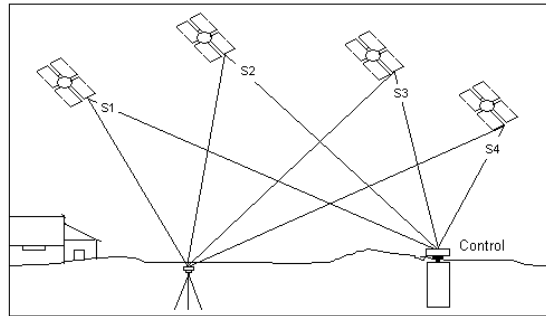
Altura del Prisma	Altura de la ET	Hora de inicio	Hora de finalización	Fecha
1,50	1,61	11:38	11:50	14/07/2012

GPS TRIMBLE R4 (Doble Frecuencia)



Posicionamiento Relativo

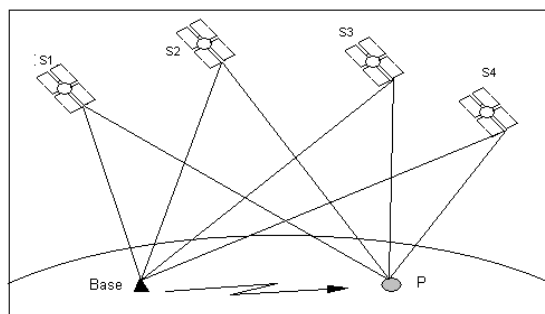
En el caso del posicionamiento relativo de puntos se requiere al menos dos receptores uno de los cuales ocupa inmóvil una estación principal, base o punto de control de coordenadas conocidas a partir de las cuales se obtienen las del punto incógnita operando desde ambos simultáneamente y sobre los mismos satélites.



Tiempo real diferenciado y Post-proceso o diferido

Corrientemente el modo de hallar la posición de un punto por posicionamiento relativo es desarrollar primero una fase de colecta de datos y posteriormente destinar otra a elaborar los mismos.

Una alternativa para medir, trabajando siempre en modo relativo, es el posicionamiento en tiempo real el cual brinda las coordenadas de la estación ocupada por el remoto en forma prácticamente instantánea. Para ello se requiere un enlace de radio (data link) entre el punto de control y el rover para transmitir las correcciones que surgen en la observación en el primero con respecto a las coordenadas fijas. El receptor remoto usa entonces, automáticamente, la información recibida para calcular sus coordenadas en el terreno.

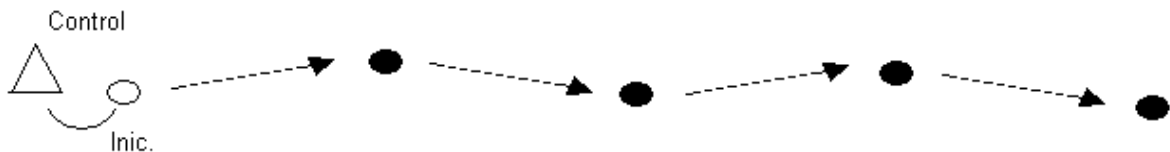


El fundamento de esta técnica es el llamado posicionamiento diferencial o DGPS para observaciones de código (RTK en las de fase), descrito en la figura anterior y su mayor limitación hasta ahora, reside en el alcance de los radioenlaces y en la variación de la corrección ionosférica con la distancia.

Método Semicinematico o Stop and Go

Con esta técnica la antena del remoto se monta de unos segundos a minutos sobre las marcas a posicionar y no interesa el recorrido seguido para ir de un punto al siguiente siempre que la señal no sea interrumpida por obstrucciones como puentes, árboles, pasos a bajo nivel, etc. Pues su fundamento esta en transferir la ambigüedad de una estación a otra.

Por lo tanto si bien se lo llama semicinematico en realidad es este un método simplemente cinemático porque, aunque el sistema rescate fundamentalmente las coordenadas del punto sobre el cual permanece detenido (stop), cuando el receptor esta en movimiento (go) continua rastreando los satélites. Esta es la razón por la que en la actualidad este procedimiento de medición suele ser mencionados en manuales y trabajos como simplemente “cinematico”.



La técnica de RTK, completada con OTF, la cual hace uso de la fase portadora y, desde un punto de control donde se ubica la estación base transmite por radio correcciones al remoto, por ejemplo, cada dos segundos. De ese modo el móvil calcula sus coordenadas corregidas en una fracción mínima de tiempo, convirtiéndolas en valores de tiempo real desde el punto de vista práctico. Esta propiedad hace que el RTK constituya una metodología sumamente apta y efectiva para los más diversos replanteos topográficos a cielo abierto.

En esta experiencia se tomo el punto 1 y el punto 10 como puntos de control tomando en cada uno de ellos 36 épocas de 5 segundos cada una, y los puntos del 2 al 9 se utilizo el método de Stop and Go haciendo estación en cada punto durante 3 épocas de 5 segundos

Puntos de Control _____ 36 épocas
 Puntos Topográficos _____ 3 épocas
 Puntos Rápidos _____ 1 época

Tabla del GPS TRIMBLE R4 (Doble Frecuencia)

Tomada cercano al punto 8					
Estación	Punto	Distancia	Cota	Cota 10	Desnivel
	1	102,440	24,390	10,000	
	2	87,460	24,160	9,770	0,230
	3	72,480	23,830	9,440	0,330
	4	57,450	23,480	9,090	0,350
	5	42,580	23,130	8,740	0,350
	6	27,740	22,730	8,340	0,400
	7	13,250	22,320	7,930	0,410
E1	8	5,470	21,970	7,580	0,350
	9	18,260	21,580	7,190	0,390
	10	32,970	21,510	7,120	0,070
			Desnivel	2,880	

Altura del Instrumento	Altura del jalon	Hora de inicio	Hora de finalización	Fecha
1,695	2,00	09:40	10:15	01/09/2012

VIBRACIONES PRODUCIDAS POR EL PASO DEL TREN.

El objetivo de esta experiencia fue obtener datos sobre que tanto puede afectar en una medición así como una nivelación con Equialtimetro (Nivel) o una con Estación Total, un efecto externo a esta, ya sea como en este caso las vibraciones producidas por efecto del paso del tren, simulando las condiciones de trabajo en la cercanías de cualquier maquina que pueda emitir vibraciones y que puedan llegar a perturbar una medición.

Para esto en cada uno de los puntos se espero el paso del tren y se bisecto justo en el mismo instante en el que el tren pasaba por este.

Se utilizaron dos equipos, el nivel Topcon AT G4 y la Estación Total Kolida KTS 440

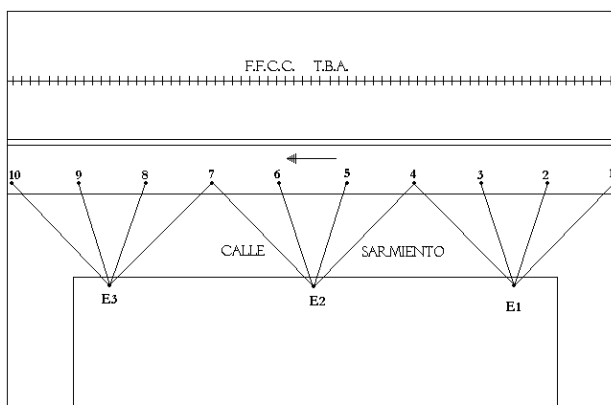
Nivel Topcon AT G4

Como primera experiencia se hizo una Nivelación Geométrica cerrada con el nivel automático **Topcon AT G4**.

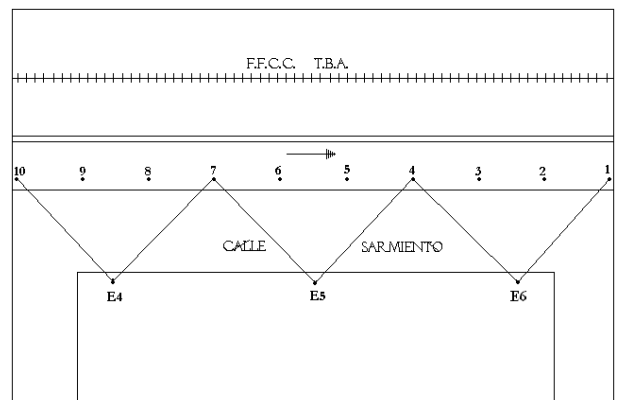
Se hicieron 3 estaciones en la nivelación de ida y 3 en la nivelación de vuelta.

Desde la estación E1 se bisectaron los puntos 1 a 4 (bisectando los puntos 2 y 3 como puntos intermedios), desde la E2 los puntos 4 a 7 (bisectando los puntos 5 y 6 como puntos intermedios) y desde la E3 los puntos 7 a 10 (bisectando los puntos 8 y 9 como puntos intermedios) en la nivelación de ida.

Y en la nivelación de vuelta sin pasar por puntos intermedios, desde la estación E4 se bisectaron los puntos 10 a 7, desde la E5 los puntos 7 a 4 y desde la E6 los puntos 4 a 1.



Nivelación de ida



Nivelación de vuelta

Tabla del Nivel Topcon AT G4 (Vibraciones por efecto del tren)

Nivelación de Ida

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E1	1	1,048	0,804	24,400	0,925				10,000
								-0,209	
	2	1,190	1,075	11,500		1,134			9,791
								-0,348	
	3	1,535	1,428	10,700		1,482			9,443
								-0,338	
	4	1,935	1,704	23,100			1,820		9,105
E2	4	0,949	0,718	23,100	0,834				9,105
								-0,368	
	5	1,256	1,147	10,900		1,202			8,737
								-0,390	
	6	1,652	1,533	11,900		1,592			8,347
								-0,398	
	7	2,113	1,868	24,500			1,990		7,949
E3	7	0,965	0,729	23,600	0,848				7,949
								-0,347	
	8	1,248	1,141	10,700		1,195			7,602
								-0,374	
	9	1,625	1,513	11,200		1,569			7,228
								-0,147	
	10	1,835	1,594	24,100			1,716		7,081
									2,919

Nivelación de Vuelta

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED			DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	INTERMEDIO	ADELANTE		
E4	10	1,885	1,645	24,000	1,765			0,866	7,081
	9								
	8								
	7	1,015	0,781	23,400			0,899	7,947	
E5	7	2,121	1,879	24,200	2,001			1,157	7,947
	6								
	5								
	4	0,961	0,728	23,300			0,844	9,104	
E6	4	1,911	1,678	23,300	1,793			0,892	9,104
	3								
	2								
	1	1,021	0,780	24,100			0,901	9,996	
									2,915

Fecha
28/08/2012

Hora de inicio
15:35:00

Hora de finalización
16:36:00

Error de Cierre	0,004
-----------------	-------

En esta Nivelación, la cual fue realizada con el Nivel Topcon AT G4 podemos apreciar un “error de cierre” de 0,004 m el cual comparando con la tolerancia anteriormente calculada estaría dentro de esta.

$$T (\text{cm}) = 1 \sqrt{0,270} = 0,5196 \text{ cm},$$

$$= 0,005196 \text{ m (que redondeando serian aproximadamente 5mm).}$$

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E1	1	1,048	0,804	24,400	0,925		-0,895	10,000
	4	1,935	1,704	23,100		1,820		9,105
E2	4	0,949	0,718	23,100	0,834		-1,156	9,105
	7	2,113	1,868	24,500		1,990		7,949
E3	7	0,965	0,729	23,600	0,848		-0,868	7,949
	10	1,835	1,594	24,100		1,716		7,081
								2,919

E	PV	HILOS		DISTANCIAS	LECTURA HILO MED		DESNIVEL	COTA
		SUP	INF		ATRÁS	ADELANTE		
E4	10	1,885	1,645	24,000	1,765		0,866	7,081
	7	1,015	0,781	23,400		0,899		7,947
E5	7	2,121	1,879	24,200	2,001		1,157	7,947
	4	0,961	0,728	23,300		0,844		9,104
E6	4	1,911	1,678	23,300	1,793		0,892	9,104
	1	1,021	0,780	24,100		0,901		9,996
								2,915

Tabla de Errores Bisección (mb) y Lectura (ml)

Nivel Topcon AT G4 Tren

Punto Visado	Distancia (m)	Cota (m)	mb (mm)	ml (mm)	m total (mm)
1	24,400	10,000	± 0,06100	± 0,43138	± 0,43568
2	11,500	9,792	± 0,02875	± 0,36192	± 0,36306
3	10,700	9,445	± 0,02675	± 0,35762	± 0,35861
4	23,100	9,110	± 0,05775	± 0,42438	± 0,42830
4	23,100	9,110	± 0,05775	± 0,42438	± 0,42830
5	10,900	8,734	± 0,02725	± 0,35869	± 0,35973
6	11,900	8,346	± 0,02975	± 0,36408	± 0,36529
7	24,500	7,951	± 0,06125	± 0,43192	± 0,43624
7	23,600	7,951	± 0,05900	± 0,42708	± 0,43113
8	10,700	7,604	± 0,02675	± 0,35762	± 0,35861
9	11,200	7,231	± 0,02800	± 0,36031	± 0,36139
10	24,100	7,086	± 0,06025	± 0,42977	± 0,43397

Estación Total KOLIDA KTS 440 **(Vibraciones por efecto del paso del Tren)**

Nuevamente se realizó el proceso de una Nivelación Trigonométrica.

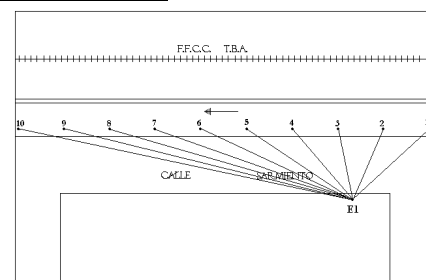
Se hizo estación en un lugar cercano al punto 3 y desde allí se tomó la cota de cada uno de los puntos, desde el punto 1 al punto 10.

Se esperó el paso del tren en cada uno de los puntos.

Se utilizó en el jalón un bípode ya que si este estaba sujeta por un mirero podía llegar a contrarrestar ya sea en mayor o menor medida este efecto de vibración.

Tomada próximo al punto 3					
Estación	Punto	Distancia	Cota	Cota 10	Desnivel
	1	24,761	10,463	10,000	
	2	11,734	10,257	9,794	0,206
E1	3	10,558	9,910	9,447	0,347
	4	23,144	9,569	9,106	0,341
	5	37,552	9,205	8,742	0,364
	6	52,284	8,820	8,357	0,385
	7	67,116	8,420	7,957	0,400
	8	82,036	8,074	7,611	0,346
	9	96,955	7,702	7,239	0,372
	10	111,865	7,560	7,097	0,142
			Desnivel	2,903	

Altura del Prisma	Altura de la ET	Hora de inicio	Hora de finalización
1,50	1,625	16:47	17:45



CONCLUSION

COMPARACIONES DE VALORES DE DESNIVELES

Nivelacion Geometrica

Nivel Topcon AT G4

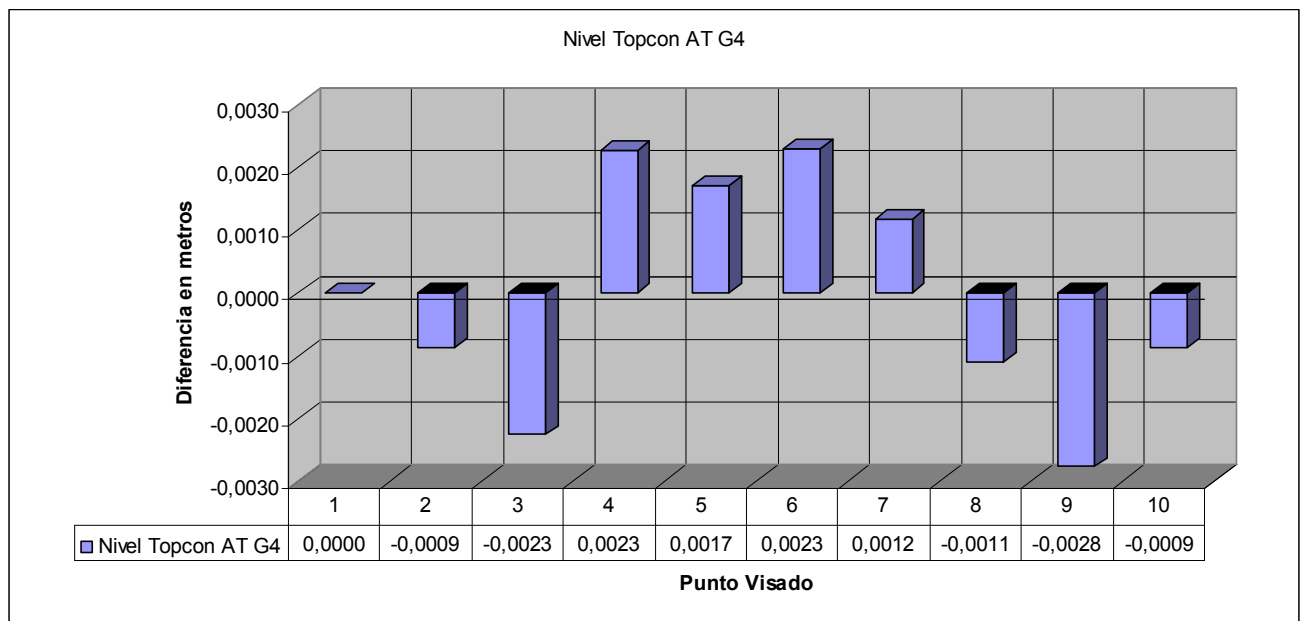
	Nivel Pentax AL 320	Nivel Topcon AT G4		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,792	-1	-0,0009
3	9,443	9,445	-2	-0,0023
4	9,112	9,110	2	0,0023
5	8,736	8,734	2	0,0017
6	8,348	8,346	2	0,0023
7	7,952	7,951	1	0,0012
8	7,603	7,604	-1	-0,0011
9	7,228	7,231	-3	-0,0028
10	7,085	7,086	-1	-0,0009
Desnivel Total	2,915	2,914		
	Diferencia	0,001		

Como podemos apreciar la diferencia de cotas entre el Nivel Pentax AL 320 con micrómetro de placas plano cara paralelas utilizado como cota base y el Nivel Topcon AT G4 fue muy similar, este nivel a pesar de no tener este micrómetro tan particular nos dio un resultado muy favorable con respecto al otro, obteniendo una diferencia máxima de tan solo 3mm en el punto 9, y un mínimo de 1mm en los puntos 2,7,8,10.

El promedio de las diferencias es de tan solo 1.66 mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de 0,001m

En el Grafico de barras podemos apreciar estas diferencias con una precisión de la décima de milímetro, la cual fue obtenida de la columna 5 de la tabla anteriormente visualizada.



Nivel Topcon AT G6

	Nivel Pentax AL 320	Nivel Topcon AT G6		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,794	-3	-0,0029
3	9,443	9,445	-2	-0,0023
4	9,112	9,111	1	0,0013
5	8,736	8,737	-1	-0,0013
6	8,348	8,349	-1	-0,0007
7	7,952	7,951	1	0,0012
8	7,603	7,603	0	-0,0001
9	7,228	7,230	-2	-0,0018
10	7,085	7,084	1	0,0011
Desnivel Total	2,915	2,916		
	Diferencia	-0,001		

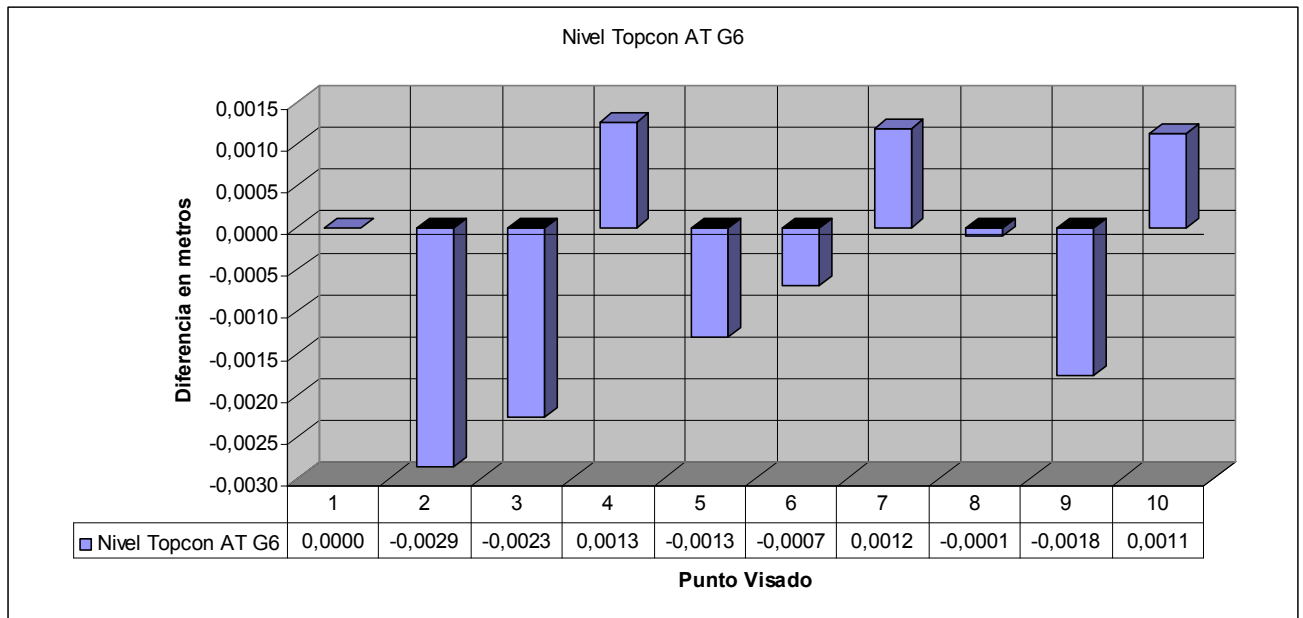
Al realizar una medición con un nivel automático corremos con una gran ventaja, no solo por el tiempo que nos ahorramos al no tener que centrar la burbuja del nivel tubular sino también que al centrarse automáticamente no contamos con ese error.

Nuevamente utilizamos un Nivel Topcon modelo AT G6 con este vemos que la cota es muy similar, con una diferencia máxima de 3mm en el punto 2 y una diferencia mínima de 0mm en el punto 8.

El Promedio de las diferencias es de 1,33 (menor al anterior).

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de -0,001m

A continuación se demostrara en un grafico de barra estas diferencias con una precisión de la décima de milímetro obtenido de la columna 5 de la tabla anteriormente visualizada.



Nivel Kern GK1

	Nivel Pentax AL 320	Nivel Kern GK1		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,793	-2	-0,0019
3	9,443	9,444	-1	-0,0013
4	9,112	9,114	-2	-0,0017
5	8,736	8,738	-2	-0,0023
6	8,348	8,351	-3	-0,0027
7	7,952	7,953	-1	-0,0008
8	7,603	7,607	-4	-0,0041
9	7,228	7,233	-5	-0,0048
10	7,085	7,088	-3	-0,0029
Desnivel Total	2,915	2,912		
	Diferencia	0,003		

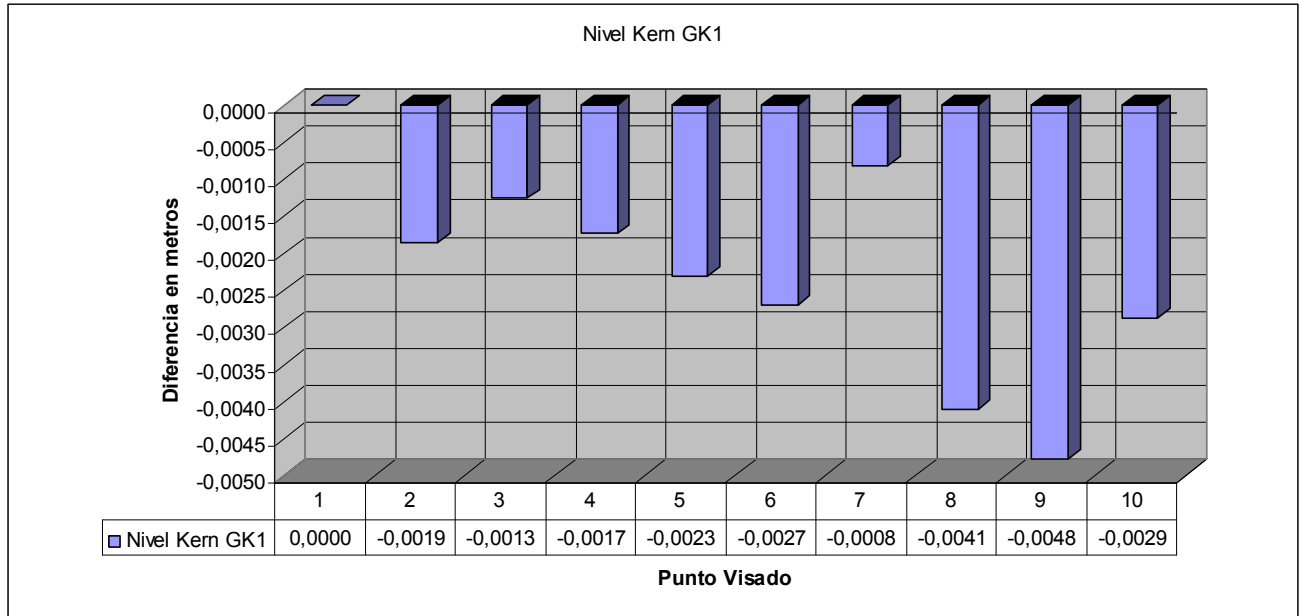
El Nivel Kern GK1 no es automático, este posee una burbuja partida la cual antes de realizar cada medición hay que hacer coincidir estas para obtener la lectura correcta, esto hace que si dicha burbuja no se centra podemos obtener errores, los cuales perjudican la nivelación, en este caso se tomo muchos recaudos con respecto a la centración de la misma.

Como podemos ver existen diferencias importantes con respecto a la Cota de referencia, en el punto 9 nos encontramos con una diferencia máxima de 5 mm, y en los puntos 3 y 7 una diferencia mínima de 1 mm.

El promedio de las diferencias es de 2,55mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de 0,003m

En el Grafico de barras siguiente se puede apreciar con mayor exactitud estas diferencias.



Nivel Wild NK2

	Nivel Pentax AL 320	Nivel Wild NK 2		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,793	-2	-0,0019
3	9,443	9,450	-7	-0,0073
4	9,112	9,130	-18	-0,0177
5	8,736	8,748	-12	-0,0123
6	8,348	8,356	-8	-0,0077
7	7,952	7,965	-13	-0,0128
8	7,603	7,614	-11	-0,0111
9	7,228	7,238	-10	-0,0098
10	7,085	7,092	-7	-0,0069
Desnivel Total	2,915	2,908		
	Diferencia	0,007		

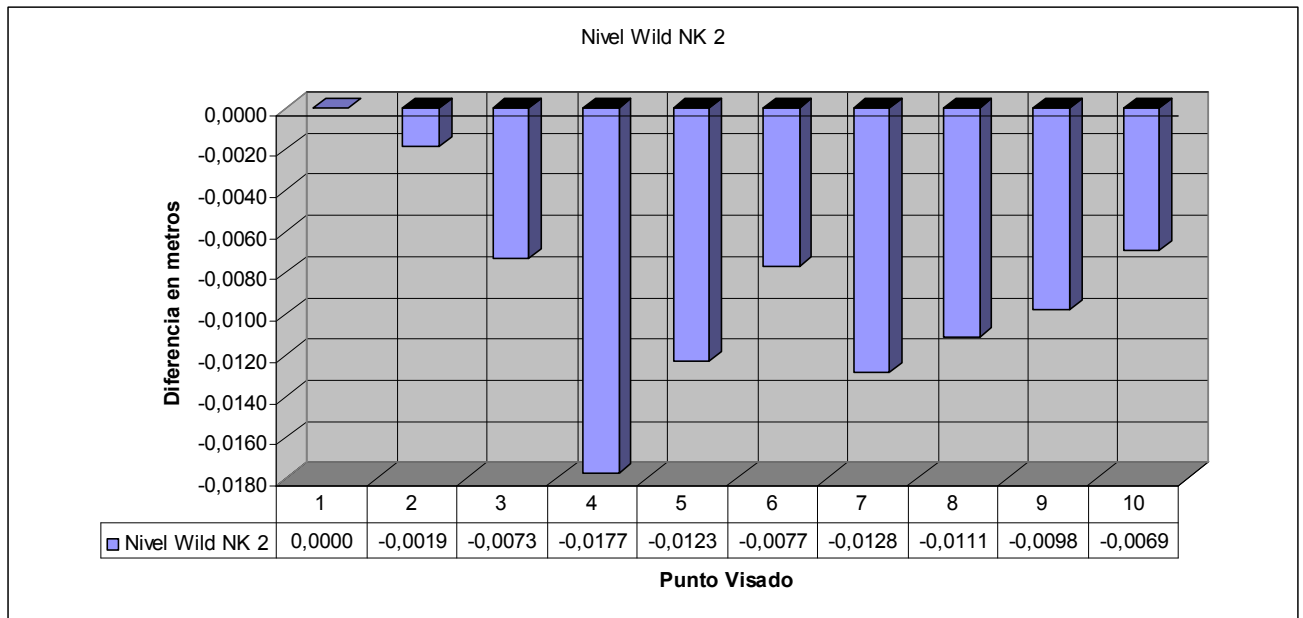
En el Nivel Wild NK2 vemos como las diferencias son considerablemente mayores, en él no se notaba la burbuja, en su lugar había que hacer coincidir un haz de luz, esto hace que no se distinga el filamento particular que posee una burbuja, lo cual hizo que esas diferencias se notaran a gran escala al tomar la lectura.

En ella podemos ver la mayor diferencia en el punto 4 llegando a los 18mm.

El promedio de las diferencias es de 9,77mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de 0,007m.

Este Equialtimetro (Nivel) no lo tomaría en cuenta si se tuviera que hacer una nivelación con grandes precisiones.



Nivelación Trigonométrica

Estación Total Kolda KTS 440

Tabla 1

Extremo	Nivel Pentax AL 320	E.T. Kolda KTS 440		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,000
2	9,791	9,801	-10	-0,010
3	9,443	9,450	-7	-0,007
4	9,112	9,114	-2	-0,002
5	8,736	8,740	-4	-0,004
6	8,348	8,350	-2	-0,002
7	7,952	7,949	3	0,003
8	7,603	7,605	-2	-0,002
9	7,228	7,222	6	0,006
10	7,085	7,082	3	0,003
Desnivel Total	2,915	2,918		
	Diferencia	-0,003		

Tabla 2

Centro	Nivel Pentax AL 320	E.T. Kolda KTS 440		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,000
2	9,791	9,786	5	0,005
3	9,443	9,440	3	0,003
4	9,112	9,114	-2	-0,002
5	8,736	8,744	-8	-0,008
6	8,348	8,350	-2	-0,002
7	7,952	7,952	0	0,000
8	7,603	7,597	6	0,006
9	7,228	7,226	2	0,002
10	7,085	7,081	4	0,004
Desnivel Total	2,915	2,919		
	Diferencia	-0,004		

Con respecto a la medición realizada con la Estación Total Kolda KTS 440 podemos observar que la mayor diferencia se encuentra en el punto mas cercano al lugar donde se hizo estación.

Cuando se realizo la medición haciendo Estación en uno de los extremos (tabla 1) en este podemos ver la mayor diferencia la cual es de 10mm en el punto 2, lo mismo ocurrió cuando se hizo Estación cercana al punto 5 (Tabla 2) en la cual nos encontramos con una diferencia de 8mm en el punto 5.

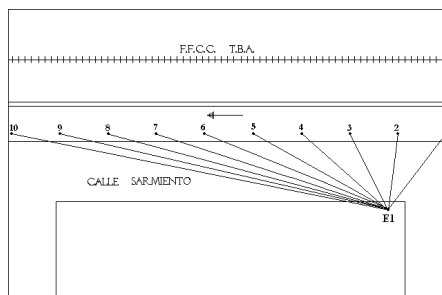


Tabla 1

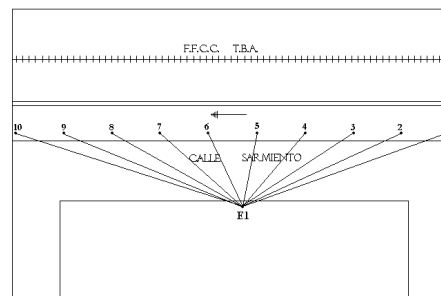


Tabla 2

El promedio de diferencia haciendo Estación en uno de los extremos es de 4,33mm.

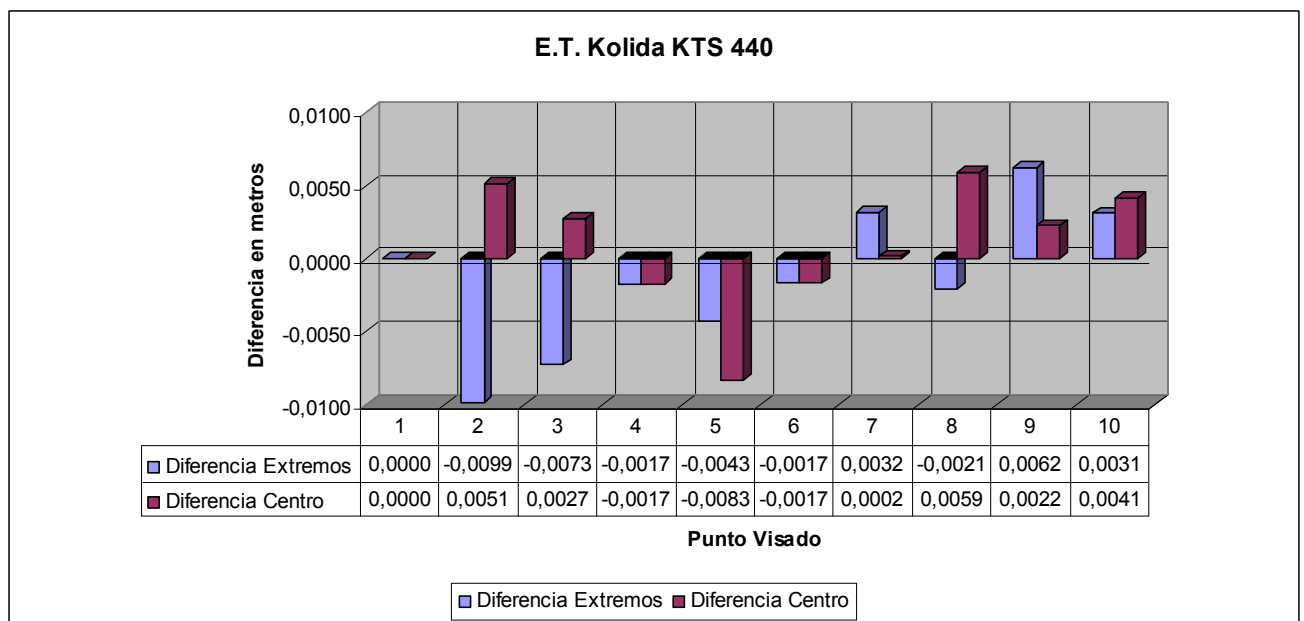
El promedio de diferencia haciendo Estación en el centro del recorrido es de 3,55mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de 0,003m haciendo Estación en uno de los extremos (Tabla 1) y -0,004 haciendo Estación en el centro de este (Tabla 2).

A diferencia de una medición con nivel en el cual cada punto depende del otro para llegar al desnivel total, con la Estación Total se puede obtener ese desnivel tomando lectura del primer punto y del último punto.

Con estos últimos resultados (el desnivel total del recorrido) no podemos asegurar que la Estación Total sirva para la realización de una nivelación de precisión en comparación con el Nivel Pentax AL320 con lectura micrométrica sino que tal vez hubieron varios factores los cuales hicieron que se llegara a ese resultado de 3 y 4mm, entre ellos: la utilización del bípode, estar a una distancia favorable, el viento, vibraciones etc. En este caso se debe tener en cuenta todos los puntos de la medición.

A continuación se muestra con un gráfico de barras la diferencia de ambas mediciones con respecto a la cota de referencia.



Estación Total Pentax V 227 N

Tabla 1

Extremo	Nivel Pentax AL 320	E.T. Pentax V227N		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,789	2	0,0021
3	9,443	9,442	1	0,0007
4	9,112	9,118	-6	-0,0057
5	8,736	8,741	-5	-0,0053
6	8,348	8,356	-8	-0,0077
7	7,952	7,960	-8	-0,0078
8	7,603	7,619	-16	-0,0161
9	7,228	7,245	-17	-0,0168
10	7,085	7,090	-5	-0,0049
Desnivel Total	2,915	2,910		
	Diferencia	0,005		

Tabla 2

Centro	Nivel Pentax AL 320	E.T. Pentax V227N		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,781	10	0,0101
3	9,443	9,439	4	0,0037
4	9,112	9,102	10	0,0103
5	8,736	8,724	12	0,0117
6	8,348	8,348	0	0,0003
7	7,952	7,945	7	0,0072
8	7,603	7,604	-1	-0,0011
9	7,228	7,230	-2	-0,0018
10	7,085	7,082	3	0,0031
Desnivel Total	2,915	2,918		
	Diferencia	-0,003		

En este caso con la Estación Total Pentax, midiendo desde un extremo (Tabla 1) la diferencia fue aumentando a medida que nos alejábamos

Obteniendo la mayor diferencia con 17mm en el punto 9.

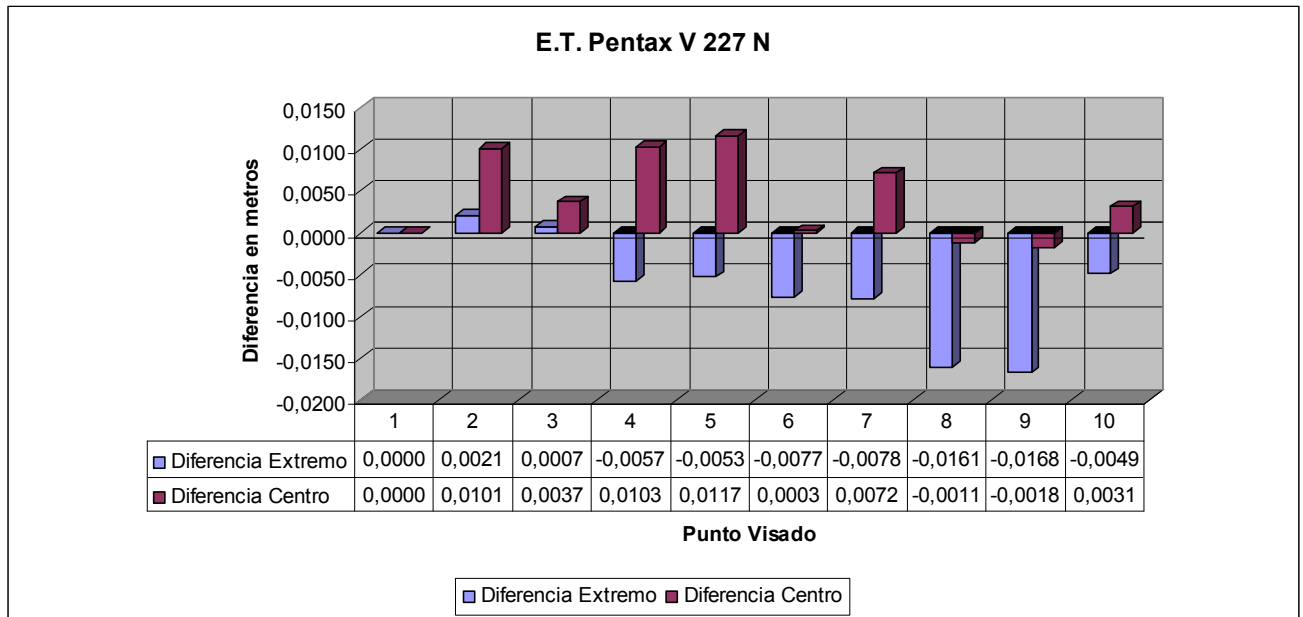
Al realizar las mediciones en el centro del recorrido (Tabla 2) nos encontramos que las mayores diferencias estaban en los puntos mas cercanos de donde se hizo estacion al igual de lo ocurrido con la E. T. Kolida.

El promedio de diferencia haciendo Estación en uno de los extremos es de 7,33mm.

El promedio de diferencia haciendo Estación en el centro del recorrido es de 5,44mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de 0,005m haciendo Estación en uno de los extremos (Tabla 1) y -0,003 haciendo Estación en el centro de este (Tabla 2).

La siguiente tabla muestra estas diferencias con respecto a la cota de referencia.



Nivelación Utilizando un GPS Trimble RTK

	Nivel Pentax AL 320	GPS Trimble R4		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,770	21	0,0211
3	9,443	9,440	3	0,0027
4	9,112	9,090	22	0,0223
5	8,736	8,740	-4	-0,0043
6	8,348	8,340	8	0,0083
7	7,952	7,930	22	0,0222
8	7,603	7,580	23	0,0229
9	7,228	7,190	38	0,0382
10	7,085	7,120	-35	-0,0349
Desnivel Total	2,915	2,880		
	Diferencia	0,035		

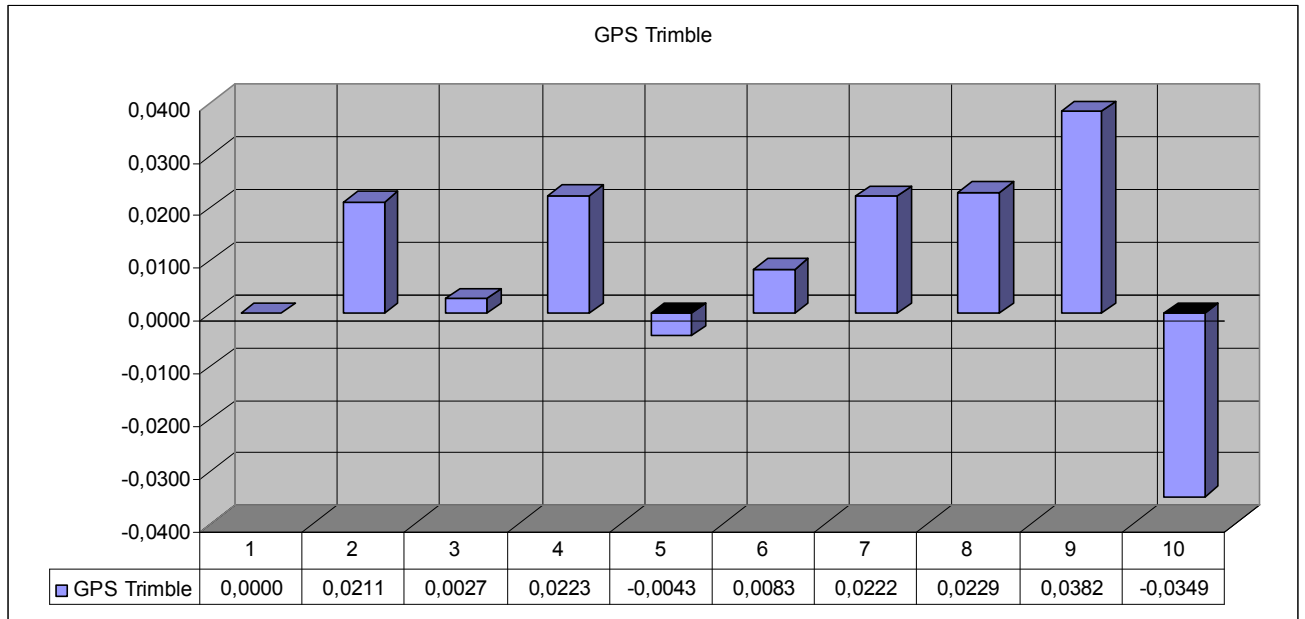
Obtener alturas con GPS no es recomendado para trabajos de precisión, como podemos ver en la planilla nos encontramos con diferencias muy grandes en lo que respecta nivelaciones.

Mas allá de eso se obtuvieron muy buenos resultados por tratarse de una Nivelación con GPS.

En el punto 9 nos encontramos con el mayor desnivel el cual llega a los 38mm

El promedio de las diferencias es de 19,55mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de 0,035m.



VIBRACIONES PRODUCIDAS POR EL PASO DEL TREN

Nivel Topcon AT G4

	Nivel Pentax AL 320	Nivel Topcon AT G4 (Tren)		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000	0	0,0000
2	9,791	9,791	0	0,0001
3	9,443	9,443	0	-0,0003
4	9,112	9,105	7	0,0073
5	8,736	8,737	-1	-0,0013
6	8,348	8,347	1	0,0013
7	7,952	7,949	3	0,0032
8	7,603	7,602	1	0,0009
9	7,228	7,228	0	0,0002
10	7,085	7,081	4	0,0041
Desnivel Total	2,915	2,919		
	Diferencia	-0,004		

En el caso de un Nivel automático, tiene un autocompensador que es un péndulo, si hay vibraciones el mismo oscila es decir provoca pequeños movimientos que hace que el nivel no quede preparado para medir, esto es solo hablando de la parte interna del Nivel, parte que uno no puede llegar a apreciar.

Por otra parte en el momento de la lectura durante el paso del tren (el cual produce grandes vibraciones) “visualmente” se puede apreciar una oscilación que se ve reflejada en la cruz filar de $\pm 2\text{mm}$ (calculado en forma estimativa a simple vista bisectando sobre la mira), dependiendo de la velocidad que lleve el tren.

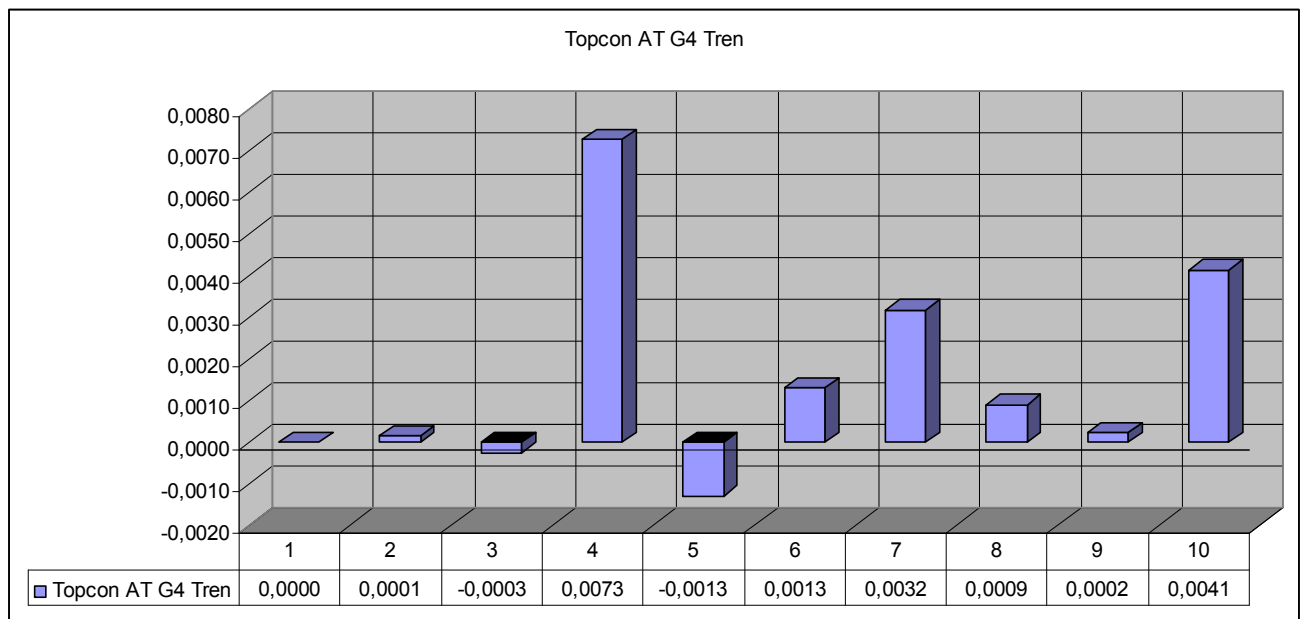
Estas dos situaciones a pesar de los resultados obtenidos, hace que no sea conveniente realizar mediciones bajo estas circunstancias si lo que se requiere son grandes precisiones.

En el punto 4 nos encontramos con el mayor desnivel el cual llega a los 7mm

El promedio de las diferencias es de 1,88mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de -0,004m

En el Grafico de barras podemos apreciar estas diferencias con una precisión de la décima de milímetro, la cual fue obtenida de la columna 5 de la tabla anteriormente visualizada.



Estación Total Kolida KTS 440

	Nivel Pentax AL 320	E.T. Kolida KTS 440 (Tren)		
Punto Visado	Cota de referencia (m)	Cota de comparación (m)	Diferencia (mm)	Diferencia (m)
1	10,000	10,000		0,0000
2	9,791	9,794	-3	-0,0029
3	9,443	9,447	-4	-0,0043
4	9,112	9,106	6	0,0063
5	8,736	8,742	-6	-0,0063
6	8,348	8,357	-9	-0,0087
7	7,952	7,957	-5	-0,0048
8	7,603	7,611	-8	-0,0081
9	7,228	7,239	-11	-0,0108
10	7,085	7,097	-12	-0,0119
Desnivel Total	2,915	2,903		
	Diferencia	0,012		

Se hizo Estación en un lugar cercano al punto 4, como podemos apreciar la diferencia va en aumento a medida que nos alejamos del punto Estación hasta llegar a una diferencia máxima de casi 12 mm.

Como hemos mencionado con anterioridad este desnivel final de 12 mm no depende de las mediciones realizadas en todo el trayecto ya que un punto no depende del otro así como con el Nivel. Cuando uno mide con una Estación Total fuera cual fuera cada punto es individual al otro, o sea que si en la última medición hubiéramos puesto la Estación Total teniendo en cuenta la distancia mas favorable, sin tener vibraciones externas ya sean de autos, camiones, trenes, etc. Así como también el viento y demás factores que puedan modificar esta, en esta ultima podríamos haber tenido una diferencia mucho menor a 12mm, por lo cual no podemos decir que la diferencia con respecto al Nivel Pentax con micrómetro de caras paralelas en todo el trayecto es de 12 mm.

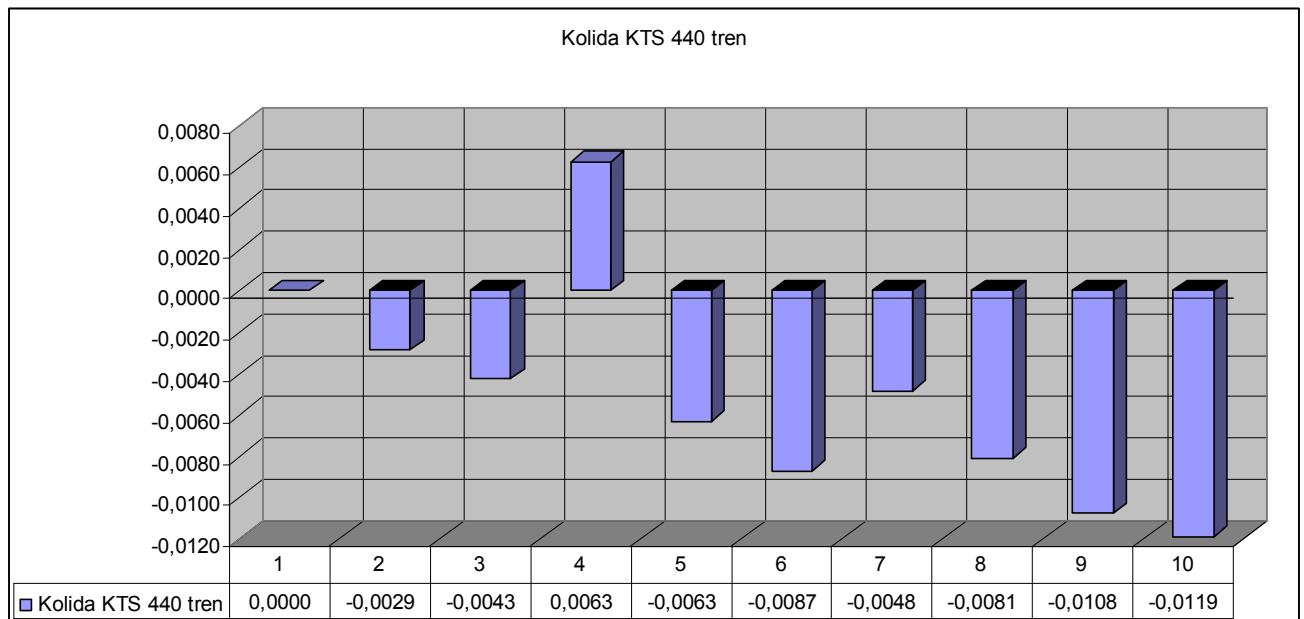
Cuando se mide con Estación Total hay que observar esas diferencias punto por punto.

En esta medición en el punto 10 nos encontramos con el mayor desnivel el cual llega a los 12mm

El promedio de las diferencias es de 7,11mm.

La diferencia de desnivel que obtuvimos en todo el recorrido es de -0,012m.

A continuación se mostrara en un grafico de barras estas diferencias.

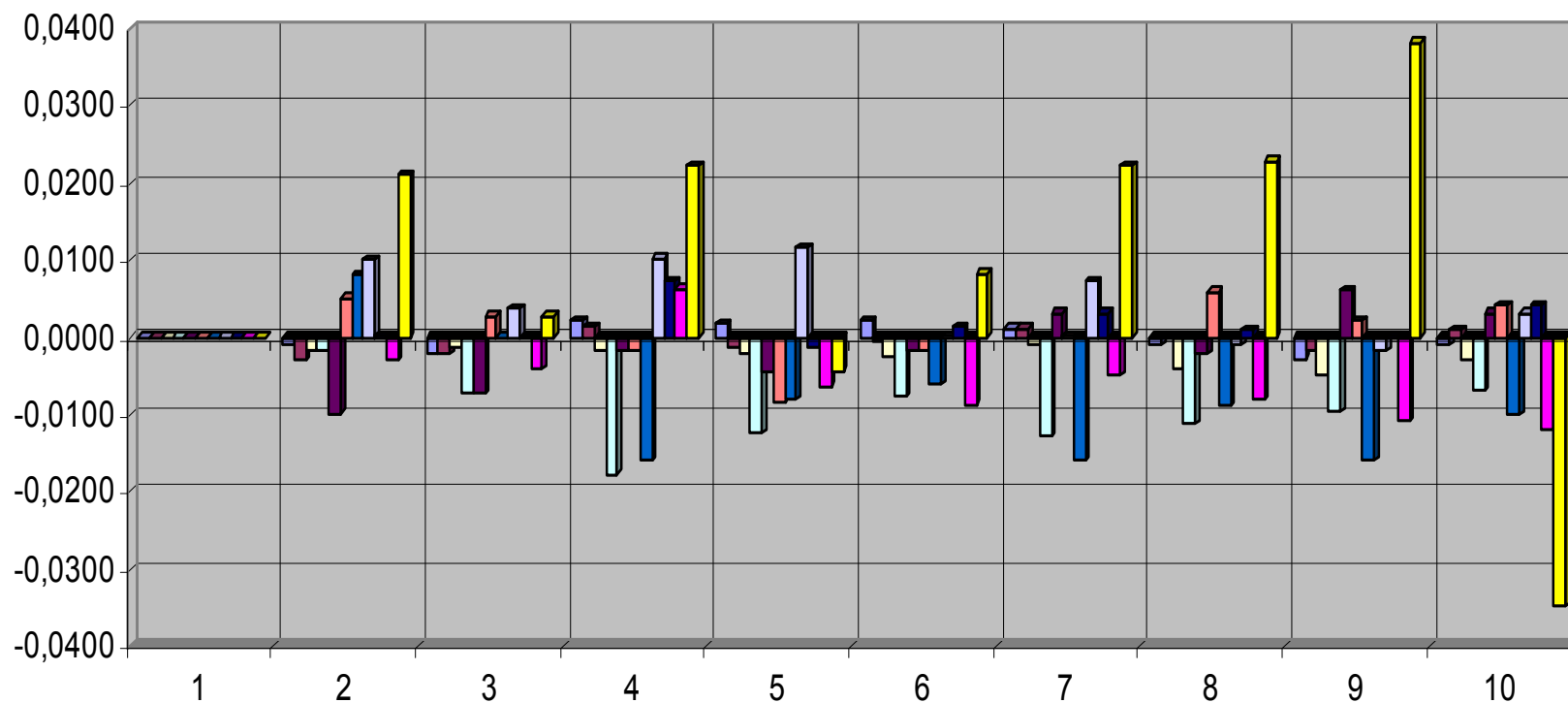


COMPARACIONES DE VALORES DE DESNIVELES

Punto Visado	Nivel Pentax AL 320	Topcon AT G4	Topcon AT G6	Kern GK1	Wild NK2	Kolida KTS 440 extremo	Kolida KTS 440 centro	Pentax V 227N extremo	Pentax V 227N centro	Topcon AT G4 (Tren)	Kolida KTS 440 (Tren)	GPS Trimble 4R
1	10,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	9,791	-0,0009	-0,0029	-0,0019	-0,0019	-0,0099	0,0051	0,0080	0,0101	0,0001	-0,0029	0,0211
3	9,443	-0,0023	-0,0023	-0,0013	-0,0073	-0,0073	0,0027	0,0000	0,0037	-0,0003	-0,0043	0,0027
4	9,112	0,0023	0,0013	-0,0017	-0,0177	-0,0017	-0,0017	-0,0160	0,0103	0,0073	0,0063	0,0223
5	8,736	0,0017	-0,0013	-0,0023	-0,0123	-0,0043	-0,0083	-0,0080	0,0117	-0,0013	-0,0063	-0,0043
6	8,348	0,0023	-0,0007	-0,0027	-0,0077	-0,0017	-0,0017	-0,0060	0,0003	0,0013	-0,0087	0,0083
7	7,952	0,0012	0,0012	-0,0008	-0,0128	0,0032	0,0002	-0,0160	0,0072	0,0032	-0,0048	0,0222
8	7,603	-0,0011	-0,0001	-0,0041	-0,0111	-0,0021	0,0059	-0,0090	-0,0011	0,0009	-0,0081	0,0229
9	7,228	-0,0028	-0,0018	-0,0048	-0,0098	0,0062	0,0022	-0,0160	-0,0018	0,0002	-0,0108	0,0382
10	7,085	-0,0009	0,0011	-0,0029	-0,0069	0,0031	0,0041	-0,0100	0,0031	0,0041	-0,0119	-0,0349

Todas las medidas están expresadas en metros.

Comparacion entre la cota obtenida con los distintos instrumentos utilizados y la cota de referencia



- Topcon AT G4 Topcon AT G6 Kern GK1 Wild NK2
- Kolida KTS 440 ext Kolida KTS 440 centro Pentax V 227N ext Pentax V 227N centro
- Topcon AT G4 Tren Kolida KTS 440 Tren GPS Trimble 4R

CONCLUSION FINAL

El error del desnivel en una Nivelación Geométrica esta dado por los errores sistemático como:

Error de colimación: es la falta de paralelismo entre el eje de colimación y el eje del nivel tubular.

Falta de verticalidad de las miras: las miras son consideradas parte del instrumento. La falta de verticalidad produce una lectura diferente.

Hundimiento progresivo de las miras: para contrarrestarlos se usan sapos.

Error de graduación en las miras: es más significativo en terrenos de fuerte pendiente general.

Error de cruce: los planos verticales que contienen los ejes de colimación y del nivel tubular no son paralelos.

Descorrección del nivel esférico: que se traduce en una mayor incidencia del error de cruce.

Y por los errores accidentales así como:

Error de bisección: depende del error de calaje de la burbuja del nivel tubular.

Error de lectura: inversamente proporcional al aumento del anteojo.

Acumulación de errores

Cuando se realiza una nivelación geométrica con un equialtimetro no se mide la altura del instrumento ni la altura de la señal por lo tanto no esta afectado por esos errores.

Como hemos mencionado antes se ha utilizado el Nivel Pentax AL320 con prisma de cara plano paralelas como nivel de referencia ya que con el mediante un micrómetro y haciendo lectura sobre una mira de Invar se puede realizar lecturas directas a 1/10 mm y apreciar la 1/100 de mm.

Utilizando el Nivel PENTAX AL320 y comparándolo con el Nivel TOPCON AT G4 nos encontramos que este tiene una mayor precisión ya que al comparar punto por punto nos encontramos con una diferencia mayor de 3mm solo en uno de los puntos, llegando a un desnivel de 1mm comparado con este.

Este equipo es de fácil calaje y al ser automático no posee el sistema de burbuja partida lo que hace que no sea necesario centrarla en cada lectura que se tome y sea mas rápido el proceso de nivelación.

Con respecto al Nivel TOPCON AT G6 nos encontramos prácticamente con la misma precisión que el TOPCON AT G4, estos dos equipos son muy similares tan solo con una diferencia de 2x del zoom óptico.

Con este nivel también pudimos llegar a una diferencia de cota de 1mm en relación al Nivel Pentax AL 320

Cuando realizamos la nivelación con el NIVEL KERN GK1 me encontré que este nivel es muy práctico con respecto al calaje ya que no posee tornillos calantes sino que el trípode en la parte superior tiene forma abovedada y al apoyar el nivel se ajusta sobre este una vez que se centra la burbuja. La contra es que al no ser un nivel automático hay que centrar la burbuja partida en cada nivelación, lo cual hace que se pierda mas tiempo.

Este Nivel es preciso siempre y cuando este bien centrada la burbuja partida, en este caso nos dio una diferencia de 3mm con respecto al nivel de referencia.

Con el NIVEL WILD NK2 ya fue mas complicado, tanto en el calaje como también la centración de la burbuja partida, en este me encontré que no se veían los filamentos característicos de la burbuja sino que había que hacer coincidir un haz de luz lo cual resta una gran precisión.

Como podemos ver hubo una gran diferencia con respecto al Nivel de referencia llegando hasta los 18mm y teniendo una diferencia final de casi 1cm.

Este nivel no lo tomaría en cuenta si es necesaria una nivelación de precisión.

En una Nivelación Trigonométrica no existe error de lectura ya que el display de la Estación Total nos muestra la cota correspondiente a ese punto.

El error en una Nivelación Trigonométrica esta dado por la puntería al centro del prisma, así como también al tomar la altura del instrumento y la altura de la señal ya que estos también pueden producir errores.

Como hemos mencionado anteriormente una medición con Estación Total es muy diferente que con el nivel ya que con este cada punto se toma en forma individual y al obtener una diferencia del ultimo punto de 3 o 4 mm no significa que este sea mas precisa en comparación con el Nivel Pentax AL320 ya que tranquilamente nos pudimos haber encontrado en un punto intermedio con una diferencia de mucho mas valor sin afectar este el desnivel final.

El gran beneficio de hacer una medición con Estación Total es el tiempo que se demora con este, en este trabajo nos tomo prácticamente la mitad del tiempo en comparación con un Equialtimetro (Nivel).

En este caso con la ESTACION TOTAL KOLIDA KTS 440 se demuestra lo anteriormente mencionado, como podemos ver en el punto 2 (nivelación desde un extremo) nos encontramos con una diferencia de 1cm, el cual no afecto el resultado final pero si la diferencia de cota en ese punto en particular.

Con respecto a la ESTACION TOTAL PENTAX V 227 N nos encontramos que al tomar las medidas desde un extremo las diferencias se hicieron mayor a medida que nos alejábamos del punto Estación. Nos encontramos que aproximadamente a unos 100 metros (en el punto 9) con una diferencia de 17mm y al haber obtenido en el punto 10 una diferencia de 5mm, el desnivel total nos dio 5mm, esto demuestra nuevamente que el desnivel total no depende de cada uno de los puntos sino que solo depende del ultimo.

Cuando se realizaron las mediciones con una vibración externa, en este caso el tren, en el caso de un Nivel automático, este tiene un autocompensador que es un péndulo, si hay vibraciones el mismo oscila es decir provoca pequeños movimientos que hace que el nivel no quede preparado para medir, esto es solo hablando de la parte interna del Nivel, parte que uno no puede llegar a apreciar.

Por otra parte en el momento de la lectura durante el paso del tren (el cual produce grandes vibraciones) “visualmente” se puede apreciar una oscilación que se ve reflejada en la cruz filar de $\pm 2\text{mm}$ (calculado en forma estimativa a simple vista bisectando sobre la mira), dependiendo de la velocidad que lleve el tren.

Estas dos situaciones a pesar de los resultados obtenidos, hace que no sea conveniente realizar mediciones bajo estas circunstancias si lo que se requiere son grandes precisiones.

Mas haya de esto las lecturas que se toman sobre la mira depende de la experiencia del mirero el cual debe tener en cuenta estos factores externos a la hora de medir y decidir si esto perjudica o no la precisión de la cual requiere el trabajo.