



Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Agrimensura



*TRABAJO FINAL*

***“Control de Calidad de una Red  
Altimétrica Existente”***



ALUMNOS: Astorga, Luis Ignacio N° 53648/8  
Louge, Santiago Adrián N° 54361/8  
Lucangioli, Maximiliano Rubén N° 53802/8

DIRECTOR: Justo, Claudio Eduardo  
PROFESOR: Soto, Jaime Ricardo

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por todo el apoyo durante el transcurso de la carrera.

Al Agrimensor Claudio Justo, por habernos ayudado incondicionalmente en la realización del trabajo.

Al Ingeniero Geodesta Federico Mayer por otorgarnos el honor de acompañarnos en la instancia final de la carrera.

Al Agrimensor Mario Alberto Mémolli , por poner a nuestra disposición su nivel digital, para llevar a cabo el trabajo final.

Al Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, por habernos otorgado la información que se encontraba a su disposición.

Al Alumno de la Facultad de Ingeniería Nicolás Colombini, por su colaboración en las tareas de campo.

Al Agrimensor Pouler por su aporte en la realización del capítulo de cálculo de gastos y honorarios.

A la Lic. María Teresa Guardarucci, por el apoyo en los temas de Álgebra Lineal.



## INDICE

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introducción.....</b>                                                                                                               | <b>4</b>  |
| <b>Capítulo I.....</b>                                                                                                                 | <b>5</b>  |
| <b>RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA Y RECOPIACION DE ANTECEDENTES. 5</b>                                                                    |           |
| <b>Capítulo II.....</b>                                                                                                                | <b>6</b>  |
| <b>DISEÑO DEL LEVANTAMIENTO .....</b>                                                                                                  | <b>6</b>  |
| <i>II.a - Selección de la muestra: .....</i>                                                                                           | <i>6</i>  |
| <i>II.b – Modelo funcional: ¿Cómo y qué mido?.....</i>                                                                                 | <i>9</i>  |
| <i>II.c – Evaluación de la calidad de los resultados: tolerancias .....</i>                                                            | <i>11</i> |
| <b>Capítulo III .....</b>                                                                                                              | <b>15</b> |
| <b>Tareas de Campo, Reconocimiento de Instrumental, Determinación del modelo estocástico de las observaciones y Relevamiento .....</b> | <b>15</b> |
| <i>III.a- Introducción.....</i>                                                                                                        | <i>15</i> |
| <i>III.b- Tareas de Campo .....</i>                                                                                                    | <i>15</i> |
| <i>III.b.a- Reconocimiento de las ménsulas .....</i>                                                                                   | <i>15</i> |
| <i>III.c - Reconocimiento del instrumental.....</i>                                                                                    | <i>16</i> |
| <i>III.c.a - Nivel digital y miras. ....</i>                                                                                           | <i>16</i> |
| <i>III.c.b - Instrumental Accesorio .....</i>                                                                                          | <i>21</i> |
| <i>III.d - Determinación del modelo estocástico de las observaciones. ....</i>                                                         | <i>22</i> |
| <i>III.d.a - Test estadístico – Desvío estándar.....</i>                                                                               | <i>22</i> |
| <i>III.d.b - Determinación del error medio kilométrico .....</i>                                                                       | <i>24</i> |
| <i>III.d.c - Influencia del error de nivel en la determinación de desniveles.....</i>                                                  | <i>24</i> |
| <i>Corrección del sistema electrónico. ....</i>                                                                                        | <i>27</i> |
| <i>Corrección del sistema óptico. ....</i>                                                                                             | <i>27</i> |
| <i>Corrección de instrumentos solamente ópticos. ....</i>                                                                              | <i>28</i> |
| <i>III.d.d - Análisis del error en la determinación de la distancia electrónica .....</i>                                              | <i>29</i> |
| <i>III.e - Relevamiento.....</i>                                                                                                       | <i>31</i> |
| <i>III.e.a - Verificaciones previas .....</i>                                                                                          | <i>31</i> |
| <i>III.e.b - Realización del relevamiento .....</i>                                                                                    | <i>32</i> |
| <i>Método de nivelación.....</i>                                                                                                       | <i>34</i> |
| <i>Bajada de datos.....</i>                                                                                                            | <i>36</i> |

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tolerancia</i> .....                                                | 37        |
| <i>III.e.c Resultados obtenidos</i> .....                              | 37        |
| <b>Capítulo IV</b> .....                                               | <b>41</b> |
| <b>Metodología del ajuste en la nivelación</b> .....                   | <b>41</b> |
| <i>IV.a-Introducción</i> .....                                         | 41        |
| <i>IV.b-Pasos en el Ajuste de la Red Altimétrica</i> .....             | 42        |
| <i>IV.c-Sistemas de Ecuaciones de Observación</i> .....                | 43        |
| <i>IV.d-Método de Mínimos Cuadrados</i> .....                          | 44        |
| <i>IV.e-Ajuste Libre y Vinculado</i> .....                             | 45        |
| <i>IV.f-Precisiones de Cotas Ajustadas</i> .....                       | 46        |
| <i>Matriz Varianza – Covarianza:</i> .....                             | 46        |
| <i>Prueba del Chi-Cuadrado</i> .....                                   | 46        |
| <i>Test de Fisher:</i> .....                                           | 48        |
| <i>T de Student: Intervalo de Confianza de la Media Muestral</i> ..... | 49        |
| <b>Capítulo V</b> .....                                                | <b>52</b> |
| <b>RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....                                      | <b>52</b> |
| <i>Ajuste Libre:</i> .....                                             | 52        |
| <i>Ajuste Vinculado:</i> .....                                         | 61        |
| <b>Capítulo V</b> .....                                                | <b>66</b> |
| <b>DETERMINACIÓN DE GASTOS Y HONORARIOS</b> .....                      | <b>66</b> |
| <i>Determinación de gastos:</i> .....                                  | 66        |
| <i>Cálculo de Honorarios Mínimos.</i> .....                            | 67        |
| <i>Total de gastos y honorarios:</i> .....                             | 69        |
| <b>Capítulo VI</b> .....                                               | <b>70</b> |
| <b>Conclusiones</b> .....                                              | <b>70</b> |
| <b>Plano Anexo</b> .....                                               | <b>71</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....                                              | <b>73</b> |
| <b>Reglamento, Notas y Planilla</b> .....                              | <b>75</b> |

## Introducción

Este Trabajo Final cumple un doble objetivo académico: el de permitir a los alumnos la posibilidad de dar cumplimiento del plan de la carrera y el de hacer una evaluación de la red altimétrica pretendiendo iniciar una línea de investigación futura dentro del marco de esta facultad.

Debido a circunstancias propias y ajenas, el director del Trabajo Final había tomado conocimiento de dificultades a la hora de acceder a información de la red altimétrica urbana en el Partido de La Plata.

Por lo expuesto ofreció a este grupo tomar una muestra de la red existente en un sector del casco urbano. La muestra consistió en un relevamiento no solo topográfico sino de información y antecedentes relacionados a la red altimétrica administrada por el hoy Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires.

## Capítulo I

### RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA Y RECOPIACION DE ANTECEDENTES

Si bien, en principio, al no poseer conocimientos sobre la información existente que solventa la red altimétrica, al indagar al organismo competente e incorporar la información cedida por el mismo, se evidenció que la documentación adquirida presenta incongruencias con relación a lo solicitado, observándose también discrepancia en la redundancia de información.

Primordialmente los problemas encontrados fueron los siguientes:

- Falta de información: la autoridad carecía de la información necesaria para solventar o fundamentar los datos entregados.  
De las entrevistas surgió cierto desconocimiento de los procedimientos efectuados en la fundación de la red, por lo que no se pudo establecer la metodología empleada.
- Incongruencia en la base de datos: los datos redundantes adquiridos en distintos soportes, discrepan en más de una oportunidad.
- Croquis de ubicación: en más de una ocasión, la posición de la ménsula o mojón no se condice con su posición física.
- Inexistencia de puntos: En la muestra tomada, aproximadamente un 20% de los puntos altimétricos no existen, debido a no estar controlados y conservados por el organismo pertinente.

Frente a estos inconvenientes se tuvo que ampliar el trabajo, ahora los objetivos no solo son tomar una muestra de la red y realizar un control de la calidad dimensional de la misma, sino que también se pretenderá mostrar que la administración (mantenimiento y control) de una red como la que se estudia no necesariamente es un trabajo difícil ni incompatible con los presupuestos generalmente escasos asignados a las redes topográficas por parte del Estado.



## Capítulo II

### DISEÑO DEL LEVANTAMIENTO

#### II.a - Selección de la muestra:

A partir de la información disponible, se demarcó un sector de la ciudad de La Plata, en donde, la población y distribución de puntos existentes, se condecía con la metodología a emplear y con los propósitos buscados. Fundamentalmente lo que se buscó fue que en esa familia de cotas se encontraran *al menos dos puntos altimétricos*, determinados con mayor precisión que la pretendida en el trabajo desarrollado, con el fin de utilizarlos, para ajustar condicionalmente la red medida.

Entre estas cotas se le dio carácter de *datum altimétrico al Nodal 101*, ubicado en Plaza Moreno rodeada por las calles 50, 54, 12 y 14 (Latitud: -34 55 18.3 Longitud: -57 57 16.4).

Esta cota fue determinada por el Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.<sup>1</sup>) en el año 1952<sup>2</sup>, la misma corresponde a una línea de alta precisión y está referida al plano de comparación de la Red Fundamental de la República, cuya cota provisional fué relacionada al Punto Altimétrico de Referencia Normal (P.A.R.N.) el cual tuvo origen de la Nivelación General del País. Se encuentra ubicado en el Parque Independencia de la ciudad de Tandil vinculado al mareógrafo de Mar del Plata (hoy fuera de servicio), mediante líneas de nivelación medidas en Alta Precisión.

Para la elección del lugar donde se emplazaría el P.A.R.N., se recabaron informes a la Dirección General de Minas y Geología, a la Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales y a la Dirección del Servicio Meteorológico Nacional entre los años 1947 y 1948.

---

<sup>1</sup> Designado hasta el 2009 como Instituto Geográfico Militar (I.G.M.)

<sup>2</sup> Trabajo final – Nivelación de precisión con Nivel digital – Andrés H. Mosconi – Juan Mario Coppié – La Plata - FIUNLP – Agosto 2004.



Los informes concordaron en señalar a las Sierras de Tandil, constituidas por un bloque homogéneo y rígido de basamento cristalino, como el sitio más favorable para el emplazamiento del PARN (desde el punto de vista sísmico-geológico).

En el año 1949, una Comisión Técnica del Instituto Geográfico Militar y geólogos, precisaron que el Parque Independencia de la ciudad de Tandil era el lugar ideal para establecer dicho punto. Su construcción se completó en el año 1950.



Nodal 101

Las líneas de nivelación geométrica del I.G.N. se clasifican en líneas de alta precisión y de precisión.

Las líneas de alta precisión, determinan una red que divide a la República Argentina en mallas o polígonos cerrados de 500 Km de perímetro.

Las líneas de precisión se desarrollan dentro de los polígonos de alta precisión y están divididas en subpolígonos en un número comprendido entre seis y ocho.

La tolerancia para el cierre del tiro, entre las nivelaciones del número  $L$  Km de longitud, tendrán que satisfacer las siguientes formulas:

$$T_{max} \leq \pm 3\sqrt{L} \text{ (Km)} \text{ mm (en la nivelación de alta precisión)}$$

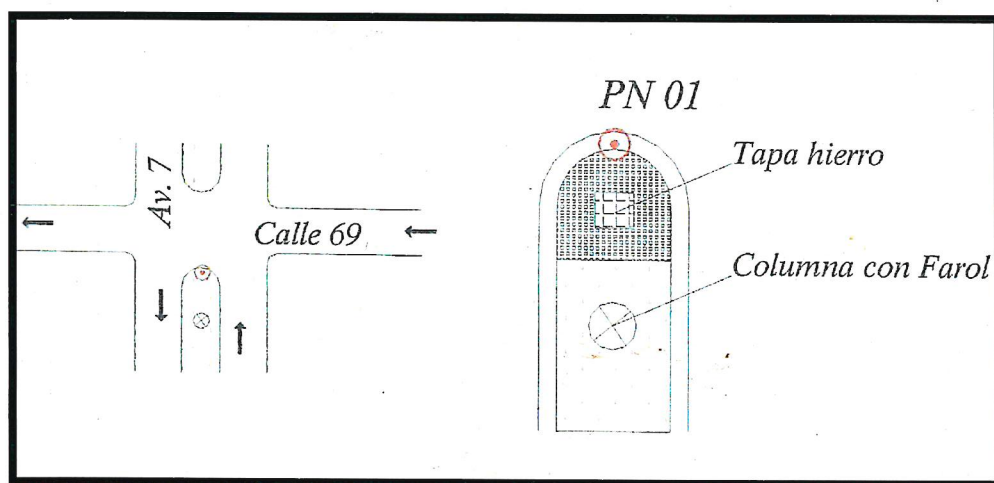
$$T_{max} \leq \pm 5\sqrt{L} \text{ (Km)} \text{ mm (en la nivelación de precisión)}$$

Cabe aclarar que las mismas corresponden a nivelaciones dobles.

*El otro punto altimétrico* tenido en cuenta para el ajuste de la red es el que fundaron los ex-alumnos *Mosconi, Andres H. y Coppié, Juan M.* egresados de la Universidad Nacional de la Plata Facultad de Ingeniería, con el título de Agrimensor.

El punto fue determinado con el propósito de Trabajo Final de la carrera, titulada “*Nivelación de precisión con nivel digital*”, realizada en el año 2004 y designado como PN 01.

La tolerancia utilizada para este punto altimétrico fue de  $\pm 5mm \sqrt{L(km)}$ .



*Mojón PN 01*

Teniendo en cuenta lo mencionado, la red quedó definida como se muestra en el plano anexo.

Por lo tanto el desnivel entre ambos puntos desempeñará la función de condicionante de la red medida en este trabajo. Esto quiere decir, una vez hecha la compensación la red medida en esta oportunidad quedará en el marco de referencia de la red nacional.

**II.b – Modelo funcional: ¿Cómo y qué mido?**

El trabajo de campo se realizó aplicando la metodología denominada "*Nivelación Geométrica o por alturas*"<sup>3</sup>.

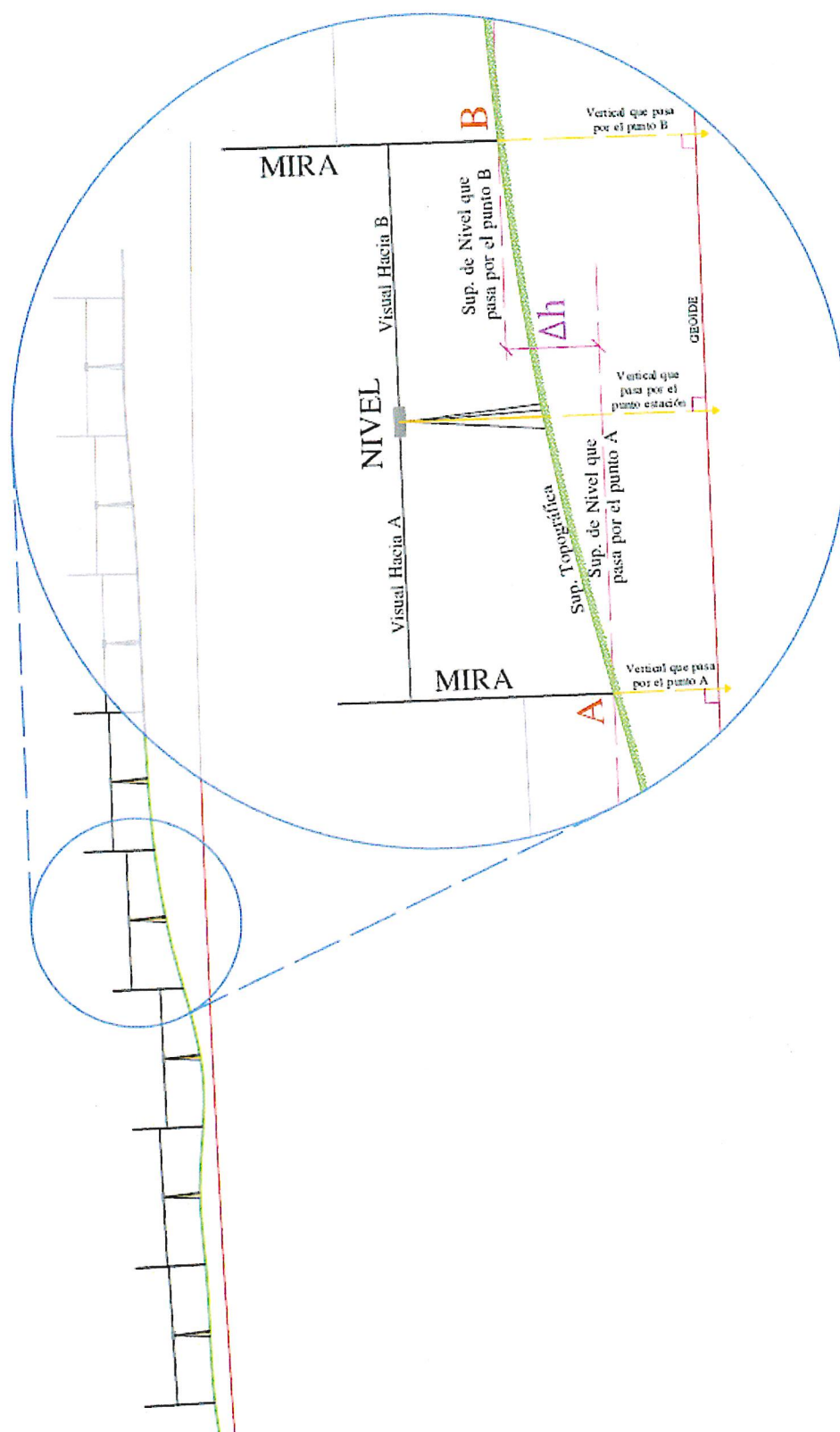
Debido a las tolerancias topográficas (Nivelación topográfica,  $m_0 < 10 \text{ mm}$ ) que contemplan el propósito del trabajo, se adoptaron superficies de nivel equipotenciales, esféricas y concéntricas. Se comprende fácilmente que la visual horizontal entre dos puntos, da la diferencia de altura ( $\Delta h$ ), con tal que la visual se dirija desde el medio de la distancia que los separa; esto es válido para distancias cortas.

Al tratarse de una nivelación topográfica se realizarán itinerarios cerrados, no se recurrirá a la ida y vuelta, de práctica irrenunciable en una nivelación de mayor precisión.

En la siguiente figura se puede observar el modelo adoptado, las líneas radiales (anaranjadas) representan la dirección de la gravedad con las cuales las miras de nivelación se alinearán.

---

<sup>3</sup> Jordan W., 1961. **Tratado General de Topografía, Tomo II**, Ed. Gili, Barcelona, España.



*Modelo Funcional Adoptado para la realización del Trabajo*



La necesidad de colocar el nivel en el punto medio del tramo cuyo desnivel se quiere determinar se debe además a que, de esta forma, se tenderá a eliminar una serie de errores que de no hacerlo así, impedirán alcanzar la exactitud y precisión deseada y que son los siguientes:

- Error de curvatura o esfericidad: En la nivelación de un tramo de 100 m de longitud, el error cometido será aproximadamente de 1 mm;
- Error de refracción: Despreciando la refracción acimutal, se considera su influencia igual en las dos lecturas (mira A y mira B) que se realizarán. Al calcular su diferencia para obtener el desnivel  $\Delta h$  el error se eliminará.
- Error del nivel: Al ser la visual horizontal y sabiendo que el desnivel entre dos puntos está dado por la diferencia de lecturas de mira, aún estando el instrumento descorregido, los errores cometidos en ambas miras por el ángulo dependiente del eje de colimación, serán idénticos y, por tanto, la diferencia de lecturas aún siendo erróneas, darán el desnivel desafectado de este error.

### II.c – Evaluación de la calidad de los resultados: tolerancias

El error de cierre será igual a la suma de las lecturas de espalda menos las de frente en todo itinerario cerrado. En caso de un tramo encuadrado entre dos puntos de altitud conocida, el error de cierre es la diferencia entre el desnivel calculado y el conocido.

La tolerancia del cierre de un itinerario se establece en función de su error Kilométrico ( $m_0$ ), el cual viene expresado en milímetros, y el número de kilómetros del itinerario, el que queda determinado, por la fórmula:

$$e < m_0 \sqrt{L}$$

Donde:

$e$  = error de cierre.

$m_0$  = máximo error kilométrico tolerado = 3 \* error medio kilométrico.

$L$  = número de kilómetros del itinerario.

Los valores de  $m_0$  se expresan en milímetros y  $L$  es el número de kilómetros del itinerario en la nivelación.

Los valores de  $m_0$  son del siguiente orden:

- Nivelación de alta precisión,  $m_0 < 3 \text{ mm}$
- Nivelación de precisión,  $m_0 < 5 \text{ mm}$
- Nivelación topográfica,  $m_0 < 10 \text{ mm}$

En nivelación se establece siempre el error kilométrico de un trabajo, y acorde con esa exigencia, se calcula el error tolerable de cierre en función del equipo de nivelación a utilizar y de la distancia máxima de la nivelada.

La tolerancia que se empleó en la nivelación de la provincia de Buenos Aires (red muestreada) fue de  $\pm 10 \text{ mm} \sqrt{L(\text{km})}$  (referencia, profesor Ing. Federico Mayer), la misma se va a adoptar para la realización de este trabajo final, debido a que se pretende reproducir la metodología aplicada. Pero previamente, se debe establecer si con los medios disponibles (equipos, operarios, técnicas a emplear, etc) se posee la capacidad de lograr un trabajo dentro de la tolerancia prefijada.

Para esto, se determinará el error kilométrico adoptando un modelo empírico (ver Capítulo III), en donde se evaluará el instrumental y los operarios, mediante una prueba de 50 mediciones.

Siendo el error medio en la nivelación  $m_{\Delta H}$  el error medio de un desnivel,  $l$  la longitud entre dos puntos de cambio consecutivos, tendremos para el error medio  $m_{\Delta H}$  correspondiente a la línea  $L$ , según la ley de propagación de varianzas:<sup>4</sup>

$$m_{\Delta H}^2 = m_{\Delta h}^2 + m_{\Delta h}^2 + m_{\Delta h}^2 + \dots (n \text{ veces})$$

$$m_{\Delta H}^2 = n \cdot m_{\Delta h}^2$$

$$m_{\Delta H} = m_{\Delta h} \sqrt{n}$$

$$\text{Por ser } n = \frac{L}{l}$$

---

<sup>4</sup> Compendio de Topografía – Tomo III, Volumen 1: Triangulación y nivelación – Cuarta Edición – Müller, Roberto Ed. El Ateneo – Julio de 1951 - Pág. 216.

$$m_{\Delta H} = m_{\Delta h} \sqrt{\frac{L}{l}}$$

$$m_{\Delta H} = \frac{m_{\Delta h}}{\sqrt{l}} \sqrt{L}$$

Donde el error  $\frac{m_{\Delta h}}{\sqrt{l}}$  está referido a la unidad de medida lineal.

Como no se acostumbra a referir  $\frac{m_{\Delta h}}{\sqrt{l}}$  a la unidad de medida lineal, sino a 1000 metros, error que designamos por  $m_0$ , siendo entonces:

$$\frac{m_{\Delta h}}{\sqrt{l}} = m_{1km} = m_0$$

Se tendrá así para el error medio del desnivel  $m_{\Delta H}$  de una línea de  $L$  km, en lugar de la ecuación  $\frac{m_{\Delta h}}{\sqrt{l}} \sqrt{L}$ , esta otra:

$$m_{\Delta H} = m_0 \sqrt{L_{km}}$$

Despejando  $m_0$  obtenemos:

$$m_0 = \frac{m_{\Delta H}}{\sqrt{L_{km}}}$$

Posteriormente con las longitudes de los itinerarios medidos se estimará la varianza de población de cada tramo para determinar la matriz de los pesos y seguido a esto se procederá con el ajuste de Chi cuadrado.

Existen otras alternativas para la determinación de la varianza de población, una de ellas es en base al estudio de las características del equipo aplicando la teoría conocida, a las características del instrumental, tales como el aumento del anteojo y la sensibilidad del sistema compensador; la otra es recurriendo a las especificaciones técnicas de los fabricantes (modelo de especificaciones).

La compensación de la red se realizara por mínimos cuadrados, aplicando un ajuste libre y luego se procederá con un ajuste condicionado. Para la evaluación de la calidad de ambos resultados, se aplicará el Test de Fisher con el que se demostrará que las varianzas pertenecen a la misma población y posteriormente mediante la aplicación del Test de

Student se evaluará si la diferencia entre las cotas es aceptable para un nivel de confianza del 95%.

En este último análisis, nos encontramos con la falta de información a la que se hizo referencia al principio, por lo que, se deberán hacer suposiciones con respecto a las condiciones en las cuales Geodesia había resuelto su red. Será la única manera de poder hacer una comparación aplicando las técnicas conocidas comúnmente.



## Capítulo III

### Tareas de Campo, Reconocimiento de Instrumental, Determinación del modelo estocástico de las observaciones y Relevamiento

#### III.a- Introducción

Las tareas de campo comprendieron tres fases: 1) Reconocimiento de las ménsulas de nivelación, 2) Reconocimiento del instrumental y 3) Realización de las mediciones propiamente dichas. La nivelación de puntos fijos de los diversos órdenes, basada generalmente cada una en otra de orden superior, constituye una de las principales tareas de todo trabajo de levantamiento para fines prácticos, técnicos y topográficos. Esta operación debe ser efectuada con cuidado y aplicando todas las precauciones que el caso particular exige. En los incisos subsiguientes se expondrán los mismos.

#### III.b- Tareas de Campo

##### III.b.a- Reconocimiento de las ménsulas

En base a la información obtenida de la Dirección de Geodesia, se procede al reconocimiento de las ménsulas, con el fin de verificar la existencia, estado y correcta ubicación de los datos que a continuación se enumeran.

Datos registrados para cada ménsula:

- Tipo de señal (Chapa / Ménsula / Mojón / Media esfera)
- Nomenclatura.
- Ubicación planimétrica de ménsulas mediante navegador GPS.
- Ubicación municipal.
- Altura de la señal con respecto al nivel de vereda o terreno natural.
- Fotografía.

Esta información es de utilidad para corroborar la existencia de las ménsulas, lo cual es importante al momento de diseñar el itinerario a realizar.

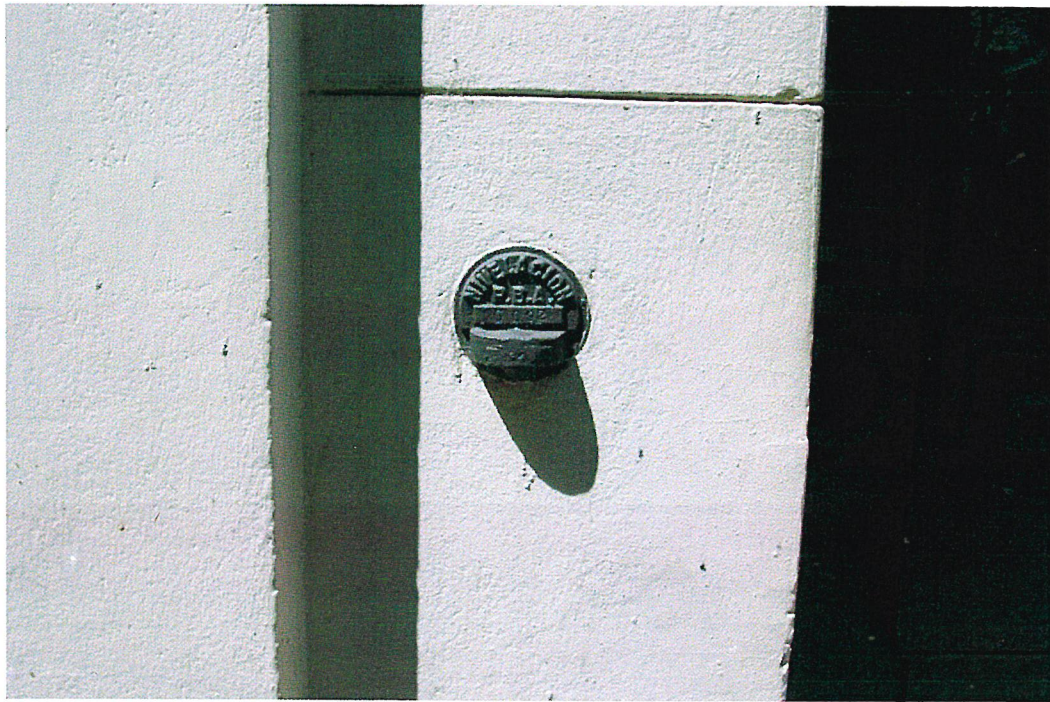


Fig. 1 - Ejemplo de imagen – Ménsula PBA G092

### III.c - Reconocimiento del instrumental

#### III.c.a - Nivel digital y miras.

Para la realización del levantamiento utilizamos un nivel digital marca y modelo Sokkia Power Level SDL30 (Fig. 2).



Fig. 2 – Nivel digital Sokkia Power Level SDL30

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8



Este equipo utiliza un CCD (Charged Coupled Device o Dispositivo de Carga Acoplada) similar al que utilizan las cámaras digitales hoy en día. Captura la imagen de la mira codificada para leer el patrón de código único que es procesado inmediatamente por su CPU integral. La pantalla de visualización digital reduce los errores de lectura y elimina los errores de interpretación del usuario, además la mira con código RAB impreso (Random Bidirectional Code o Código Bidireccional Aleatorio) (fig. 3) mejora la capacidad de medición bajo diversas condiciones e incrementa la precisión de medición de distancias. Al combinar un sistema de medida electrónica de distancia con un lector de código de barras para la medición de altitudes, permite el cálculo automático de distancias y desniveles. Por otra parte dispone de diversos programas de medición y registro automático de datos.

La mira en este sistema tiene impresas una serie de barras negras y blancas de diferente dimensión. El instrumento determina la altura de la puntería a la mira por la imagen que se observa y detecta el sensor, de trazos negros y blancos. Y la distancia por la dimensión de estos trazos<sup>5</sup>.

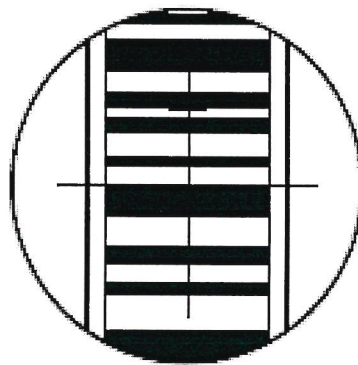


Fig. 3 – Vista de retículo y mira con código RAB.

Este equipo posee además un compensador pendular con rango de  $\pm 15'$  y amortiguador magnético, como puede verse en la fig. 4, lo que garantiza la rápida estabilización del péndulo.

---

<sup>5</sup> Chueca Pazos, Manuel, 1996. Tratado de Topografía 1, Teoría de Errores e Instrumentación, Ed. Parainfo. Madrid, España. Pág. 513.

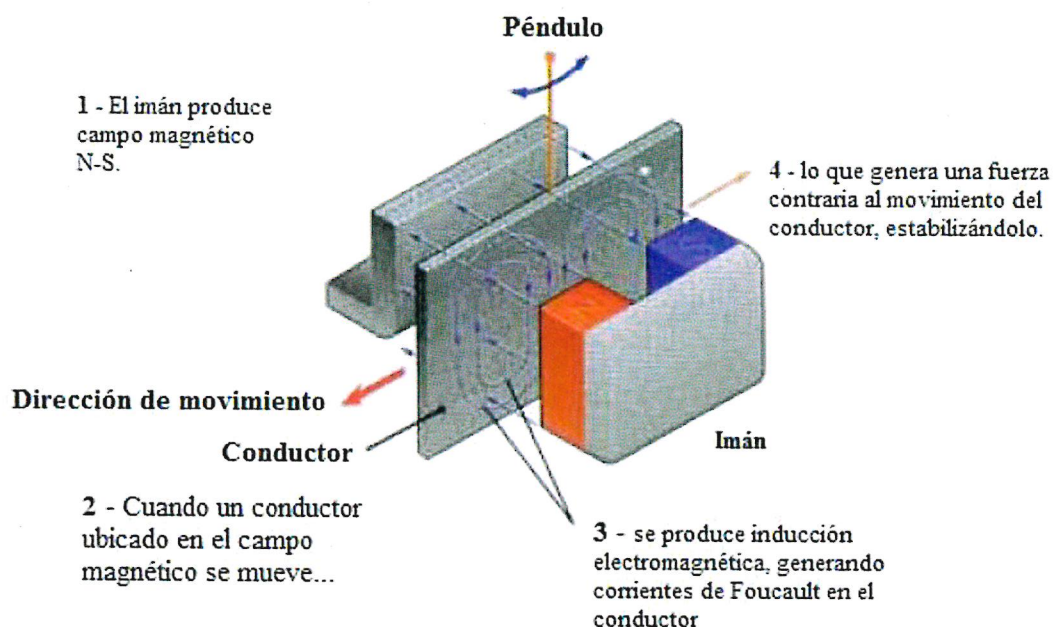


Fig.4 – Compensador magnético

Las ventajas de utilizar un nivel digital para realizar este trabajo son las siguientes:

- Mediciones digitales de desniveles y distancias sumamente rápidas y precisas.
- Muy fácil de usar, con solo apretar un botón se almacena en la memoria la lectura de la mira y la distancia.
- Maximiza la productividad y minimiza el error humano.
- El equipo puede leer la mira en forma directa o invertida reconociéndola automáticamente sin necesidad de cambiar el modo de medición.
- Amplia memoria interna para 2000 puntos.
- Útiles programas incorporados resuelven el trabajo de campo.
- Las observaciones se bajan fácilmente a una PC mediante el software correspondiente y pueden trabajarse con cualquier planilla de cálculo en formato CSV.
- Es también un nivel óptico automático de alta precisión de 32 X (mismo sistema óptico).
- Cuenta con un compensador de precisión de amortiguación magnética que asegura estabilidad y precisión, incluso bajo cambios bruscos de condiciones atmosféricas o



fuertes vibraciones. Su amplio rango de trabajo de 15' asegura un correcto funcionamiento aún con un calaje aproximado.

- Rápida y fácil puesta en estación. Pueden utilizarse tanto trípodes de cabeza esférica como de cabeza plana. Con solo calar el nivel esférico aproximadamente, el compensador entra en rango de trabajo y garantiza visuales horizontales de gran precisión.
- El retículo cuenta con hilos estadimétricos para el uso convencional.
- Óptica con 32 aumentos, con lo que se obtienen lecturas precisas y claras.
- Apto para realizar trabajos de obra, topográficos y geodésicos con miras de aluminio, fibra de vidrio o invar.

Desventajas:

- Dificultad de lectura con poca luz.
- No se puede leer con fuerte contraste de luz sobre la mira.

A continuación se enumeran las especificaciones técnicas de este equipo:

Telescopio:

- Longitud: 260 mm
- Apertura del objetivo:  $\varnothing$  45 mm
- Magnificación: 32x
- Imagen: Directa
- Poder de resolución: 3"
- Campo de visión: 1° 20'
- Distancia mínima de foco: 1,5 m
- Constante multiplicativa: 100
- Constante aditiva: 0

Medición:

- Distancia: 1,6 a 100 m
- Altura: 0 a 5 m

## Muestra mínima:

- Altura: 0,0001 m / 0,001 m (seleccionable) en modo de medición simple, repetido o de promedio.
- Distancia: 0,01 m (en modo de medición simple, repetido o de promedio) / 0,1 m (en modo de búsqueda)

## Precisión:

- Altura: 1,0 mm de desvío estándar para 1 km de nivelación ida y vuelta.
- Distancia:  $\pm 10$  mm (mediciones menores a 10 m)  
 $\pm (0,1 \% \times D)$  (mediciones de 10 a 50 m)  
 $\pm (0,2 \% \times D)$  (mediciones mayores a 50 m)  
Siendo D la distancia medida.

## Modos de medición:

- Simple / Repetida / Promedio / Búsqueda (Seleccionable)

## Tiempo de medición:

- Simple / Repetida: 3 seg.
- Promedio: Cantidad de lecturas definidas x 3 seg.
- Búsqueda: 1 seg.

## Compensador automático:

- Tipo: Amortiguación magnética y mecanismo pendular.
- Rango de compensación:  $\pm 15'$

## Alimentación:

- Fuente de energía: Batería recargable de Ion de litio
- Duración de la batería: 16 h. (a 25 °C)
- Tiempo de carga: 2,5 h.
- Voltaje nominal: 7,2 V.

## General:

- Pantalla: Matriz LCD de 128 x 32 puntos con iluminador.
- Capacidad de memoria: 2000 puntos.
- Salida de datos: Compatible con RS-232C.
- Sensibilidad del nivel esférico: 10' / 2 mm
- Tornillo de pequeños movimientos: Doble, sin fin.
- Resistencia al agua: IPX4
- Dimensiones: 158 mm (ancho) x 257 mm (largo) x 182 mm (alto).
- Peso (con batería): 2,4 Kg.

**III.c.b - Instrumental Accesorio**

- Sapos de nivelación: Utilizados con el objeto de obtener mayor estabilidad vertical en los puntos de paso.
- Cinta métrica: Utilizada en la fase de reconocimiento de ménsulas para obtener la altura con respecto al nivel de vereda.
- Navegador GPS: Necesario para obtener las coordenadas aproximadas de cada ménsula con el fin de luego volcar esta información en un plano.
- Chaleco reflectante: Elemento de seguridad necesario para el trabajo urbano.
- Radios: Utilizadas para tener una comunicación eficiente entre el operador y los mireros.
- Niveles esféricos: Elementos utilizados para la verticalización de las miras con el fin de disminuir el error por falta de verticalidad de las mismas.
- Trípode: Debe ser de construcción liviana con el fin de facilitar su transporte.
- Cámara digital: Utilizada para el reconocimiento de las ménsulas.
- Computadora con software de bajada de datos: Utilizado en la fase final luego de concluida la nivelación.

### III.d - Determinación del modelo estocástico de las observaciones.

#### III.d.a - Test estadístico – Desvío estándar.

Se decidió determinar el comportamiento estadístico de las observaciones en forma empírica. Para ello se recurrió a la realización de una serie de 50 lecturas de un mismo desnivel de las cuales fueron desechadas 6 por aplicación del criterio de Gauss<sup>6</sup> quedando 44 mediciones a las cuales le aplicamos técnicas estándar de análisis estadístico, siendo las lecturas las siguientes:

| Muestra | Desnivel | Muestra | Desnivel | Muestra | Desnivel | Muestra | Desnivel |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 1       | -0,022   | 12      | -0,023   | 23      | -0,023   | 34      | -0,022   |
| 2       | -0,022   | 13      | -0,022   | 24      | -0,024   | 35      | -0,022   |
| 3       | -0,022   | 14      | -0,022   | 25      | -0,022   | 36      | -0,021   |
| 4       | -0,022   | 15      | -0,022   | 26      | -0,022   | 37      | -0,023   |
| 5       | -0,023   | 16      | -0,023   | 27      | -0,022   | 38      | -0,022   |
| 6       | -0,023   | 17      | -0,023   | 28      | -0,022   | 39      | -0,022   |
| 7       | -0,023   | 18      | -0,023   | 29      | -0,021   | 40      | -0,022   |
| 8       | -0,024   | 19      | -0,022   | 30      | -0,023   | 41      | -0,022   |
| 9       | -0,022   | 20      | -0,023   | 31      | -0,022   | 42      | -0,022   |
| 10      | -0,023   | 21      | -0,023   | 32      | -0,022   | 43      | -0,023   |
| 11      | -0,022   | 22      | -0,022   | 33      | -0,021   | 44      | -0,022   |

Observando los datos se aprecia que existe una distribución variable-muestra como sigue:

| Variable     | Frecuencia |
|--------------|------------|
| -0,021       | 3          |
| -0,022       | 25         |
| -0,023       | 14         |
| -0,024       | 2          |
| <b>Total</b> | <b>44</b>  |

Volcando estos datos en un histograma:

---

<sup>6</sup> D'Alvia, Antonio, 1999. **Cálculo de Compensación**. Ed. CEILP, La Plata, Buenos Aires.



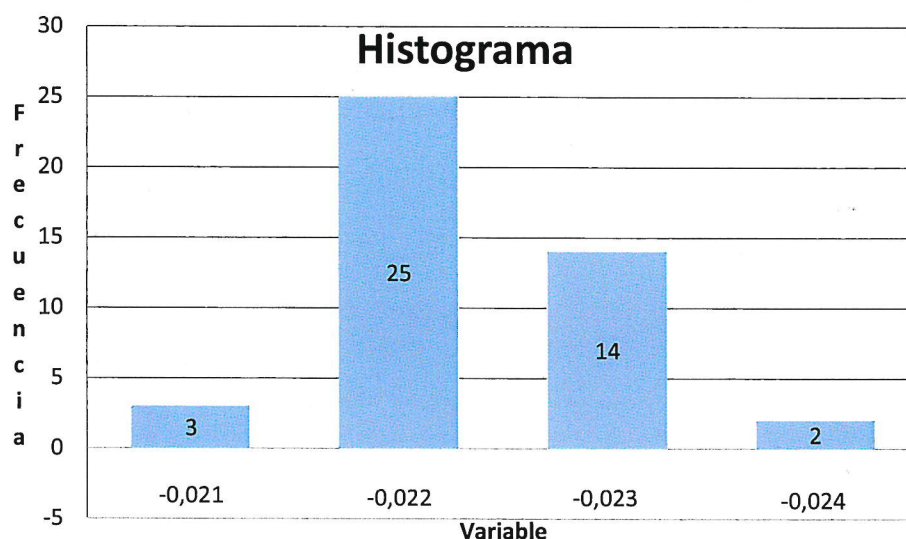


Fig. 5 – Histograma de desvíos.

Realizando el cálculo del desvío estándar sobre esta muestra:

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_n - M_x)^2}{n - 1}}$$

Siendo  $x_n$  la muestra,  $M_x$  el promedio y  $n$  el número de muestras, obtenemos:

$$M_x = -0,02234 \text{ m}$$

$$n = 44$$

Por lo que calculando se llega a:

$$\sigma = \pm 0,00068 \text{ m}$$

Lo que nos indica que el instrumento posee un desvío estándar inferior a 1 mm para 44 repeticiones cumpliendo con las especificaciones técnicas citadas en la pág. 20. Tomamos como valor  $\sigma = 1 \text{ mm}$  que es la mínima unidad de medida utilizada en el presente trabajo.

### III.d.b - Determinación del error medio kilométrico

En función a la metodología desarrollada en el capítulo II (Evaluación de la calidad de los resultados: tolerancias Pág. 7) y tomando el desvío estándar hallado en el inciso anterior  $\sigma = m_{\Delta H} = 1 \text{ mm}$ , y aplicándolo para una longitud de 100 m (0,1 km).

$$m_0 = \frac{1 \text{ mm}}{\sqrt{0,1}} = \pm 3,16 \text{ mm (Error Medio Kilométrico.)}$$

Multiplicándolo por 3 para obtener un nivel de confianza de más del 99%<sup>7</sup> para el cálculo de la tolerancia.

$$3.m_0 = 3 \times 3,16 \text{ mm} \approx 9,48 \text{ mm} = \boxed{\pm 10 \text{ mm}}$$

Es decir estimamos generar un vector de observaciones cuya varianza poblacional será:

$$m_{\Delta H}^2 = 9 \text{ mm}^2 L_{km}$$

Desarrollado en la pág. 12.

### III.d.c - Influencia del error de nivel en la determinación de desniveles.

Con la finalidad de determinar un posible desvío de la visual o eje de colimación, se realizó el procedimiento de verificación del nivel, comparando una serie de tres nivelaciones desde el medio con otra serie de tres desde un extremo.

Se eligieron dos puntos separados una distancia  $D = 100 \text{ m}$ , medidos con cinta, donde se colocaron las miras de nivelación At y Ad (Fig. 6), siendo At mira atrás y Ad mira adelante. A continuación se estacionó el instrumento en el medio de las dos miras a  $D/2 = 50 \text{ m}$ , y se procedió a realizar las lecturas de modo óptico y a la vez electrónico a fin de verificar ambos sistemas, estas lecturas se encuentran representadas en el gráfico por las lecturas  $l'_{1at}$  y  $l'_{1ad}$ , las cuales si el eje de colimación estuviese perfectamente horizontal serían coincidentes con las lecturas  $l_{1at}$  y  $l_{1ad}$ . El ángulo  $e$  entre la visual horizontal y la visual desviada es el error de colimación del instrumento, y su influencia

<sup>7</sup> D'Alvia, Antonio, 1999. *Cálculo de Compensación*. Ed. CELP, La Plata, Buenos Aires. Pág. 67

aumenta con la distancia, lo cual al estar realizando las lecturas desde el medio este error se compensa obteniendo el verdadero valor del desnivel  $\Delta h$ .

Luego se procedió con la nivelación desde un extremo, ubicando el instrumento a una distancia  $d = 3 \text{ m.}$  de la posición adelante, previamente verificando en los datos técnicos del instrumento la mínima distancia de enfoque del mismo. A continuación se realizaron las lecturas  $l'_{2at}$  y  $l'_{2ad}$ , siendo las lecturas desafectadas del error  $e$ ,  $l_{2at}$  y  $l_{2ad}$ . El desnivel medido desde este punto se encuentra afectado por el error de colimación.

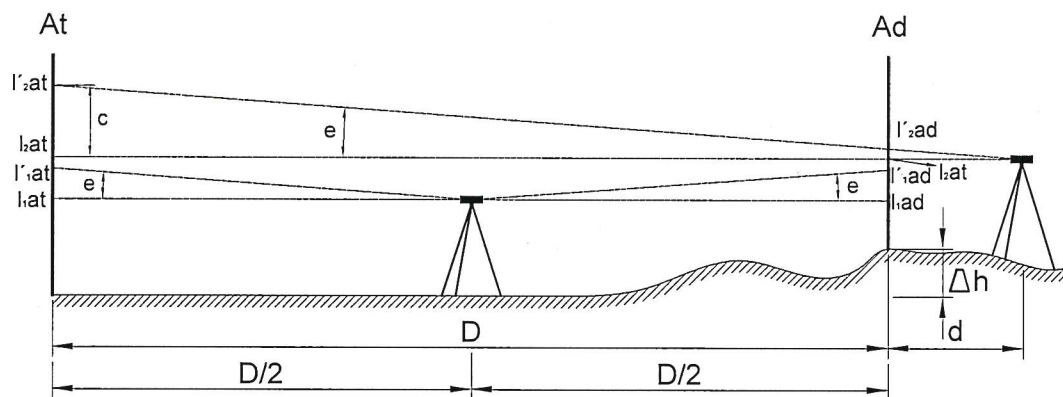


Fig. 6 – Medición desde el medio y desde el extremo con el fin de determinar el error de nivel.

Los valores ópticos – electrónicos obtenidos fueron los siguientes:

| Nivelación desde el medio |                |        |       |          |             |
|---------------------------|----------------|--------|-------|----------|-------------|
| Serie                     | Lectura a Mira | Óptico |       |          | Electrónico |
|                           |                | Hilos  | Valor | Desnivel | Desnivel    |
| 1                         | Lat            | Hs     | 1,453 | -0,327   | -0,328      |
|                           |                | Hm     | 1,328 |          |             |
|                           |                | Hi     | 1,202 |          |             |
|                           | Lad            | Hs     | 1,780 |          |             |
|                           |                | Hm     | 1,655 |          |             |
|                           |                | Hi     | 1,531 |          |             |
| 2                         | Lat            | Hs     | 1,434 | -0,328   | -0,328      |
|                           |                | Hm     | 1,308 |          |             |
|                           |                | Hi     | 1,182 |          |             |
|                           | Lad            | Hs     | 1,759 |          |             |
|                           |                | Hm     | 1,636 |          |             |
|                           |                | Hi     | 1,513 |          |             |
| 3                         | Lat            | Hs     | 1,415 | -0,328   | -0,328      |
|                           |                | Hm     | 1,289 |          |             |
|                           |                | Hi     | 1,163 |          |             |
|                           | Lad            | Hs     | 1,741 |          |             |
|                           |                | Hm     | 1,617 |          |             |
|                           |                | Hi     | 1,494 |          |             |

| Nivelación desde el extremo |                |        |       |          |             |
|-----------------------------|----------------|--------|-------|----------|-------------|
| Serie                       | Lectura a Mira | Óptico |       |          | Electrónico |
|                             |                | Hilos  | Valor | Desnivel | Desnivel    |
| 1                           | Lat            | Hs     | 1,396 | -0,328   | -0,328      |
|                             |                | Hm     | 1,132 |          |             |
|                             |                | Hi     | 0,866 |          |             |
|                             | Lad            | Hs     | 1,475 |          |             |
|                             |                | Hm     | 1,460 |          |             |
|                             |                | Hi     | 1,445 |          |             |
| 2                           | Lat            | Hs     | 1,410 | -0,328   | -0,327      |
|                             |                | Hm     | 1,144 |          |             |
|                             |                | Hi     | 0,877 |          |             |
|                             | Lad            | Hs     | 1,487 |          |             |
|                             |                | Hm     | 1,472 |          |             |
|                             |                | Hi     | 1,456 |          |             |
| 3                           | Lat            | Hs     | 1,426 | -0,327   | -0,327      |
|                             |                | Hm     | 1,161 |          |             |
|                             |                | Hi     | 0,894 |          |             |
|                             | Lad            | Hs     | 1,504 |          |             |
|                             |                | Hm     | 1,488 |          |             |
|                             |                | Hi     | 1,473 |          |             |



Realizando los promedios correspondientes se llega a los siguientes valores:

| Promedios de desniveles     |        |             |
|-----------------------------|--------|-------------|
| Tipo                        | Método |             |
|                             | Óptico | Electrónico |
| Nivelación desde el medio   | -0,328 | -0,328      |
| Nivelación desde el extremo | -0,328 | -0,327      |

Puede observarse según los valores obtenidos que la lectura óptica no presenta error de eje de colimación, no así la lectura electrónica, que presenta una diferencia de 1 mm en 103 m, lo cual se encuentra dentro de los rangos tolerables, no siendo necesaria su corrección.

#### ➤ Corrección del sistema electrónico.

Para la corrección electrónica del error de nivel, cuando este se encuentre con un error importante (mayor a 3 mm), se deberá ejecutar el módulo de ajuste del equipo en el menú configuraciones, y mediante indicaciones en pantalla nos guiará para llevar a cabo la misma, mediante una nivelación desde el medio y desde un extremo y así determinar el valor de la corrección. Al finalizar se habrá logrado corregir el valor de referencia del sensor CCD.

#### ➤ Corrección del sistema óptico.

El ajuste mecánico de los hilos estadimétricos solo deberá hacerse una vez verificado y/o corregido el sistema electrónico y se procederá como sigue:

Se realizará la lectura electrónica de la mira, luego esta sin ser levantada se gira y se lee ópticamente sobre la misma como se puede ver a continuación.

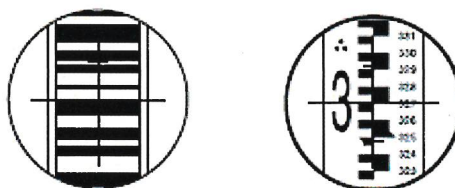


Fig. 7 – Lectura posterior y anterior de la mira de nivelación

Si la diferencia entre la lectura óptica y electrónica es mayor a 2 mm, se deberá realizar la corrección del hilo horizontal utilizando para ello el tornillo de corrección del instrumento. Si la lectura óptica es mayor a la electrónica, entonces se deberá hacer descender la cruz filar hasta lograr leer sobre la mira el valor obtenido electrónicamente. Contrariamente, si fuese menor se deberá hacer ascender.

En este paso se habrá logrado el ajuste del instrumento y la correlación de lecturas entre el sistema óptico y el sistema electrónico.

➤ **Corrección de instrumentos solamente ópticos.**

Si el instrumento utilizado para la nivelación es solo óptico, y este posee un error significativo, se procede a su corrección como sigue:

Siendo  $\Delta h = l'_1at - l'_1ad$  (Ver Fig. 6) el verdadero desnivel entre los puntos At y Ad, tomado desde el medio para evitar los errores de inequidistancia, curvatura, refracción e instrumento, con  $D = 40\text{ m}$ , siendo además el desnivel  $\Delta h' = l'_2at - l'_2ad$  el mismo desnivel medido desde un extremo y afectado por estos errores, con  $d = 10\text{ m}$ , se procede a calcular el error de nivel:

$$\varepsilon = \Delta h' - \Delta h$$

Tomando como ejemplo:

$$\varepsilon = -0,320 - (-0,324) = +4\text{ mm}$$

Luego calculando el error específico:

$$\varepsilon_{esp} = \frac{\varepsilon\text{ (mm)}}{D\text{ (m)}}$$

Y reemplazando  $\varepsilon = 4\text{ mm}$  y  $D = 40\text{ m}$

Obtenemos:

$$\varepsilon_{esp} = \frac{4\text{ mm}}{40\text{ m}} = 0,1\text{ mm/m}$$

Calculando la corrección para  $D + d = 50\text{ m}$ , que es la verdadera distancia entre la mira At y el punto estación:

$$c = (D + d) \cdot -(\varepsilon_{esp}) = 50 \text{ m} \cdot -0,1 \text{ mm/m} = -5 \text{ mm}$$

Debiendo corregir el instrumento desde el tornillo de corrección para tal fin y provocando sobre la mira At la lectura  $l_{2at}$ , suma algebraica de  $l'_{2at} + c$

$$l_{2at} = l'_{2at} + c$$

Logrando así la corrección del instrumento.

### III.d.d - Análisis del error en la determinación de la distancia electrónica.

Para la determinación de este error se realizaron mediciones sobre el terreno con cinta métrica cada 10 metros hasta un máximo de 50, que es la máxima distancia que se utilizará para una visual, con lo que se observará cómo se comportan las incertidumbres en la determinación electrónica de las distintas distancias.

Se obtuvieron los siguientes datos:

| Distancia verdadera | Distancia Observada | Error |
|---------------------|---------------------|-------|
| 10                  | 9,94                | -0,06 |
| 20                  | 19,90               | -0,10 |
| 30                  | 29,85               | -0,15 |
| 40                  | 39,82               | -0,18 |
| 50                  | 49,66               | -0,34 |

Con el fin de determinar a qué modelo se ajustan los desvíos en la determinación de la distancia del instrumento se procede, utilizando el principio de los mínimos cuadrados, como sigue<sup>8</sup>:

$$V = A \cdot X + L$$

Siendo  $V$  el vector de residuos,  $A$  la matriz de valores fijos,  $A^T$  su transpuesta,  $X$  el vector de las incógnitas y  $L$  el de las lecturas.

---

<sup>8</sup> D' Alvia, Antonio, 1999. Cálculo de Compensación. Ed. CEILP, La Plata, Buenos Aires. Pág. 119.

Partiendo de la ecuación de la recta:

$$y = p_1 \cdot x + p_2$$

Calculando:

$$A = \begin{bmatrix} 10 & 1 \\ 20 & 1 \\ 30 & 1 \\ 40 & 1 \\ 50 & 1 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} 9,94 \\ 19,90 \\ 29,85 \\ 39,82 \\ 49,66 \end{bmatrix} \quad A^T = \begin{bmatrix} 10 & 20 & 30 & 40 & 50 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Todas las lecturas son consideradas con peso 1.

Luego

$$A^T \cdot A = \begin{bmatrix} 5500 & 150 \\ 150 & 5 \end{bmatrix} = N$$

y su inversa

$$N^{-1} = \begin{bmatrix} 0,001 & -0,03 \\ -0,03 & 1,1 \end{bmatrix}$$

Calculando

$$K = A^T \cdot L = \begin{bmatrix} 5468,7 \\ 149,17 \end{bmatrix}$$

Se obtiene

$$X = N^{-1} \cdot K = \begin{bmatrix} 0,9936 \\ 0,0260 \end{bmatrix}$$

Y los siguientes desvíos para cada una de las distancias respectivamente

$$V = \begin{bmatrix} 0,02 \\ 0,00 \\ -0,02 \\ -0,05 \\ 0,05 \end{bmatrix}$$

Además, siendo  $\begin{bmatrix} 0,9936 \\ 0,0260 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix}$ , pendiente y constante aditiva respectivamente de la ecuación de la recta que mejor se adapta a nuestro modelo se obtiene:



$$y = 0,9936.x + 0,0260$$

Graficando la misma conjuntamente con las lecturas obtenidas en el campo:

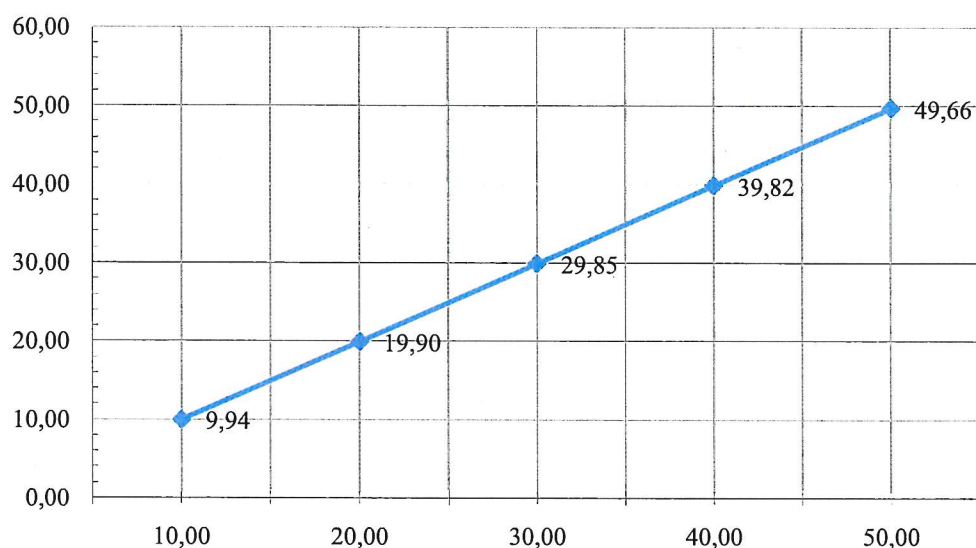


Fig. 8 – Regresión lineal (los residuos no se aprecian por la escala utilizada)

De esto se concluye que la recta se ajusta a la distribución de las lecturas con un desvío estándar:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{V^T V}{n - 2}} = \boxed{\pm 0,044 \text{ m}}$$

### III.e - Relevamiento

En este inciso se aborda la realización de la medición, explicando cómo fue llevada a cabo, los cuidados que se tuvieron con el fin de acotar los errores, la metodología utilizada, dificultades y tiempo necesario para realizarla.

#### III.e.a - Verificaciones previas.

Las verificaciones previas consistieron en los pasos descriptos anteriormente en el análisis del instrumento, realizándose además la comprobación de los niveles esféricos correspondientes a cada mira con el fin de evitar que las mismas no se encuentren en posición vertical, introduciendo así el error por falta de verticalidad. Estos se contrastaron con una plomada física, verificándose así su correcto estado.

Antes de iniciar la campaña del día se procedió a configurar el instrumento, generando un nuevo trabajo en el cuál se almacenaron todas las observaciones, generalmente el nombre de este trabajo, que por comodidad se compone por el día, mes y año (DD-MM-AAAA) para así llevar un orden correlativo.

La medición de la distancia entre visual atrás y visual adelante, y con el fin de minimizar al máximo posible la inequidistancia, pero sin perder rendimiento se realizó a pasos. Previamente a esto se marcó en el suelo, una distancia de 50 m medida con cinta métrica, y se procedió, a contar los pasos (de cada uno de los mireros) que entran en esa distancia. Esto se reiteró varias veces, realizando el promedio se anotó la cantidad de pasos resultantes para futura referencia y utilización en todo el itinerario de nivelación.

### **III.e.b - Realización del relevamiento**

Para la realización del relevamiento se estableció en primer lugar un itinerario a recorrer para la nivelación, en el cual se tocaron las ménsulas ya monumentadas. Este itinerario es el resultante de la zona elegida para el trabajo y en función de aquellas ménsulas que no se encontraron destruidas. El itinerario de nivelación quedó constituido por una poligonal cerrada exterior y dos cadenas interiores (Ver Plano Anexo). El mismo se dividió en 3 etapas, la primer etapa consistió en medir tomando como arranque el punto Nodal IGM-101 ubicado en Plaza Moreno, sobre la poligonal exterior hasta llegar al punto de nivelación PN/01, ubicado en avenida 7 y calle 69, este tramo tiene una longitud de aproximadamente 6,0 km De allí al día siguiente se procedió a cerrar la poligonal exterior de la zona desde dicho punto hasta llegar al punto G-097 y posteriormente hasta el Nodal IGM-101, tramo con longitud aproximada de 6,1 km.

La tercera etapa consistió en medir las dos cadenas que atraviesan la zona a nivelar, la primera de 2,9 km se realizó sobre avenida 60 empezando en avenida 19 y finalizando en avenida 1, la segunda de 2,5 km se niveló en sentido inverso sobre avenida 66, desde avenida 1 hasta calle 16.

La nomenclatura y ubicación de todas las ménsulas niveladas se detallan a continuación según el sentido de avance de la medición:

| Poligonal exterior |                                   | Cadena 1        |                                |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Ménsula / Punto    | Ubicación                         | Ménsula / Punto | Ubicación                      |
| Nodal IGM-101      | Plaza Moreno                      | G-114           | Diag 74 y Plaza                |
| G-102              | Diag. 74 y Calle 15               | IGM-4           | Plaza Máximo Paz               |
| G-114              | Diag 74 y Plaza                   | G-119           | Av. 60 esq. Calle 10           |
| G-133              | Calle 19 esq. 63                  | G-121           | Calle 61 esq. Av. 7            |
| G-132              | Calle 16 esq. 63                  | G-123           | Av. 60 e/ calles 3 y 4         |
| G-143              | Calle 16 esq. Av. 66              | IGM-124         | Av. 1 esq. Calle 60            |
| G-162              | Calle 16 esq. Calle 69            | Cadena 2        |                                |
| IGM-71 - G171      | Estación tren provincial Calle 71 | Ménsula / Punto | Ubicación                      |
| G-172              | Av. 13 esq. Av 72                 | G-150           | Av. 1 y Plaza                  |
| G-173              | Av. 72 e/ calles 10 y 11.         | G-147           | Av. 7 e/ calle 65 y plaza      |
| G-174              | Av 72 esq. Av. 7                  | G-145           | Av 66. esq. Calle 10           |
| PN/01              | Av. 7 y calle 69                  | G-144           | Calle 14 e/ calle 65 y Av. 66. |
| G-174              | Av 72 esq. Av. 7                  | G-143           | Calle 16 esq. Av. 66           |
| G-177              | Av. 72 e/ calles 3 y 4.           |                 |                                |
| G-156              | Av. 1 e/ calles 69 y 70           |                 |                                |
| G-155              | Av. 1 esq. Calle 69.              |                 |                                |
| G-150              | Av. 1 y Plaza                     |                 |                                |
| G-151              | Av. 1 esq. Calle 65               |                 |                                |
| G-127              | Av. 1 esq. Calle 63               |                 |                                |
| IGM-124            | Av. 1 esq. Calle 60               |                 |                                |
| G-096              | Av. 1 esq. Calle 57               |                 |                                |
| G-097              | Calle 57 e/ calle 3 y diag. 79    |                 |                                |
| G-092              | Av. 51 esq. Calle 4               |                 |                                |
| G-090              | Calle 6 e/ Av. 51 y Av. 53.       |                 |                                |
| Nodal IGM-101      | Plaza Moreno                      |                 |                                |

Totalizando una cantidad de 29 ménsulas de nivelación M.O.S.P. y el punto PN/01.

La longitud total nivelada fue de aproximadamente 17,3 km, y el tiempo necesario para llevar a cabo la medición fue de 4 días, divididos en 1 día para nivelar desde Nodal IGM-101 hasta el punto PN/01, 1 día para ir desde el punto PN/01 hasta el punto G-097 y medio día para cerrar la poligonal exterior desde G-097 hasta Nodal IGM-101. La nivelación de las 2 cadenas se realizó en un día.

La velocidad promedio de avance fue de 1 km/h.



### ➤ Método de nivelación

El método utilizado fue el de nivelación geométrica desde el medio, con visuales de 50 m y trabajando con el instrumento en modo medición de cotas, utilizando 2 mireros y un operador, equipados con chaleco reflectante como medida de seguridad debido al tránsito vehicular urbano.

El instrumento debe ser montado en el trípode y asegurado mediante el tornillo ad-hoc de la misma forma que con un nivel óptico, teniendo los recaudos necesarios y el cuidado suficiente que un instrumento de precisión requiere. La correcta forma de transportarlo entre estación y estación es apoyando el trípode sobre el hombro de forma horizontal, con el instrumento montado con el fin de que el compensador pendular se apoye y así evitar golpes al mismo durante el transporte. Si el instrumento no se va a usar por un período de tiempo largo debe ser almacenado en su estuche inmediatamente.

El estacionamiento del instrumento no difiere del de un simple nivel óptico, debiéndose realizar los mismos pasos de horizontalización mediante la ayuda de los tres tornillos calantes y el nivel esférico que posee el equipo; luego para realizar las lecturas es necesario que el enfoque de la mira sea nítido, ya que si no la lectura óptica y/o electrónica de la misma no podrá realizarse. Logrado esto, solo con apretar el botón de lectura el instrumento registrará los valores sobre la mira para así determinar la altura y la distancia, grabando estos datos en su memoria.

El procedimiento de nivelación consiste en que una vez programado el nivel con el archivo de trabajo del día, el mirero A se sitúa sobre la ménsula o punto de arranque sosteniendo firmemente la mira y vigilando el correcto centrado de la burbuja del nivel esférico, el mirero B cuenta la cantidad de pasos correspondientes desde el mirero A hasta los 50 metros donde debe ubicarse el operador, le indica esta posición y continúa otros 50 metros donde debe ubicarse colocando primeramente el sapo de nivelación para tener un punto de paso estable. El operador bisecta al mirero A en posición lectura atrás, ingresa la cota de arranque correspondiente a la ménsula, realiza la lectura y luego ingresa el código correspondiente al punto, para luego en la bajada de datos identificarlo como punto fijo, ese código deberá ser asignado al llegar a cada ménsula o punto de la red. A continuación avisa al mirero A a través de la radio que ya realizó la lectura y así este puede abandonar el punto de arranque, luego el operador bisecta al mirero B realizando la lectura adelante,



espera a que el mirero A llegue y se dirigen hacia donde se encuentra el otro mirero. Al llegar el mirero A cuenta la cantidad de pasos donde debe el operador estacionar el instrumento y sigue hacia el punto de paso siguiente. Este método se repetirá tantas veces como sea necesario para realizar la nivelación completa. La finalidad de que los pasos entre cada visual atrás y visual adelante los cuente un mismo mirero es la de reducir los errores por inequidistancia.

Como el método de medición a pasos está afectado de una incertidumbre relativamente mayor a la medición con cinta, el nivel nunca estará estacionado exactamente en el medio de las dos miras. Esta excentricidad se irá acumulando a medida que se vaya cambiando de estación lo que nos introducirá un error por acumulación de excentricidades. Con el fin de disminuir esto, al cerrar una tirada de nivelación en una ménsula, previamente deberá realizarse la sumatoria de lecturas atrás y la sumatoria de lecturas adelante, restarlas para así obtener el valor acumulado de excentricidad. Luego el mirero que apoyará la mira en la ménsula de cierre deberá contar los pasos hasta dicha ménsula y dividirlo por 2, calcular que distancia hay en esa cantidad de pasos y sumarle o restarle según corresponda la mitad de la excentricidad acumulada, allí tendremos la distancia a la que deberá posicionarse el operador para disminuir el efecto causado por la acumulación de este error.

Ejemplo:

Siendo la última estación de un tramo, la distancia entre miras 65 m y la excentricidad hasta la estación anterior de +2 m.

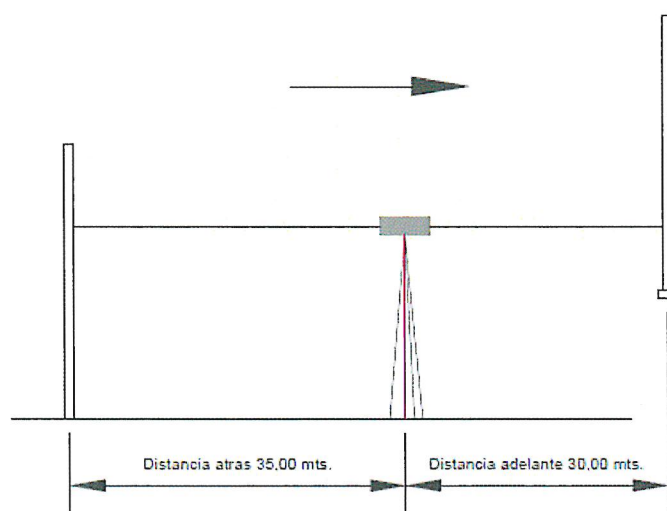


Fig. 9

Excentricidad acumulada:  $(35 \text{ m} + 2 \text{ m}) = 37 \text{ m}$

Distancia adelante = 30 m

Diferencia:  $(37 \text{ m} - 30 \text{ m}) = + 7 \text{ m}$

La diferencia da positiva, por lo que el operador deberá retroceder la mitad de dicha diferencia (3,5 m), y allí hacer estación.

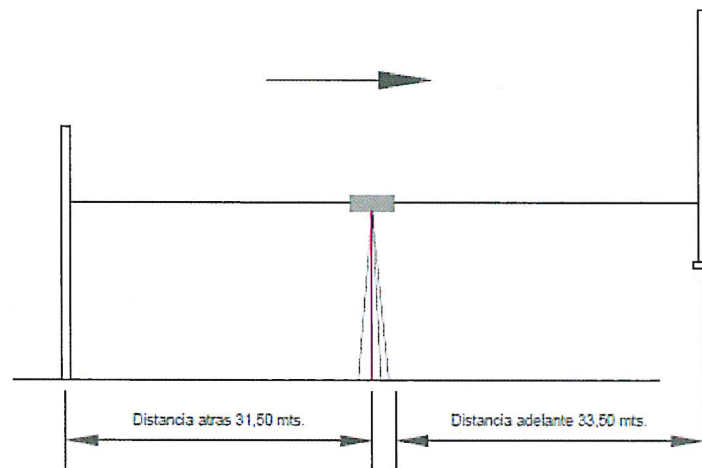


Fig. 10

Siguiendo los métodos anteriormente descriptos se deberá completar la medición de toda la red.

#### ➤ Bajada de datos

Una vez finalizada la campaña de nivelación toda la información debe ser descargada del nivel; para ello se utiliza el software de bajada incluido con el cual todos los trabajos almacenados en el nivel se descargan en formato \*.csv<sup>9</sup> para luego poder utilizarlos con una planilla de cálculo o software de topografía.

---

<sup>9</sup> Comma Separated Values (valores separados por comas).

### ➤ Tolerancia

La medición de la red de este trabajo se corresponde a una nivelación de tercer orden por lo que se utilizará como tolerancia para el error de cierre<sup>10</sup>:

$$T = \pm 10 \text{ mm} \sqrt{L \text{ (km)}}$$

Siendo  $L$  la distancia nivelada en km Recordemos que este es el valor determinado empíricamente con la serie de 50 observaciones de un mismo desnivel (pág. 22).

### III.e.c Resultados obtenidos

De la medición de la poligonal exterior de la red de longitud 11,9 km, habiendo arrancado en Plaza Moreno en el Nodal IGM-101 con valor de cota +16,7941<sup>11</sup> (se utilizó para este trabajo cota +16,794) y cerrando en el mismo nodal con un valor medido de +16,786 se obtiene que para el primer cierre de nivelación existe una diferencia en menos de 0,008 m (-8 mm). Analizando los datos y en función de la tolerancia establecida anteriormente obtenemos:

$$T = \pm 10 \text{ mm} \sqrt{11,9 \text{ km}} = \boxed{\pm 34 \text{ mm}}$$

Lo que nos indica que el error de cierre de la poligonal exterior se encuentra ampliamente dentro de la misma.

Para la primera cadena de longitud 2,9 km se partió desde la ménsula G-114 y se cerró en la ménsula IGM-124, ambas pertenecientes a la poligonal externa, con cotas determinadas en este trabajo con valores +14,549 y +20,631 respectivamente. Fijando la cota de arranque en el valor mencionado anteriormente se niveló la cadena cerrando con una cota de +20,638, obteniendo una diferencia en más de 0,007 m (+7 mm). Analizando nuevamente los datos, se obtiene:

$$T = \pm 10 \text{ mm} \sqrt{2,9 \text{ km}} = \boxed{\pm 17 \text{ mm}}$$

<sup>10</sup> Compendio de Topografía – Tomo III, Volumen 1: Triangulación y nivelación – Cuarta Edición – Müller, Roberto Ed. El Ateneo – Julio de 1951 - Pág. 220.

<sup>11</sup> Nivelación de alta precisión y de precisión: Catálogo de cotas compensadas de puntos fijos de nivelación del I.G.M. – Buenos Aires – Dirección de Geodesia – 1962 – Pág. 59.

Indicándonos que el error de cierre de la primer cadena se encuentra en tolerancia.

Para la segunda cadena de longitud 2,5 km se partió desde la ménsula G-150 y se cerró en la ménsula G-143, ambas pertenecientes a la poligonal externa, con cotas determinadas en este trabajo con valores +21,476 y +20,668 respectivamente. Fijando la cota de arranque en el valor mencionado anteriormente se niveló la cadena cerrando con una cota de +20,663, obteniendo una diferencia en menos de 0,005 m (-5 mm). Analizando nuevamente los datos, se obtiene:

$$T = \pm 10mm \sqrt{2,5 \text{ km}} = \boxed{\pm 15 \text{ mm}}$$

Indicándonos finalmente que el error de cierre de la segunda cadena se encuentra en tolerancia.

En las siguientes páginas se muestra un resumen con los datos obtenidos:



| POLIGONAL EXTERNA |                |               |                     |             |                 |
|-------------------|----------------|---------------|---------------------|-------------|-----------------|
| Ménsula           | $\Delta h$ (m) | Distancia (m) | Inequidistancia (m) | Tolerancia  | Error de Cierre |
| NODAL 101         | -1,045         | 516           | -6                  | $\pm 34$ mm | -8 mm           |
| G-102             | -1,200         | 662           | 9                   |             |                 |
| G-114             | 5,551          | 543           | 0                   |             |                 |
| G-133             | 1,882          | 415           | 0                   |             |                 |
| G-132             | -1,314         | 481           | 0                   |             |                 |
| G-143             | 0,780          | 487           | 1                   |             |                 |
| G-162             | 0,994          | 566           | -3                  |             |                 |
| IGM-171           | -1,346         | 694           | -1                  |             |                 |
| G-172             | -0,865         | 430           | 1                   |             |                 |
| G-173             | -1,886         | 471           | 0                   |             |                 |
| G-174             | 2,166          | 498           | 0                   |             |                 |
| PN/01             | -2,170         | 498           | 1                   |             |                 |
| G-174             | -1,881         | 469           | -2                  |             |                 |
| G-177             | 4,182          | 760           | -3                  |             |                 |
| G-156             | 0,590          | 88            | 8                   |             |                 |
| G-155             | 0,244          | 419           | 0                   |             |                 |
| G-150             | -0,644         | 173           | 1                   |             |                 |
| G-151             | 0,397          | 270           | 1                   |             |                 |
| G-127             | -0,598         | 541           | 0                   |             |                 |
| IGM-124           | -5,849         | 451           | 1                   |             |                 |
| G-096             | -0,058         | 377           | -1                  |             |                 |
| G-097             | 6,741          | 603           | 0                   |             |                 |
| G-092             | 0,330          | 349           | -1                  |             |                 |
| G-090             | -5,009         | 1108          | 0                   |             |                 |
| NODAL 101         |                |               |                     |             |                 |
| <b>Totales</b>    | -0,008         | 11869         | 6                   |             |                 |

| CADENA 1 |                |               |                     |             |                 |
|----------|----------------|---------------|---------------------|-------------|-----------------|
| Ménsula  | $\Delta h$ (m) | Distancia (m) | Inequidistancia (m) | Tolerancia  | Error de Cierre |
| G-114    | 6,723          | 889           | -8                  | $\pm 17$ mm | +7 mm           |
| IGM-4    | -2,305         | 460           | 4                   |             |                 |
| G-119    | 1,319          | 576           | 1                   |             |                 |
| G-121    | -4,052         | 615           | 0                   |             |                 |
| G-123    | 4,404          | 381           | 0                   |             |                 |
| G-124    |                |               |                     |             |                 |
| Totales  | 6,089          | 2921          | -3                  |             |                 |

| CADENA 2 |                |               |                     |             |                 |
|----------|----------------|---------------|---------------------|-------------|-----------------|
| Ménsula  | $\Delta h$ (m) | Distancia (m) | Inequidistancia (m) | Tolerancia  | Error de Cierre |
| G-150    | 0,033          | 961           | 2                   | $\pm 15$ mm | -5 mm           |
| G-147    | -1,464         | 532           | -2                  |             |                 |
| G-145    | -0,151         | 579           | -4                  |             |                 |
| G-144    | 0,769          | 389           | -1                  |             |                 |
| G-143    |                |               |                     |             |                 |
| Totales  | -0,813         | 2461          | -5                  |             |                 |

Habiendo los trabajos de campo superado los controles impuestos se procede a la compensación de los mismos, tarea realizada en el siguiente capítulo.

## Capítulo IV

### Metodología del ajuste en la nivelación

#### IV.a-Introducción

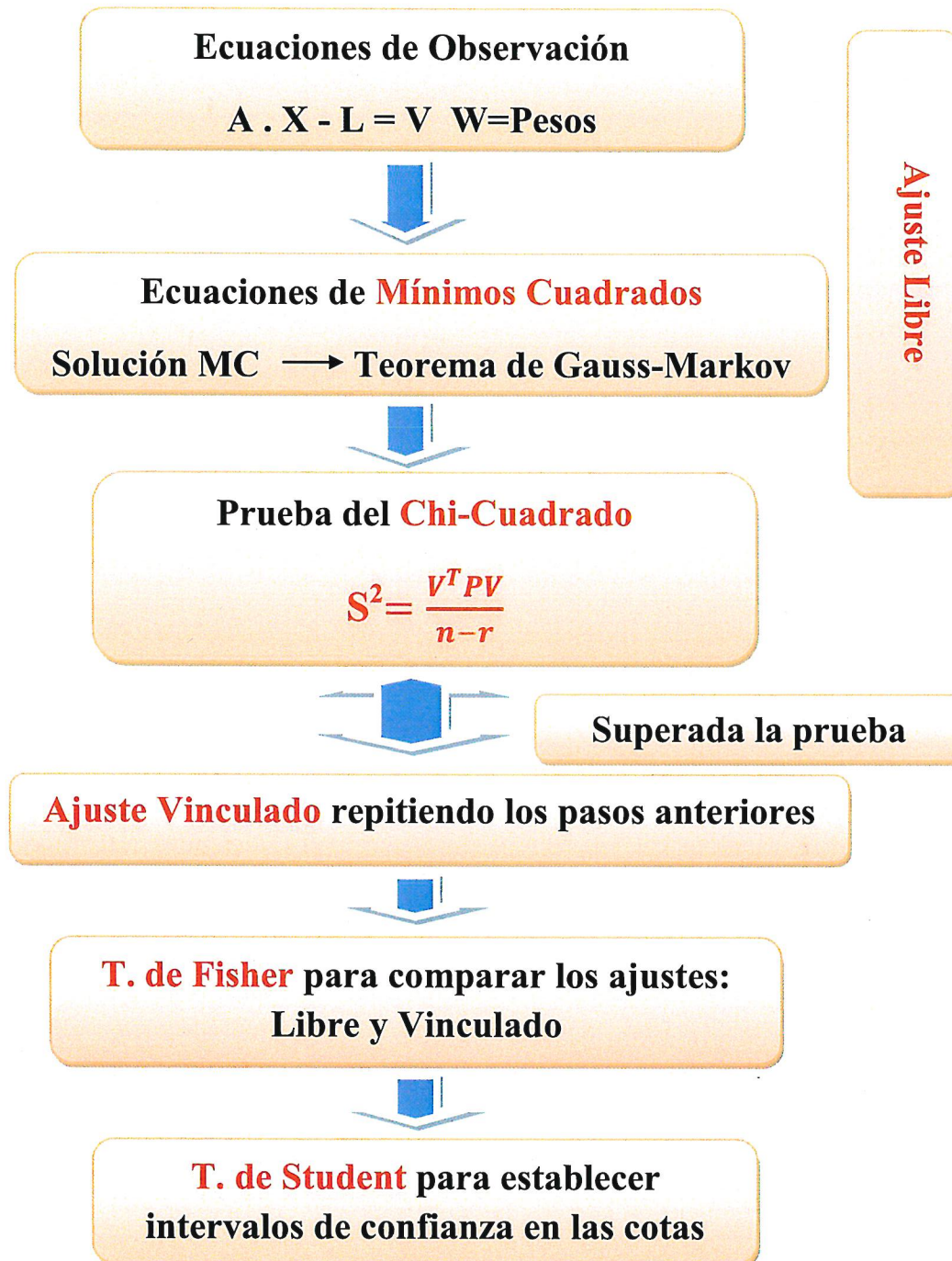
En este capítulo se desarrollarán tanto los esquemas conceptuales empleados para el cálculo, como la descripción y el análisis de los resultados obtenidos del relevamiento. Se describen además, el concepto de Ecuaciones Lineales, la Solución de Mínimos Cuadrados, la Prueba de Chi-Cuadrado, el Test de Fisher y finalmente la comparación de cotas mediante el T de Student.

Recordamos que el objetivo del cálculo de compensación por Mínimos Cuadrados en este trabajo es obtener los estimadores insesgados y consistentes de las cotas y de sus desvíos estándar respectivos.

Estos resultados permitirán evaluar la calidad de nuestro relevamiento y posteriormente realizar comparaciones entre los puntos relevados y los puntos informados con las limitaciones que fueron indicados en el Capítulo II

**IV.b-Pasos en el Ajuste de la Red Altimétrica**

A continuación se describirá sintéticamente en forma de cuadro sinóptico, cada uno de los pasos que fueron realizados en nuestro trabajo, que a posteriori serán descriptos uno por uno en detalle.





#### IV.c-Sistemas de Ecuaciones de Observación

Para ajustar redes topo-geodésicas, se requiere el planteo y solución de sistemas lineales inconsistentes.

Dado el siguiente sistema de ecuaciones lineales de la forma general:

$$A \cdot X = L$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \vdots \\ l_n \end{bmatrix}$$

Donde:

*A es la matriz de los coeficientes o matriz de diseño*

*X la de las incógnitas*

*L la de los términos independientes*

Para estar en presencia de un sistema inconsistente, el mismo debe presentar las siguientes características:

- 1) \_ *El número de ecuaciones debe superar el número de incógnitas.*
- 2) \_ *El vector de términos independientes no pertenece al espacio columna de la matriz de coeficientes.*

En virtud a la característica "1)" estos sistemas son superdeterminados, y por "2)" son inconsistentes debido a los errores *de observación que afectan al vector de términos independientes*, impidiéndoles pertenecer al espacio columna de la matriz de coeficientes.

El sistema lineal se dice entonces que es inconsistente cuando no admite solución exacta. No obstante, es posible hallar una solución sumando al vector L un vector V (vector corrección o vector error) obteniendo:

$$A \cdot X = V + L$$

Quedando así conformada la Ecuación de Observación, donde V es el vector de los desvíos.

También para completar el modelo de Gauss-Markoff agregamos:

- 3) \_ La esperanza de los desvíos es igual a 0.
- 4) \_ La matriz de los pesos "P" de las observaciones.

#### IV.d-Método de Mínimos Cuadrados

Por lo dicho en el punto anterior la inconsistencia lineal, tiene como consecuencia la imposibilidad de hallar una solución por los métodos clásicos (la eliminación Gaussiana, por ejemplo), por lo que la solución surge entonces por la aplicación del principio de los mínimos cuadrados de Gauss, y se llama, la *Solución de Mínimos Cuadrados*.

Para la aplicación de este método es necesario tener observaciones redundantes en relación con el número de incógnitas, lo que nos permitirá obtener los valores más probables de las magnitudes. Este método nos da:

- Valores únicos,
- los valores más probables,
- y nos posibilita indicar su precisión.

Por lo tanto con las ecuaciones de observación:  $A.X = V + L$  obtenemos las ecuaciones Normales:

$$A^T.P.A.X = A^T.P.L$$

$$A^T.P.A = N$$

$$A^T.P.L = K$$

$$N.X = K$$

La *Solución de Mínimos Cuadrados* se encuentra dada por:

$$X = N^{-1} . K$$

$$X = (A^T.P.A)^{-1} . A^T.P.L$$

P se denomina matriz de los pesos.

Esta situación corresponde a observaciones independientes y no correlacionadas, donde todos los elementos fuera de la diagonal son 0.

$$P = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & p_n \end{bmatrix}_n^n$$

La construcción de esta matriz se puede realizar de las siguientes maneras:

- 1) \_ Considerar todas las observaciones de la misma precisión, es decir considerar la matriz de pesos identidad.
- 2) \_ Considerar que el peso de la observación en la nivelación geométrica es inversamente proporcional a la distancia del tramo.

$$p = \frac{1}{D}$$

- 3) \_ Considerar el peso de la observación inversamente proporcional a la varianza (o incertidumbre al cuadrado) de la observación correspondiente, y suponer una varianza de referencia a priori  $S_0^2$  igual a  $1 \cdot \sigma^2$

$$p = \frac{1}{\sigma^2}$$

#### IV.e-Ajuste Libre y Vinculado

El ajuste Libre se realiza para tener un control sobre el acuerdo interno de la red, obteniendo un polígono apoyado en un único punto, donde su posición en el espacio será incierta, pero dándonos la seguridad que los desniveles no tendrán deformaciones debidas a información ajena (condicionantes) a nuestro relevamiento. Mediante la prueba de Chi-Cuadrado, se determinará si dicho acuerdo interno es aceptable.

Una vez hecho el Ajuste Libre y obteniendo un resultado favorable de la prueba de Chi-Cuadrado, se tendrá seguridad de que nuestra red se encuentra libre de errores no tolerables y se procederá entonces a realizar el Ajuste Vinculado de la red. Agregando otro punto de cota conocida, que en nuestro caso tomamos: el Nodal 101 ubicado en Plaza Moreno y el

PN/01, con el fin de poder ajustar toda nuestra red y poder darle cotas definitivas en el mismo marco de referencia (I.G.N) altimétrico a todos los puntos.

#### IV.f-Precisiones de Cotas Ajustadas

Ya con los resultados del ajuste obtenidos se procede a analizar la calidad del mismo. Para ello se analiza la precisión del ajuste por medio de la varianza de referencia que nos indicará el acuerdo de las mediciones con el modelo.

Se realiza el cálculo del vector de los residuos  $V$  de la ecuación de observación y se obtiene luego la varianza de referencia:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T P V}{n-r}$$

Donde  $V$  es el vector de los residuos,  $P$  la matriz de los pesos y  $n-r$  los grados de libertad.

La desviación típica a posteriori comparada con la desviación típica a priori, nos indica la calidad del ajuste.

#### Matriz Varianza – Covarianza:

La matriz covarianza permite obtener a partir de la raíz cuadrada de su diagonal principal, las precisiones de los valores ajustados en las mismas unidades en las que se realizó el ajuste.

$$S_{xx} = S_0^2 Q_{xx} = S_0^2 N^{-1}$$

Siendo  $Q_{xx} = N^{-1} = (A^T P A)^{-1}$  (matriz cofactor)

Los análisis que a continuación se describen se concentran en la estimación de la calidad global del ajuste.

#### Prueba del Chi-Cuadrado

La prueba de Chi-Cuadrado es un ejemplo de test de ajuste estadístico, cuyo objeto es evaluar la bondad del ajuste de un conjunto de datos de una población normal a una determinada distribución normal candidata.

$$\chi^2 = v \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} = \frac{V^T P V}{\sigma_0^2} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i v_i^2}{\sigma_0^2}$$



Donde el  $\chi^2$  se distribuye con  $v$  grados de libertad si  $V$  distribuye con media 0 y varianza  $\sigma_0^2$ .

Se formulan las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula  $H_0: \sigma_0^2 = \hat{\sigma}_0^2$

Hipótesis alternativa  $H_1: \sigma_0^2 \neq \hat{\sigma}_0^2$

La varianza muestral  $\hat{\sigma}_0^2$  es un estimador insesgado de la varianza poblacional, entonces la esperanza del estadístico muestral es igual al parámetro poblacional a estimar:

$$E[\hat{\sigma}_0^2] = \sigma_0^2$$

Seleccionamos un nivel de significación  $\alpha$  y el nivel de confianza es  $1-\alpha$ . La  $H_0$  propone que la varianza a priori de peso 1 o varianza poblacional, es estadísticamente igual a la varianza a posteriori de peso 1 o varianza muestral. Esto significa que ambas varianzas no difieren significativamente al nivel de riesgo  $\alpha$ . Si se acepta  $H_0$ , (en realidad no se rechaza) al nivel  $\alpha$ , el ajuste se dice correcto.

Se acepta la hipótesis nula si:

$$\chi^2 v, \frac{\alpha}{2} < \chi^2 < \chi^2 v, 1 - \frac{\alpha}{2}$$

De la primera ecuación surge que:

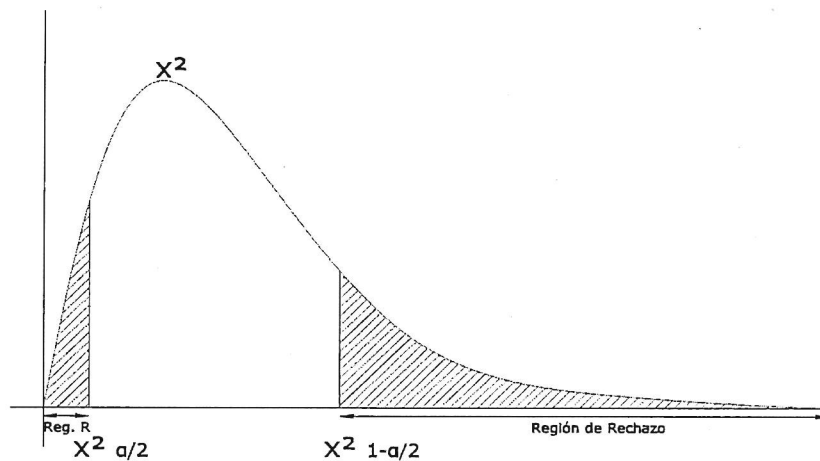
$$\chi^2 v, \frac{\alpha}{2} < v \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2} < \chi^2 v, 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{1}{\chi^2 v, \frac{\alpha}{2}} > \frac{1}{v \frac{\hat{\sigma}_0^2}{\sigma_0^2}} > \frac{1}{\chi^2 v, 1 - \frac{\alpha}{2}}$$

$$\frac{v \hat{\sigma}_0^2}{\chi^2 v, 1 - \frac{\alpha}{2}} < \sigma_0^2 < \frac{v \hat{\sigma}_0^2}{\chi^2 v, \frac{\alpha}{2}}$$

Siendo esta ultima la que define el intervalo de confianza para la varianza de población  $\sigma_0^2$  al nivel de significación  $\alpha$ . Esto significa que la varianza poblacional se encuentra dentro

de los límites indicados a un nivel de confianza  $1-\alpha$  y se tiene una probabilidad  $\alpha$  de equivocarse al hacer tal afirmación.



También puede decirse que la varianza muestral o a posteriori no difiere significativamente de la varianza poblacional o a priori. Si la hipótesis no se satisface, entonces la diferencia entre las varianzas es significativa al nivel de  $\alpha$  y deberá rechazarse la hipótesis, siendo que el ajuste de mínimos cuadrados de la red no es correcto.

Dicho resultado muestra que algo anda mal en el ajuste, por lo que una de las principales causas del rechazo de la hipótesis  $H_0$  es debido a la presencia de uno o más errores no tolerables en la observación. Un Modelo matemático inadecuado o la modelación estocástica incorrecta de los errores de observación, son causas del rechazo de la hipótesis nula.

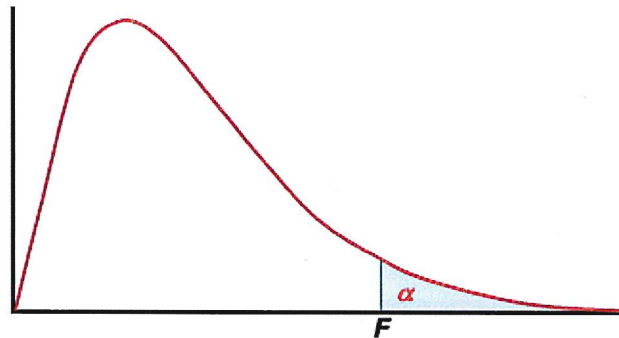
### Test de Fisher:

El Test de distribución de Fisher es utilizado para comparar las discrepancias entre dos juegos de muestras provenientes de poblaciones normales. Es un cociente de dos distribuciones Chi-Cuadrado independientes, dividido por sus correspondientes grados de libertad. Se encuentra dado por la ecuación:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Por ser una relación entre un cociente entre distribuciones Chi-Cuadrado, heredan muchas de sus propiedades, como la hipótesis de nulidad, en donde si las varianzas son muy parecidas el coeficiente será cercano a 1, en cambio si son muy diferentes, el resultado se

encontrará alejado de la unidad y por lo tanto no se cumple la hipótesis anteriormente mencionada y se rechaza, que es aquella representada del lado derecho de la curva.



### T de Student: Intervalo de Confianza de la Media Muestral

Suponiendo que las observaciones son de distribución normal, la función de este test es evaluar si las medias de dos grupos son estadísticamente diferentes entre sí para un dado nivel de confianza.

Si se tienen dos poblaciones con medidas  $\mu_1$  y  $\mu_2$  y varianzas  $\sigma_1^2$  y  $\sigma_2^2$ , respectivamente, un estimador puntual de la diferencia entre  $\mu_1$  y  $\mu_2$  está dado por la estadística  $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ , por lo tanto, para obtener una estimación puntual de  $\mu_1 - \mu_2$ , se seleccionarán dos muestras aleatorias independientes, una de cada población, de tamaño  $n_1$  y  $n_2$ , y se calculará la diferencia  $x_1 - x_2$ , de las medidas muestrales. Claramente se deberá considerar las distribuciones muestrales de  $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ .

Se esperará que la distribución muestral de  $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$  este distribuida de forma de T de Student con medida  $\mu_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \mu_1 - \mu_2$  y desviación estándar

$\sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}$ , por lo tanto se podrá asegurar con una posibilidad  $1-\alpha$  que

la variable normal estándar.

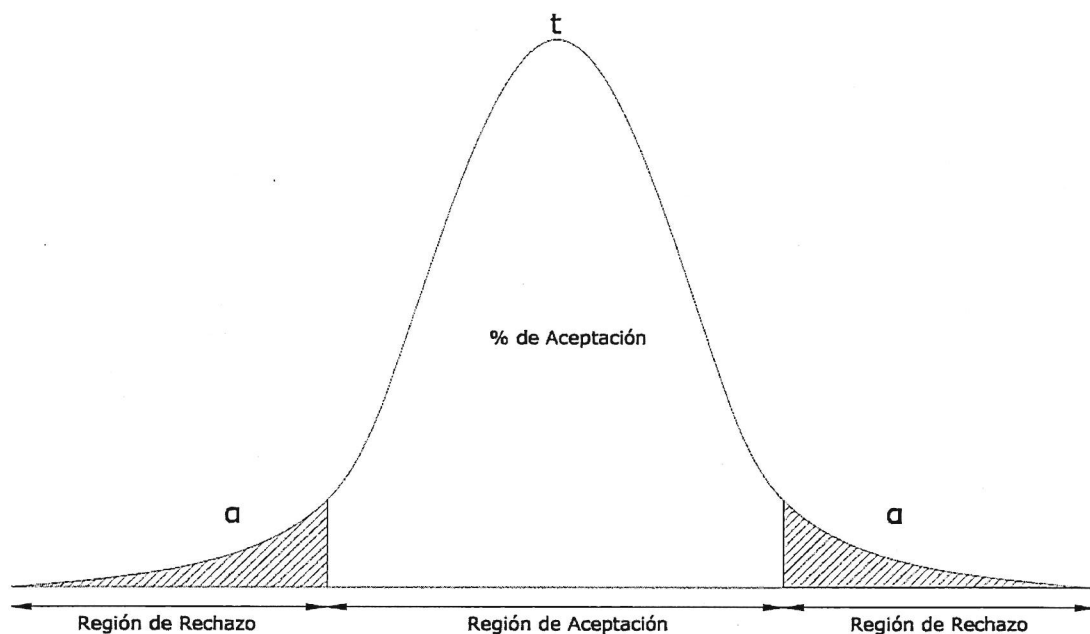
$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}}$$

Caerá entre  $-t_{\alpha/2}$  y  $t_{\alpha/2}$ .

Una vez establecido el valor de  $t$  hay que probar si el grado de importancia del resultado de la relación es lo suficientemente grande como para decir que la diferencia entre los dos grupos no es probable que haya sido pura casualidad. Por lo tanto, para comprobarlo se utilizan los límites de tolerancia, denominado: nivel alfa.

Hay que considerar que la eficiencia del test aumenta a medida que aumentan los grados de libertad.

Una vez establecidos el nivel alfa y los grados de libertad, el resultado del *T de Student* se observa en una tabla estándar de significación, para establecer si el valor es lo suficientemente grande como para ser significativo, siendo así, se concluye que la media entre los dos grupos es diferente.



Los factores que determinan el ancho de la región de aceptación (intervalos de confianza) son los siguientes:

- El tamaño de la Muestra.
- La varianza de las poblaciones, usualmente  $\sigma$  es estimador por  $S$ .
- El nivel deseado de confianza.



El tamaño de la muestra debe ser mayor de 30 y la variable debe seguir un modelo normal y el nivel de confianza  $(1-\alpha)$  % lo fijamos nosotros (se suele trabajar con 95% y a veces con 99% o el 90%; es decir, con probabilidad 0,05; 0,01 o 0,1).

## Capítulo V

### RESULTADOS OBTENIDOS

Para la realización del trabajo vale aclarar que todos los cálculos que a continuación se enuncian fueron llevados a cabo con la ayuda del Software MATLAB.

#### Ajuste Libre:

Como mencionamos en el capítulo anterior, lo primero a realizar es el Ajuste libre de la red para asegurarnos el acuerdo interno de la misma.

Para ello como primera medida debemos plantear las ecuaciones de observación, despejando el vector V, obteniendo:

Ecuaciones de Observación:

Para su desarrollo se utilizaron los datos resumidos en las planillas de las páginas 33 y 34 Capítulo III, y a fin de no confundirnos con las designaciones de las ménsulas de Geodesia, utilizamos otra nomenclatura para hacerlo más sencillo.

Las Ecuaciones son las siguientes:

- 1)  $C1 - Nod\ 101(16,7790) - (-1,045) = V1$
- 2)  $C2 - C1 - (-1,2) = V2$
- 3)  $C3 - C2 - (5,551) = V3$
- 4)  $C4 - C3 - (1,882) = V4$
- 5)  $C5 - C4 - (-1,314) = V5$
- 6)  $C6 - C5 - (0,780) = V6$
- 7)  $C7 - C6 - (0,994) = V7$
- 8)  $C8 - C7 - (-1,346) = V8$
- 9)  $C9 - C8 - (-0,865) = V9$
- 10)  $C10 - C9 - (-1,886) = V10$
- 11)  $PN/01 - C10 - (2,166) = V11$
- 12)  $C10 - PN/01 - (-2,170) = V12$
- 13)  $C12 - C10 - (-4,051) = V13$
- 14)  $C13 - C12 - (4,182) = V14$

- 15)  $C14 - C13 - (0,590) = V15$
- 16)  $C15 - C14 - (0,244) = V16$
- 17)  $C16 - C15 - (-0,644) = V17$
- 18)  $C17 - C16 - (0,397) = V18$
- 19)  $C18 - C17 - (0,598) = V19$
- 20)  $C19 - C18 - (5,849) = V20$
- 21)  $C20 - C19 - (-0,058) = V21$
- 22)  $C21 - C20 - (6,671) = V22$
- 23)  $C22 - C21 - (0,330) = V23$
- 24)  $Nod(101) - C22 - (5,009) = V24$
- 25)  $C23 - C2 - (6,723) = V25$
- 26)  $C24 - C23 - (-2,303) = V26$
- 27)  $C25 - C24 - (1,319) = V27$
- 28)  $C26 - C25 - (-4,052) = V28$
- 29)  $C18 - C26 - (4,404) = V29$
- 30)  $C27 - C15 - (0,033) = V30$
- 31)  $C28 - C27 - (-1,464) = V31$
- 32)  $C29 - C28 - (-0,151) = V32$
- 33)  $C5 - C29 - (0,769) = V33$

Se formaron un total de 33 ecuaciones con 29 incógnitas.

A partir del planteo de las ecuaciones de Observación, se lleva a cabo la confección de la matriz A (matriz de diseño), de 33 filas y 29 columnas.

Hay que recordar que esta matriz representa las derivadas parciales del modelo, en este caso lineal.

[illegible]





El vector de desniveles  $L$  se forma con los valores medidos de la matriz  $A$ , quedando planteado de la siguiente forma:

$$L = \begin{pmatrix} 15,749 \\ -1,200 \\ 5,551 \\ 1,882 \\ -1,314 \\ 0,780 \\ 0,994 \\ -1,346 \\ -0,865 \\ -1,886 \\ 2,166 \\ -2,170 \\ -1,881 \\ 4,182 \\ 0,590 \\ 0,244 \\ -0,644 \\ 0,397 \\ -0,598 \\ -5,849 \\ -0,058 \\ 6,741 \\ 0,330 \\ -21,803 \\ 6,723 \\ -2,305 \\ 1,319 \\ -4,052 \\ 4,404 \\ 0,033 \\ -1,464 \\ -0,151 \end{pmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 16 \\ 17 \\ 18 \\ 19 \\ 20 \\ 21 \\ 22 \\ 23 \\ 24 \\ 25 \\ 26 \\ 27 \\ 28 \\ 29 \\ 30 \end{matrix}$$

Luego se confecciono la matriz de los Pesos  $P$ , con el objetivo de poder ponderar las observaciones.

Hay dos maneras de ponderar:

1) \_Ponderar por cofactores, 2) \_Ponderar por varianzas.

Esta última es la utilizada para formar la matriz.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 | 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 | 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 | 376 | 377 | 378 | 379 | 380 | 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 | 397 | 398 | 399 | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 | 439 | 440 | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 | 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 | 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 | 501 | 502 | 503 | 504 | 505 | 506 | 507 | 508 | 509 | 510 | 511 | 512 | 513 | 514 | 515 | 516 | 517 | 518 | 519 | 520 | 521 | 522 | 523 | 524 | 525 | 526 | 527 | 528 | 529 | 530 | 531 | 532 | 533 | 534 | 535 | 536 | 537 | 538 | 539 | 540 | 541 | 542 | 543 | 544 | 545 | 546 | 547 | 548 | 549 | 550 | 551 | 552 | 553 | 554 | 555 | 556 | 557 | 558 | 559 | 560 | 561 | 562 | 563 | 564 | 565 | 566 | 567 | 568 | 569 | 570 | 571 | 572 | 573 | 574 | 575 | 576 | 577 | 578 | 579 | 580 | 581 | 582 | 583 | 584 | 585 | 586 | 587 | 588 | 589 | 590 | 591 | 592 | 593 | 594 | 595 | 596 | 597 | 598 | 599 | 600 | 601 | 602 | 603 | 604 | 605 | 606 | 607 | 608 | 609 | 610 | 611 | 612 | 613 | 614 | 615 | 616 | 617 | 618 | 619 | 620 | 621 | 622 | 623 | 624 | 625 | 626 | 627 | 628 | 629 | 630 | 631 | 632 | 633 | 634 | 635 | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 641 | 642 | 643 | 644 | 645 | 646 | 647 | 648 | 649 | 650 | 651 | 652 | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 | 666 | 667 | 668 | 669 | 670 | 671 | 672 | 673 | 674 | 675 | 676 | 677 | 678 | 679 | 680 | 681 | 682 | 683 | 684 | 685 | 686 | 687 | 688 | 689 | 690 | 691 | 692 | 693 | 694 | 695 | 696 | 697 | 698 | 699 | 700 | 701 | 702 | 703 | 704 | 705 | 706 | 707 | 708 | 709 | 710 | 711 | 712 | 713 | 714 | 715 | 716 | 717 | 718 | 719 | 720 | 721 | 722 | 723 | 724 | 725 | 726 | 727 | 728 | 729 | 730 | 731 | 732 | 733 | 734 | 735 | 736 | 737 | 738 | 739 | 740 | 741 | 742 | 743 | 744 | 745 | 746 | 747 | 748 | 749 | 750 | 751 | 752 | 753 | 754 | 755 | 756 | 757 | 758 | 759 | 760 | 761 | 762 | 763 | 764 | 765 | 766 | 767 | 768 | 769 | 770 | 771 | 772 | 773 | 774 | 775 | 776 | 777 | 778 | 779 | 780 | 781 | 782 | 783 | 784 | 785 | 786 | 787 | 788 | 789 | 790 | 791 | 792 | 793 | 794 | 795 | 796 | 797 | 798 | 799 | 800 | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 807 | 808 | 809 | 810 | 811 | 812 | 813 | 814 | 815 | 816 | 817 | 818 | 819 | 820 | 821 | 822 | 823 | 824 | 825 | 826 | 827 | 828 | 829 | 830 | 831 | 832 | 833 | 834 | 835 | 836 | 837 | 838 | 839 | 840 | 841 | 842 | 843 | 844 | 845 | 846 | 847 | 848 | 849 | 850 | 851 | 852 | 853 | 854 | 855 | 856 | 857 | 858 | 859 | 860 | 861 | 862 | 863 | 864 | 865 | 866 | 867 | 868 | 869 | 870 | 871 | 872 | 873 | 874 | 875 | 876 | 877 | 878 | 879 | 880 | 881 | 882 | 883 | 884 | 885 | 886 | 887 | 888 | 889 | 890 | 891 | 892 | 893 | 894 | 895 | 896 | 897 | 898 | 899 | 900 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 | 907 | 908 | 909 | 910 | 911 | 912 | 913 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 | 920 | 921 | 922 | 923 | 924 | 925 | 926 | 927 | 928 | 929 | 930 | 931 | 932 | 933 | 934 | 935 | 936 | 937 | 938 | 939 | 940 | 941 | 942 | 943 | 944 | 945 | 946 | 947 | 948 | 949 | 950 | 951 | 952 | 953 | 954 | 955 | 956 | 957 | 958 | 959 | 960 | 961 | 962 | 963 | 964 | 965 | 966 | 967 | 968 | 969 | 970 | 971 | 972 | 973 | 974 | 975 | 976 | 977 | 978 | 979 | 980 | 981 | 982 | 983 | 984 | 985 | 986 | 987 | 988 | 989 | 990 | 991 | 992 | 993 | 994 | 995 | 996 | 997 | 998 | 999 | 1000 | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1016 | 1017 | 1018 | 1019 | 1020 | 1021 | 1022 | 1023 | 1024 | 1025 | 1026 | 1027 | 1028 | 1029 | 1030 | 1031 | 1032 | 1033 | 1034 | 1035 | 1036 | 1037 | 1038 | 1039 | 1040 | 1041 | 1042 | 1043 | 1044 | 1045 | 1046 | 1047 | 1048 | 1049 | 1050 | 1051 | 1052 | 1053 | 1054 | 1055 | 1056 | 1057 | 1058 | 1059 | 1060 | 1061 | 1062 | 1063 | 1064 | 1065 | 1066 | 1067 | 1068 | 1069 | 1070 | 1071 | 1072 | 1073 | 1074 | 1075 | 1076 | 1077 | 1078 | 1079 | 1080 | 1081 | 1082 | 1083 | 1084 | 1085 | 1086 | 1087 | 1088 | 1089 | 1090 | 1091 | 1092 | 1093 | 1094 | 1095 | 1096 | 1097 | 1098 | 1099 | 1100 | 1101 | 1102 | 1103 | 1104 | 1105 | 1106 | 1107 | 1108 | 1109 | 1110 | 1111 | 1112 | 1113 | 1114 | 1115 | 1116 | 1117 | 1118 | 1119 | 1120 | 1121 | 1122 | 1123 | 1124 | 1125 | 1126 | 1127 | 1128 | 1129 | 1130 | 1131 | 1132 | 1133 | 1134 | 1135 | 1136 | 1137 | 1138 | 1139 | 1140 | 1141 | 1142 | 1143 | 1144 | 1145 | 1146 | 1147 | 1148 | 1149 | 1150 | 1151 | 1152 | 1153 | 1154 | 1155 | 1156 | 1157 | 1158 | 1159 | 1160 | 1161 | 1162 | 1163 | 1164 | 1165 | 1166 | 1167 | 1168 | 1169 | 1170 | 1171 | 1172 | 1173 | 1174 | 1175 | 1176 | 1177 | 1178 | 1179 | 1180 | 1181 | 1182 | 1183 | 1184 | 1185 | 1186 | 1187 | 1188 | 1189 | 1190 | 1191 | 1192 | 1193 | 1194 | 1195 | 1196 | 1197 | 1198 | 1199 | 1200 | 1201 | 1202 | 1203 | 1204 | 1205 | 1206 | 1207 | 1208 | 1209 | 1210 | 1211 | 1212 | 1213 | 1214 | 1215 | 1216 | 1217 | 1218 | 1219 | 1220 | 1221 | 1222 | 1223 | 1224 | 1225 | 1226 | 1227 | 1228 | 1229 | 1230 | 1231 | 1232 | 1233 | 1234 | 1235 | 1236 | 1237 | 1238 | 1239 | 1240 | 1241 | 1242 | 1243 | 1244 | 1245 | 1246 | 1247 | 1248 | 1249 | 1250 | 1251 | 1252 | 1253 | 1254 | 1255 | 1256 | 1257 | 1258 | 1259 | 1260 | 1261 | 1262 | 1263 | 1264 | 1265 | 1266 | 1267 | 1268 | 1269 | 1270 | 1271 | 1272 | 1273 | 1274 | 1275 | 1276 | 1277 | 1278 | 1279 | 1280 | 1281 | 1282 | 1283 | 1284 | 1285 | 1286 | 1287 | 1288 | 1289 | 1290 | 1291 | 1292 | 1293 | 1294 | 1295 | 1296 | 1297 | 1298 | 1299 | 1300 | 1301 | 1302 | 1303 | 1304 | 1305 | 1306 | 1307 | 1308 | 1309 | 1310 | 1311 | 1312 | 1313 | 1314 | 1315 | 1316 | 1317 | 1318 | 1319 | 1320 | 1321 | 1322 | 1323 | 1324 | 1325 | 1326 | 1327 | 1328 | 1329 | 1330 | 1331 | 1332 | 1333 | 1334 | 1335 | 1336 | 1337 | 1338 | 1339 | 1340 | 1341 | 1342 | 1343 | 1344 | 1345 | 1346 | 1347 | 1348 | 1349 | 1350 | 1351 | 1352 | 1353 | 1354 | 1355 | 1356 | 1357 | 1358 | 1359 | 1360 | 1361 | 1362 | 1363 | 1364 | 1365 | 1366 | 1367 | 1368 | 1369 | 1370 | 1371 | 1372 | 1373 | 1374 | 1375 | 1376 | 1377 | 1378 | 1379 | 1380 | 1381 | 1382 | 1383 | 1384 | 1385 | 1386 | 1387 | 1388 | 1389 | 1390 | 1391 | 1392 | 1393 | 1394 | 1395 | 1396 | 1397 | 1398 | 1399 | 1400 | 1401 | 1402 | 1403 | 1404 | 1405 | 1406 | 1407 | 1408 | 1409 | 1410 | 1411 | 1412 | 1413 | 1414 | 1415 | 1416 | 1417 | 1418 | 1419 | 1420 | 1421 | 1422 | 1423 | 1424 | 1425 | 1426 | 1427 | 1428 | 1429 | 1430 | 1431 | 1432 | 1433 | 1434 | 1435 | 1436 | 1437 | 1438 | 1439 | 1440 | 1441 | 1442 | 1443 | 1444 | 1445 | 1446 | 1447 | 1448 | 1449 | 1450 | 1451 | 1452 | 1453 | 1454 | 1455 | 1456 | 1457 | 1458 | 1459 | 1460 | 1461 | 1462 | 1463 | 1464 | 1465 | 1466 | 1467 | 1468 | 1469 | 1470 | 1471 | 1472 | 1473 | 1474 | 1475 | 1476 | 1477 | 1478 | 1479 | 1480 | 1481 | 1482 | 1483 | 1484 | 1485 | 1486 | 1487 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|

Con todo lo anteriormente calculado, se procede a realizar el cálculo de X dando los resultados definitivos del Ajuste Libre

$$X = \begin{pmatrix} 15,7490 \\ 14,5500 \\ 20,1010 \\ 21,9830 \\ 20,6690 \\ 21,4490 \\ 22,4440 \\ 21,0980 \\ 20,2330 \\ 18,3470 \\ 20,5150 \\ 16,4660 \\ 20,6480 \\ 21,2380 \\ 21,4830 \\ 20,8390 \\ 21,2360 \\ 20,0000 \\ 14,7890 \\ 14,7310 \\ 21,4730 \\ 21,8030 \\ 21,2720 \\ 18,9670 \\ 20,2860 \\ 16,2340 \\ 21,5150 \\ 20,0510 \\ 19,9000 \end{pmatrix}$$



Una vez obtenido X se puede proceder a resolver las ecuaciones de observación y así obtener V, dando los siguientes resultados.

$$V = \begin{pmatrix} 0.00017274 & 1 \\ 0.00024184 & 2 \\ 0.00024215 & 3 \\ 0.00019372 & 4 \\ 0.00024215 & 5 \\ 0.00015791 & 6 \\ 0.00018949 & 7 \\ 0.00022108 & 8 \\ 0.00012633 & 9 \\ 0.00015791 & 10 \\ 0.00200000 & 1 \\ 0.00200001 & 2 \\ 0.00015791 & 3 \\ 0.00025266 & 4 \\ 0,31582000 & 5 \\ 0.00012633 & 10 \\ 0,96861000 & 17 \\ 0.00014529 & 18 \\ 0.00024215 & 19 \\ 0.00017274 & 20 \\ 0.00013819 & 1 \\ 0.00020729 & 2 \\ 0.00010364 & 3 \\ 0.00038003 & 4 \\ -0.00012494 & 5 \\ -0,69412000 & 6 \\ -0,83294000 & 7 \\ -0,83294000 & 8 \\ -0,55529000 & 9 \\ -0.00016848 & 10 \\ -0,08424000 & 1 \\ -0.00010109 & 2 \\ -0,67392000 & 3 \end{pmatrix}$$

Una vez obtenido los  $V$  (vector de los residuos) de la solución de las ecuaciones de observación, podemos calcular la Varianza de las Observaciones  $S^2$  de la siguiente manera:

$$S^2 = \frac{V^T Q V}{n - r}$$

Donde  $n$  es el número de ecuaciones y  $r$ , el de incógnitas obteniendo de su diferencia los grados de libertad, que en nuestro caso, en el ajuste libre serían 4.

$$S^2 = 0,4897$$

Con el resultado de la varianza de referencia, se realiza la prueba de Chi Cuadrado  $X^2$ , con el fin de poner a prueba nuestras observaciones:

$$X^2 = \frac{S^2}{\sigma^2}$$

Donde  $S^2$  es la varianza de la población y  $\sigma^2$  es la varianza de referencia.

Una vez obtenido el resultado, se establece si dicho valor se encuentra dentro del intervalo del 95%, que se establece en la tabla de  $X^2$  buscando para valores de 0,975% y 0,025% y 4 grados de libertad.

El resultado de la Prueba de Chi Cuadrado es:

$$X^2 = S^2 \cdot (n - r)$$

$$X^2 = 0,4897 \cdot 4 = 1,96$$

$$0,48 < X^2 < 11,14$$

Se supera la prueba y se tiene seguridad de que las observaciones realizadas se encuentran libres de errores no tolerables.

Se puede proceder entonces a la realización del ajuste vinculado al punto fijo PN/01.

**Ajuste Vinculado:**

Dicho ajuste tiene como fin darle cotas definitivas a los puntos referidos al marco de referencia IGN.

A fin de poder concretar el ajuste se procede a agregar en las ecuaciones de observación, el punto de control, en este caso el PN/01, con lo que, se elimina una incógnita y obteniéndose un grado más de libertad.

Para ello se reemplaza en las ecuaciones 10 y 11 la incógnita del punto de control PN/01 por el valor de su cota, quedando conformadas de la siguiente manera:

$$1) \text{ PN/01 (20,5193) - } C_{10} - (2,166) = V_{11}$$

$$2) C_{10} - \text{PN/01 (20,5193) - } (-2,170) = V_{12}$$

Con las ecuaciones de observación planteadas, se procede al igual que en el Ajuste libre a la solución de las ecuaciones, planteando de la misma manera las matrices.

Dando como resultado de X, las cotas compensadas, ajustadas y definitivas de la red.

$$X = \begin{pmatrix} 15,7497 \\ 14,5506 \\ 20,1022 \\ 21,9847 \\ 20,6713 \\ 21,4518 \\ 22,4464 \\ 21,1011 \\ 20,2364 \\ 18,3509 \\ 16,4697 \\ 20,6513 \\ 21,2412 \\ 21,4850 \\ 20,8409 \\ 21,2379 \\ 20,6397 \\ 14,7906 \\ 14,7325 \\ 21,4734 \\ 21,8033 \\ 21,2737 \\ 18,9687 \\ 20,2877 \\ 16,2357 \\ 21,5177 \\ 20,0536 \\ 19,9024 \end{pmatrix}$$

Como en el ajuste Libre, se debe someter a la realización de la Prueba de Chi Cuadrado  $X^2$  donde en este caso los grados de libertad son 5:

$$X^2 = 0,53197 \times 5 = 2,6599$$

$$0,83 < X^2 < 12,83$$

Con este resultado se demuestra que la prueba ha sido superada satisfactoriamente.

Con la seguridad de que todo el cálculo se presenta con normalidad, sometemos a las observaciones al Test de Fisher con el objetivo de analizar si las discrepancias existentes entre los ajustes (Libre y Condicionado) se encuentran dentro de los límites establecidos.



$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

Donde  $S_1$  sería la variancia de las observaciones calculadas en el Ajuste Vinculado,  $S_2$  el del Ajuste libre y  $R_1$  y  $R_2$ , los grados de libertad correspondiente a cada ajuste respectivamente, dando como resultado:

$$F = \frac{0,53197}{0,4897} \frac{5}{4} = 1,3570$$

Con este resultado, se ingresa a la tabla de Test de Fisher con el fin de encontrar el valor crítico para un intervalo 99% de confianza, por lo que ingresamos en la tabla de 0,01% para 5 y 4 grados de libertad respectivamente.

$$F_{0,01;5;4} = 15,5 > 1,3570$$

Se define que las discrepancias entre las observaciones se encuentran dentro del límite calculado, para un nivel de confianza del 99%.

El siguiente paso es el Cálculo del Test de Student, para lo cual, se debe calcular la matriz de Varianza- Covarianza (VCV) ya que permite obtener en forma directa, a partir de la raíz cuadrada de su diagonal principal, las precisiones de las cotas ajustadas (varianzas) en las mismas unidades en las que se realizó el ajuste.

$$S_{xx} = S_0^2 \cdot Q_{xx} = S_0^2 \cdot N^{-1}$$

$$\text{Siendo } Q_{xx} = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \text{ (matríz cofactor)}$$

Por cuestiones de espacio de la matriz de VCV de 29 x 29 se extraen los resultados de su diagonal principal:

Diag. Principal de la Matriz

VCV

(0,0000046  
0,0000040  
0,0000054  
0,0000053  
0,0000020  
0,0000036  
0,0000064  
0,0000065  
0,0000058  
0,0000051  
0,0000051  
0,0000047  
0,0000050  
0,0000058  
0,0000064  
0,0000063  
0,0000046  
0,0000049  
0,0000045  
0,0000045  
0,0000055  
0,0000053  
0,0000042  
0,0000030  
0,0000011  
0,0000029  
0,0000049  
0,0000059)

Ahora si se puede realizar el Test de Student con el fin de comparar las diferencias entre las cotas de la Dirección de Geodesia y las obtenidas en este trabajo, para determinar si dichos valores se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95%, aplicando la siguiente fórmula:

$$T = \frac{Cn - Cg}{\sqrt{2} Sn}$$

Donde Cn, es la cota obtenida, Cg, la cota proporcionada por la Dirección de Geodesia y Sn la raíz cuadrada de las varianzas de la diagonal principal de la matriz de VCV. El resultado de este test se encuentra en la tabla de la página siguiente.

| Nomenclatura | Cota Compensada | Geodesia | Diferencias | Varianzas | $\sigma$ | T.Student | T Calculado |
|--------------|-----------------|----------|-------------|-----------|----------|-----------|-------------|
| G-090        | 21,8033         | 21,811   | -0,0077     | 0,0000040 | 0,002    | 2,57      | -2,72       |
| G-092        | 21,4734         | SIN DATO | SIN DATO    | 0,0000046 | 0,002    | 2,57      | SIN VALOR   |
| G-096        | 14,7906         | 14,8079  | -0,0173     | 0,0000054 | 0,002    | 2,57      | -5,26       |
| G-097        | 14,7325         | 14,7333  | -0,0008     | 0,0000053 | 0,002    | 2,57      | -0,25       |
| G-102        | 15,7497         | SIN DATO | SIN DATO    | 0,0000020 | 0,001    | 2,57      | SIN VALOR   |
| G-114        | 14,5506         | 14,545   | 0,0056      | 0,0000036 | 0,002    | 2,57      | 2,09        |
| G-119        | 18,9687         | 18,9585  | 0,0102      | 0,0000064 | 0,003    | 2,57      | 2,85        |
| G-121        | 20,2877         | SIN DATO | SIN DATO    | 0,0000065 | 0,003    | 2,57      | SIN VALOR   |
| G-123        | 16,2357         | 16,2402  | -0,0045     | 0,0000058 | 0,002    | 2,57      | -1,32       |
| G-127        | 21,2379         | 21,2616  | -0,0237     | 0,0000051 | 0,002    | 2,57      | -7,42       |
| G-132        | 21,9847         | 21,0218  | 0,9629      | 0,0000051 | 0,002    | 2,57      | 301,50      |
| G-133        | 20,1022         | 20,093   | 0,0092      | 0,0000047 | 0,002    | 2,57      | 3,00        |
| G-143        | 20,6713         | 20,6536  | 0,0177      | 0,0000050 | 0,002    | 2,57      | 5,60        |
| G-144        | 19,9024         | 19,8988  | 0,0036      | 0,0000058 | 0,002    | 2,57      | 1,06        |
| G-145        | 20,0536         | 20,0454  | 0,0082      | 0,0000064 | 0,003    | 2,57      | 2,29        |
| G-147        | 21,5177         | SIN DATO | SIN DATO    | 0,0000063 | 0,003    | 2,57      | SIN VALOR   |
| G-150        | 21,485          | 21,5154  | -0,0304     | 0,0000046 | 0,002    | 2,57      | -10,02      |
| G-151        | 20,8409         | 20,8688  | -0,0279     | 0,0000049 | 0,002    | 2,57      | -8,91       |
| G-155        | 21,2412         | 21,2363  | 0,0049      | 0,0000045 | 0,002    | 2,57      | 1,63        |
| G-156        | 20,6513         | 20,665   | -0,0137     | 0,0000045 | 0,002    | 2,57      | -4,57       |
| G-162        | 21,4518         | 21,4432  | 0,0086      | 0,0000055 | 0,002    | 2,57      | 2,59        |
| G-171-IGM-71 | 22,4464         | 22,453   | -0,0066     | 0,0000053 | 0,002    | 2,57      | -2,03       |
| G-172        | 21,1011         | 20,9125  | 0,1886      | 0,0000042 | 0,002    | 2,57      | 65,07       |
| G-173        | 20,2364         | 20,2342  | 0,0022      | 0,0000030 | 0,002    | 2,57      | 0,90        |
| G-174        | 18,3509         | 18,3554  | -0,0045     | 0,0000011 | 0,001    | 2,57      | -3,03       |
| G-177        | 16,4697         | 16,4806  | -0,0109     | 0,0000029 | 0,002    | 2,57      | -4,53       |
| IGM-124      | 20,6397         | 20,6519  | -0,0122     | 0,0000049 | 0,002    | 2,57      | -3,90       |
| IGM-4        | 21,2737         | 21,2693  | 0,0044      | 0,0000059 | 0,002    | 2,57      | 1,28        |

Se observa en esta tabla en color verde las cotas dentro del rango, en rojo las cotas fuera del rango y en gris las cotas sin información.

De los resultado obtenidos del 100 % de las ménsulas oficiales, un 53,57 % quedó fuera de los intervalos de confianza, un 14,29 % carece de cota oficial, dando como resultado final solo un 32,14% de ménsulas confiables (estos datos se pueden ver volcados en el plano anexo).



## Capítulo V

### DETERMINACIÓN DE GASTOS Y HONORARIOS

#### Determinación de gastos:

Para ejecutar una nivelación de este tipo, será necesario contar con:

**Ayudantes:** La presencia de los mismos será necesaria para llevar el instrumental, como las miras y sapos, como así también para manipular el instrumental en el momento de la medición. Estos se encargaran de colocar los mojones o los puntos de control de la manera que se requiera.

La tarea puede realizarse con un solo ayudante, pero para agilizar el trabajo será conveniente que se cuente con al menos dos (1 por mira); de esta manera se estima que el avance en zona urbana es de aproximadamente 1 Km por hora.

Para el ejecutor de esta tarea, el pago por la labor de un día de trabajo de 8 horas es de \$ 150,00.

Por lo que para 2 ayudantes serán necesarios 300 \$/día.

#### Costo de equipos o maquinarias a emplear:

**Amortización:** Depreciación efectiva que experimentan los bienes del activo fijo (maquinarias, instalaciones, propiedades, etc.) por razón de su uso, obsolescencia o transcurso del tiempo.

Estimado que la vida útil del instrumental empleado (nivel digital) es de unos 5 años y el valor del mismo es de \$ 11.800, se procede al cálculo de la devaluación del mismo en un día.

$$\text{Para un año: } \frac{11.800}{5} = 2.360 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$\text{Para un día: } \frac{2.360}{200} = 11,8 \frac{\$}{\text{día}}$$

De un total de 365 días del año se toman como laborables 200 días.



**Costo de gastos generales**

Gastos de campaña: son todos relacionados con los relevamientos, viajes de ida y vuelta al lugar tanto del personal como del equipo e instrumental, seguros, comidas, etc.

Se computa comida para 3 personas: 75 \$/día.

Para transporte de personal e instrumental: 20 \$/día.

Seguro por persona para profesional y ayudantes (A.R.P.): 60 \$/mes, para 3 personas: 180 \$/mes. Este valor se computa de forma mensual, ya que es el plazo mínimo de seguro.

**Seguro de instrumental:** Se computa anualmente, siendo su valor 1.500 \$/año., por lo que el costo del mismo por día es de: 4,15 \$/día.

Total de gastos de campaña: **99,15 \$/día. + 180 \$ fijos.**

**Gastos de gabinete:** son todos los relacionados con el trabajo intelectual, confección de informes, memorias de cálculo, planos, impresiones, fotografías y adquisición de bibliografía.

Total de gastos de gabinete: **50 \$/día.**

Gastos totales de campaña y gabinete:

|                    | Por día.  | Gastos Fijos | Total de días | Totales     |
|--------------------|-----------|--------------|---------------|-------------|
| Ayudantes          | \$ 300,00 | -            | 3             | \$ 900,00   |
| Amortización       | \$ 11,80  | -            | 3             | \$ 35,40    |
| Gastos de campaña  | \$ 99,15  | \$ 180,00    | 3             | \$ 477,45   |
| Gastos de gabinete | \$ 50,00  | -            | 4             | \$ 200,00   |
| TOTAL              | \$ 460,95 | \$ 180,00    | -             | \$ 1.612,85 |

**Cálculo de Honorarios Mínimos.**

Aplicación del Decreto 6964/65 (que fija los aranceles para regulación de honorarios a los profesionales de la ingeniería) – Capítulo III – Art. 16, para el cálculo de honorarios por nivelación geométrica.

Según tabla XII, los honorarios correspondientes para una tolerancia de  $1\text{ cm } \sqrt{L\text{ (km)}}$  son:

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8

|        |                         | Hasta 1 KM | Entre 1 Y 5 KM | Más de 5 km |
|--------|-------------------------|------------|----------------|-------------|
| 1 cm   | (L [km]) <sup>1/2</sup> | \$ / km    | 3.000          | 1.500       |
|        | Acumul.                 | 3.000      | 9.000          |             |
| Más de | \$ / km                 | 2.000      | 1.200          | 800         |
| 1 cm   | (L [km]) <sup>1/2</sup> | Acumul.    | 2.000          | 6.800       |

Estos valores están expresados en Pesos Ley, por lo que se procedió a la actualización de los mismos aplicando el factor de corrección 0,0642 citado en el Art. 1 de la Resolución de CAAITBA N° 364 con fecha 9 de febrero de 2010 y adoptado por el CPA según lo informado en la gacetilla 008/10, quedando los valores actualizados como sigue:

|           | Hasta 1 km | Entre 1 y 5 km | Más de 5 km |
|-----------|------------|----------------|-------------|
| \$ / km   | 192,6      | 96,3           | 64,2        |
| Acumulado | 192,6      | 577,8          | -           |

Realizando los cálculos para los 17,251 km nivelados en el presente trabajo, el resultado total quedará determinado de la siguiente manera:

Para los primeros 5 km el valor acumulado es igual a \$ 577,80, luego para los 12,251 km restantes el valor es igual a \$ 786,50, por lo que el valor total de la nivelación es igual a **\$ 1364,30**

Los honorarios por las tareas de gabinete se calculan según el Art. 17° - Título I del Decreto 6964/65.

| Tabla I - Honorario en el terreno y en el gabinete |                  |                   |                            |                       |
|----------------------------------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|
|                                                    | Días de viaje    | Días de gabinete. | Días de trabajo en terreno |                       |
|                                                    |                  |                   | Primeros 10 días por día.  | Días subsig. por día. |
|                                                    | Honorario mínimo | \$ 1.000          | \$ 2.000                   | \$ 3.000              |

Actualizando los valores a la moneda vigente según lo desarrollado anteriormente obtenemos:

| Tabla I - Honorario en el terreno y en el gabinete |               |                   |                            |                       |
|----------------------------------------------------|---------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|
|                                                    | Días de viaje | Días de gabinete. | Días de trabajo en terreno |                       |
|                                                    |               |                   | Primeros 10 días por día.  | Días subsig. por día. |
| Honorario mínimo                                   | \$ 64         | \$ 128            | \$ 193                     | \$ 128                |

Las tareas de gabinete fueron realizadas en 4 días. Realizando el cálculo nos da:

$$4 \text{ días} \times 128 \text{ \$/día.} = \boxed{\$ 512}$$

Los honorarios totales por las tareas realizadas son: **\$ 1876,30**

**Total de gastos y honorarios:**

| Concepto     | Valor              |
|--------------|--------------------|
| Gastos       | \$ 1.612,85        |
| Honorario    | \$ 1.876,30        |
| <b>Total</b> | <b>\$ 3.489,15</b> |

## Capítulo VI

### Conclusiones

Llevar adelante un Trabajo de esta índole, cumplió con el objetivo de establecer un método ordenado y sistemático para la realización de la medición, el ajuste y la compensación de una red altimétrica, con el fin de poder compararla con una existente.

La metodología de ajuste fue satisfactoria. Con la Prueba de Chi-cuadrado se verificó que el Ajuste Libre se encuentra exento de errores no tolerables y se aseguró la fiabilidad interna de la red, permitiéndola someterse al Ajuste Condicionado, utilizando los puntos IGN y el PN/01. Nuevamente se superó la prueba de Chi-cuadrado quedando establecidas las cotas definitivas.

El análisis realizado mediante el Test de Fisher, dio como resultado que la comparación entre los test de Chi-cuadrado de los Ajustes Libre y Condicionado se encuentra dentro de los límites establecidos, asegurando que las discrepancias existentes entre ambos son aceptables.

Con el T de Student, se realizó una comparación entre las cotas oficiales y las calculadas, confirmando los problemas previstos en la introducción del trabajo. Del 100 % de las ménsulas oficiales un 35,71 % quedó fuera de los intervalos de confianza, un 14,29 % carece de cota oficial dando como resultado final solo un 50% de ménsulas confiables.

Se verificó la deficiencia existente en la red altimétrica del casco urbano de la ciudad de La Plata a causa de falta de mantenimiento e inexistencia de documentación respaldatoria sobre cómo la red fue medida, calculada y compensada, por lo que la necesidad de contar con puntos de apoyo altimétricos fiables no se cumple.



## Plano Anexo



## REFERENCIAS DE TABLA Y PLANO

**REFERENCIAS DE TABLA Y PLANO**

**En cian:** puntos de ajuste

**En verde:** cotas dentro del rango determinado mediante el Test de Student.

**En rojo:** cotas fuera del rango determinado mediante el Test de Student.

En reser: Taza del futuro de la red "Nivelación de precisión con nivel digital" A.H. Mosconi y J.M. Coppé

Astorga, Luis I.  
53.648/8

Louge, Santiago A.  
54.361/8





**BIBLIOGRAFÍA**

- Jordan W., 1961. **Tratado General de Topografía, Tomo II**, Ed. Gili, Barcelona, España.
- López-Cuervo, Serafín, 1996. **Topografía, Segunda Edición**. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Müller, Roberto, 1951. *Compendio de Topografía – Tomo III, Volumen 1: Triangulación y nivelación* – Cuarta Edición –Ed. El Ateneo, Buenos Aires.
- Mosconi, Andrés H. y Juan Mario Coppié, 2004. *Trabajo final – Nivelación de precisión con Nivel digital*, FIUNLP, La Plata, Buenos Aires.
- Dirección de Geodesia, 1962. *Nivelación de alta precisión y de precisión: Catálogo de cotas compensadas de puntos fijos de nivelación del I.G.M.*, La Plata, Buenos Aires.
- Chueca Pazos, Manuel, 1996. *Tratado de Topografía 1, Teoría de Errores e Instrumentación*, Ed. Parainfo. Madrid, España.
- D'Alvia, Antonio, 1999. **Cálculo de Compensación**. Ed. CEILP, La Plata, Buenos Aires.
- Wolf, Paul R. & Charles D. Ghilani, 1997. **Adjustment Computations, Statistics and Least Squares in Surveying and GIS.**, Ed. John Wiley & Sons, Inc., Estados Unidos.
- Farjas Abadía, Mercedes, Fecha de consulta Febrero 2010, **Guía 10 - Redes Topográficas**, <http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/guia-de-aprendizaje>
- Marquez, Raúl, Fecha de consulta Febrero 2010, **Apunte Sistemas Lineales Inconsistentes y Ajuste de Redes GPS** – Departamento Ingeniería en Agrimensura – UNSJ – San Juan.
- Decreto Provincial 6964/65
- Resolución de CAAITBA N° 364 con fecha 9 de febrero de 2010.
- Gacetilla CPA 008/10. [www.cpa.org.ar](http://www.cpa.org.ar)

# **Reglamento, Notas y Planilla**



## **Reglamento, Notas y Planilla**

**Reglamento para la ejecución del TRABAJO FINAL (G429) de la Carrera de AGRIMENSURA, correspondiente al Plan de Estudios 2002.**

**Universidad Nacional de La Plata**

**Facultad de Ingeniería**

**Área Departamental Agrimensura**

**Carrera: Ingeniería en Agrimensura**

**Aprobado por Expediente N° 310-013572/08 de fecha 28/ 10/2008.**

### **Capítulo 1. Definiciones**

#### **Artículo 1°. Objetivo del Trabajo Final**

Integrar los conocimientos adquiridos por los alumnos en el transcurso de la Carrera.

Para ello el trabajo tendrá el sentido de síntesis profesional, de investigación y/o desarrollo de una problemática, encuadrada dentro del contenido curricular de las asignaturas que conforman el Plan de Estudios de la Carrera, debiendo el alumno presentar un tema o elegir uno de un listado que proporcionará el Profesor de la materia, desarrollarlo y resolverlo. Este deberá referirse a problemas dentro del ejercicio profesional.

En caso de tratarse de un trabajo original se podrá dar al mismo, tratamiento teórico. Considerando como original un trabajo que no cuente con antecedentes archivados y/o publicados en ámbitos de acceso público.

#### **Artículo 2°. Duración Prevista**

La duración prevista para la ejecución del trabajo, para cada alumno, será la siguiente:

Duración mínima: Trescientas (300) horas cátedra.

Duración máxima: Dos (2) semestres, con posibilidad de renovación por un semestre más.

El Profesor evaluará la conveniencia de extender los plazos previstos en el plan de trabajos, no pudiendo superar dos semestres.

Las excepciones, a solicitud del(los) alumno(s) y avaladas por el Director, serán analizadas oportunamente por la cátedra de Trabajo Final.

Pasados cinco (5) semestres consecutivos sin que se solicite mesa de examen, el (los) alumno(s) deberán presentar un nuevo trabajo con un nuevo tema.

### **Artículo 3°. Condiciones para la inscripción y realización.**

Podrá(n) iniciar el Trabajo Final de la Carrera, él(los) alumno(s) que tenga(n) aprobadas, como mínimo, 30 materias aprobadas.

El trabajo podrá ser grupal, conformado por no más de tres (3) alumnos, siendo responsabilidad del Profesor de la asignatura asegurar el cumplimiento de los objetivos de la misma por parte de los alumnos que lo integren.

### **Artículo 4°. Director del Trabajo**

El Director del Trabajo Final será propuesto por él(los) alumno(s), y será Profesor (o ex Profesor), de alguna de las asignaturas de la Carrera o de otras materias de Carreras afines de la Facultad, quien en caso de aceptar, dará su conformidad por escrito.

También podrá proponerse como Director del Trabajo Final, a un profesional universitario, quien deberá tener una destacada trayectoria profesional en el tema del trabajo. En este caso, el Director propuesto deberá presentar, conjuntamente con su nota de aceptación, sus antecedentes, indicando en forma detallada los ítems relacionados con el tema del trabajo.

Con acuerdo del Director, podrá ser propuesto un Codirector, quien deberá cumplir con los requisitos indicados en este artículo.

En el caso establecido en el párrafo preanterior, dado que se trata de una tarea académica, es altamente recomendable que sea designado como Codirector un docente de la Carrera.

### **Artículo 5°. Plan de Trabajo**

Junto con la propuesta del nombre del Director (y Codirector), y su(s) aceptación(es) de conformidad, el(los) alumno(s) deberá(n) presentar el PLAN DE TRABAJO, detallado y bien fundamentado, que contenga por lo menos:

5. 0. Título.

5. 1. Objetivos generales y particulares.
5. 2. Alcances.
5. 3. Fuente de datos iniciales.
5. 4. Ámbito de realización.
5. 5. Metodología.
5. 6. Cronograma de ejecución.
5. 7. Estimación de resultados finales y conclusiones a las que se pretende arribar.
5. 8. Especificar, si hubiere lugar a ello, qué etapas serían de ejecución técnica y/o de investigación.
5. 9. Bibliografía estimada de consulta.
- 5.10. Información especializada que se prevé obtener de otras fuentes (especialistas, instituciones, Internet, etc.).
- 5.11. Instrumental y medios disponibles por parte del(los) alumno(s).
- 5.12. Instrumental y medios que solicitará en préstamo, al Área Departamental Agrimensura.
5. 13. En todos los casos se deberá tratar el encuadramiento legal de la tarea a realizar, incluyendo si correspondiere, los aspectos contractuales, la aplicación del arancel profesional y la estimación de los gastos que deberían acordarse con el comitente.

El Plan de Trabajo deberá presentarse avalado por el Director (y Codirector).

## **Capítulo 2. Acciones**

### **Artículo 6°. Entrevistas previas**

Para considerar el posible tema de trabajo y orientarse en la elección del Director (y Codirector, si fuera necesaria su designación), él(los) alumno(s) deberá(n) mantener al menos una entrevista con el Profesor Titular de la materia Trabajo Final, quien dará la orientación pertinente.

## **Artículo 7°. Presentaciones**

7.1. Él(los) alumno(s) presentará(n) en el Área Departamental, su solicitud de iniciación del Trabajo Final, la que deberá contener:

7.1.1. Título del Trabajo.

7.1.2. Cantidad de alumnos que lo ejecutarán.

7.1.3. Datos personales de cada uno (Apellido y nombres, número de alumno).

7.2. Constancia(s) de haber aprobado 30 asignaturas del Plan de Estudios.

7.3. Plan de Trabajo, desarrollado según lo indicado en el Artículo 5°.

7.4. Nota firmada por el Director (y Codirector) propuesto(s), conteniendo:

7.4.1. Aceptación de la Dirección (y Codirección) del Trabajo Final y aval del Plan de Trabajo propuesto.

7.4.2 El Director (y Codirector) efectuará(n) la recomendación sobre las asignaturas que cada alumno deberá tener aprobadas o estar cursando simultáneamente con la ejecución del trabajo.

7.5. Copia del presente reglamento firmada por él(los) alumno(s) y el Director (y Codirector).

## **Artículo 8°. Tramitación General**

8.1. Los plazos indicados en este reglamento se contarán en días corridos.

8.2. Recibida la presentación a que hace referencia el Art. 7°, el Profesor de Trabajo Final elevará, dentro de los catorce (14) días, a la Comisión de Carrera las actuaciones con su análisis correspondiente y una propuesta de los integrantes de la Comisión Examinadora.

8.3. Cuando la Comisión de Carrera apruebe la propuesta sobre el tema del Trabajo Final, designará la Comisión Examinadora del mismo.

8.4. A partir de esta aprobación se cuentan los Plazos de la Duración prevista en el Artículo 2.



8.5. La Comisión Examinadora, estará compuesta por el Profesor a cargo de la cátedra de Trabajo Final y por dos (2) Profesores de asignaturas de la Carrera o de otras Carreras afines de la Facultad, que tengan afinidad con el tema del Trabajo a examinar.

8.6. En caso de que el Profesor a cargo de la cátedra de Trabajo Final sea el Director o Codirector del Trabajo, será reemplazado por un (1) Profesor de asignaturas de la Carrera o de otras Carreras de la Facultad, que tengan afinidad con el tema del Trabajo a examinar.

### **Artículo 9º. Ejecución**

9.1. Derechos y Obligaciones del(los) alumno(s).

9.1.1. El(los) alumno(s) deberá(n) concurrir a todas las reuniones con la cátedra cuando ésta lo solicite. Lo mismo para las reuniones que el Director y/o Codirector establezcan. Las ausencias deberán justificarse.

9.1.2. El(los) alumno(s) deberá(n) presentar los avances del trabajo al titular de la materia cada 30 días en un escrito de no más de 2 hojas, avalados por el Director.

9.1.3. Él(los) alumno(s) podrá(n) solicitar al Profesor de Trabajo Final la destitución del Director (y/o Codirector), cuando incurra(n) en reiterados incumplimientos de sus responsabilidades; situación que deberá(n) poner de manifiesto por escrito con los debidos fundamentos. Esta solicitud será evaluada por la Cátedra de Trabajo Final, conjuntamente con el Director de Carrera.

9.1.4. En el caso que el Director (y/o Codirector) no continúe(n) en la Dirección del Trabajo Final, él(los) alumno(s) deberá(n) presentar él(los) reemplazante(s), quien(es) deberá(n) satisfacer las condiciones establecidas en este Reglamento. Si esto sucediera, el nuevo Director (y/o Codirector) podrá(n) convalidar el Plan de Trabajo propuesto anteriormente o introducirle las modificaciones que considere(n) pertinentes, de común acuerdo con él(los) alumno(s) y con la cátedra de Trabajo Final.

9.1.5. Él(los) alumno(s) podrá(n) solicitar por intermedio de la Cátedra la recusación de uno o más evaluadores, justificando la misma con los debidos fundamentos.

Esta solicitud será evaluada por la Comisión de Carrera.

9.1.6 Él(los) alumno(s) deberá(n) informar de manera fehaciente con la suficiente antelación la realización de las tareas a efectuar fuera de la U.N.L.P.

9.2. Derechos y Obligaciones del Director (y Codirector) del Trabajo:

9.2.1. El Director (y Codirector) del Trabajo, a partir de notificarse de su designación en tal carácter, asume(n) la obligación de atender las consultas del(los) alumno(s), en las oportunidades indicadas en (9.1.1.) y durante los tiempos establecidos en el Artículo 2°.

9.2.2. El Director (y Codirector) podrá(n) renunciar a su tarea cuando él(los) alumno(s) que actúan bajo su dirección incurra(n) en reiterados incumplimientos de sus responsabilidades, informando de su decisión al Profesor de Trabajo Final, situación que deberá(n) poner de manifiesto por escrito con los debidos fundamentos.

9.2.3. El Director (y Codirector) podrá(n) renunciar a su tarea por razones no especificadas en 9.2.2., informando de su decisión por escrito al Profesor de Trabajo Final, fundamentando los motivos de la misma.

9.2.4. La(s) renuncia(s) será(n) evaluada(s) por la Cátedra de Trabajo Final, conjuntamente con el Director de Carrera.

9.2.5. En todos los casos, el Director del Trabajo (y Codirector, si lo hubiere) deberá(n) estar presentes durante la exposición del(los) alumno(s), con voz pero sin voto. Solo se podrá contemplar su ausencia en casos de excepción debidamente justificados.

9.2.6 Cuando el Director no sea un Docente de la Carrera deberá mantener al menos una entrevista con la Cátedra de Trabajo Final al comienzo de sus funciones como Director.

**Artículo 10°. Tramitación Final**

10.1. Cuando el Director (y Codirector) del Trabajo considere(n) que se han cumplido los objetivos propuestos y así lo avale(n) por escrito, él(los) alumno(s) presentará(n) en la Cátedra de Trabajo Final, tres (3) ejemplares completos encuadernados de su Trabajo, un (1) ejemplar encuadernado de los anexos y tres (3) copias en soporte informático.

10.2. Dentro de los siete (7) días de recibido lo indicado en 10.1. el Profesor de Trabajo Final deberá remitir por Secretaría del Área Departamental, un ejemplar del trabajo a cada uno de los integrantes de la Comisión Examinadora.

10.3. Si hubiera observaciones los integrantes de la Comisión Examinadora deberán remitirlas por escrito a la Cátedra de Trabajo Final dentro de los veinte (20) días siguientes.

10.4. Las observaciones indicadas por los integrantes de la Comisión Examinadora deberán discriminarse en observaciones de fondo y observaciones de forma, debiendo ser las primeras aquellas que por su naturaleza impidan el cumplimiento de los objetivos del trabajo.

10.5. Si dentro de los treinta (30) días de la presentación efectuada no recibieran observaciones, él(los) alumno(s) integrante(s) del Trabajo Final, solicitará(n) por escrito al Profesor de Trabajo Final la fecha para la exposición de dicho trabajo, quedando condicionada esta solicitud a la inscripción en la materia Trabajo Final. Para ello agregarán la documentación necesaria que permita la verificación de dicha inscripción, lo que indicará la aprobación de todas las asignaturas de su plan de estudios.

10.6. Si hubiera observaciones, una vez que el Director (y Codirector) del Trabajo considere(n) que se han satisfecho las mismas y así lo avale(n) por escrito, él(los) alumno(s) presentará(n) en la cátedra de Trabajo Final, los ejemplares indicados en 10.1 con la respuesta a las observaciones indicadas.

Dentro de los diez (10) días posteriores a la nueva notificación, los integrantes de la Comisión Examinadora deberán revisar si la respuesta a sus observaciones es suficiente (salvo casos de excepción, no deberán agregar nuevas observaciones que no surjan de las anteriores), y harán llegar por escrito a la Cátedra Trabajo Final ( o al Director de Carrera en caso de que el Profesor de la misma sea el Director o Codirector del Trabajo), la aceptación o no aceptación de la respuesta a las observaciones efectuadas al Trabajo Final.

En el caso que las observaciones solicitadas por los integrantes de la Comisión Examinadora no sean compartidas por el Director (y Codirector) del Trabajo Final, estos deberán fundamentar su discrepancia por escrito, en una nota dirigida al Profesor de Trabajo Final.

El Profesor de Trabajo Final, conjuntamente con el Director de Carrera decidirá la cuestión.

10.7. Superada la instancia de las correcciones, las partes determinaran la fecha más conveniente para la constitución de la Mesa Examinadora.



10.8. Constituida la Mesa Examinadora, él(los) alumno(s) deberá(n) exponer la tarea realizada en clase pública, teniendo en cuenta que si bien se puede tratar de trabajos y exposiciones grupales, se evaluará a cada alumno de modo individual.

10.9. El original del Trabajo Final aprobado, con el anexo correspondiente quedará en el Área Departamental de Agrimensura, con la firma aclarada de los integrantes de la Comisión Examinadora. Una (1) copia del Trabajo Final, en iguales condiciones que el original, será enviada a la Biblioteca Central de la Facultad.

### **Artículo 11°. Excepción**

En caso de surgir circunstancias no contempladas en el presente reglamento, serán resueltas por la Comisión de Carrera.

En caso de surgir circunstancias ajenas a lo académico, previa, simultánea o posteriormente a la ejecución del Trabajo Final, la(s) misma(s) deberá(n) ser resuelta por él(los) Alumno(s), el Director, las Autoridades de la Carrera, y de ser necesario, terceros involucrados.

### **Solicitud de Inicio**

(De acuerdo al reglamento vigente - Art.7, y al modelo de notas entregadas)

7.1. El (los) alumno(s) presentará(n) ante el Profesor de Trabajo Final, su solicitud de iniciación del Trabajo Final de su carrera, la que deberá contener:

7.1.1. Título del Trabajo.

7.1.2. Cantidad de alumnos que lo ejecutarán.

7.1.3. Datos personales de cada uno (Apellido y nombres, número de alumno).

7.2. Constancia(s) de haber aprobado todas las asignaturas del Plan de Estudios hasta las del séptimo cuatrimestre inclusive, mediante certificado analítico otorgado por la Dirección de Enseñanza de la Facultad.

7.3. Plan de Trabajo, desarrollado según lo prescripto en el Artículo 5°, adicionando todos los datos especificados en este.

7.4. Nota firmada por el Director propuesto (y Codirector, si correspondiera), conteniendo:

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8



7.4.1. Aceptación de la Dirección (y Codirección) del Trabajo Final y aval del Plan de Trabajo propuesto.

7.4.2. Cuando lo considere(n) necesario, el Director (y Codirector) efectuará(n) la recomendación sobre las asignaturas que cada alumno deberá tener aprobadas o estar cursando simultáneamente con la ejecución del trabajo.

7.4.3. Opinión sobre la cantidad de alumnos que integran el grupo de trabajo.

7.5. Copia del reglamento firmada por el(los) alumno(s) y el Director (y Codirector).

*Asimismo, y al efecto de poder realizar un análisis detallado del objetivo del Trabajo Final, se deberá presentar un resumen extendido del mismo.*

**NOTAS**

La Plata, 07 de Septiembre de 2009

Sr.  
Profesor de la Cátedra de Trabajo Final  
Prof. Jaime Ricardo SOTO

S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

De mi mayor consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a Ud. a fin de solicitarle la inscripción para iniciar la realización del TRABAJO FINAL (G429).

El mismo llevará por título "Control de Calidad de Red Altimétrica Existente".

Asimismo le hacemos saber que hemos aprobado la totalidad de las materias correspondientes al Plan de Estudio 2002 alcanzando el mínimo de 30 materias requerido para la realización del trabajo final.

Adjuntamos a la presente el certificado analítico con las materias aprobadas y sus correspondientes notas, y el Plan de Trabajos correspondiente.

Elevamos también las correspondientes notas de aceptación al cargo de Director del presente trabajo por parte del Agrim. Claudio Eduardo Justo.

Sin otro particular saludamos a Ud. muy atentamente.

Astorga, Luis I.  
Nº 53648/8

Louge, Santiago A.  
Nº 54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
Nº 53802/8

Recibí de parte de los alumnos su Planilla de Inscripción en el Trabajo Final, conjuntamente con las correspondientes notas de aceptación del cargo de Director por parte del Agrim. Claudio Eduardo Justo, el plan de trabajo, un cronograma detallado del mismo y un Certificado(s) Analítico(s) de materias aprobadas a la fecha.

Prof. J. Ricardo Soto  
La Plata, de de 200

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8

La Plata, 07 de Septiembre de 2009

Sr.  
Profesor de la Cátedra de Trabajo Final  
Prof. Jaime Ricardo SOTO

S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de comunicarle mi aceptación a la propuesta de los alumnos Astorga, Luis Ignacio, N° 53648/8; Louge, Santiago Adrián N° 54361/8 y Lucangioli, Maximiliano Rubén N° 53802/8, de ser nombrado Director del TRABAJO FINAL que plantean.

Asimismo expreso mi conformidad con el tema elegido, con el Plan de Trabajo que presentan.

De igual modo me notifico que el Director es el responsable de orientar a los alumnos en las cuestiones teóricas y técnicas para desarrollar el Trabajo Final, de evaluar si se han cumplido los objetivos propuestos, y de corregir la totalidad del contenido, a fin de evitar vicios de redacción y errores de ortografía.

Sin otro particular saludo a Ud. muy atentamente.

Agrim. Justo, Claudio Eduardo

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8

La Plata, 12 de noviembre de 2008

Sr.  
Director del Área de Geodesia del M.I.  
Domingo Alfredo Braga.  
S. / D.

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. con el objeto de solicitar la ubicación planimétrica de puntos altimétricos de la red del M.O.S.P. dentro de la circunscripción 1ª de La Plata. De ser posible, una descripción técnica de los trabajos realizados, indicando las tolerancias de cierre y el instrumental utilizado, así como toda información técnica que considere relevante.

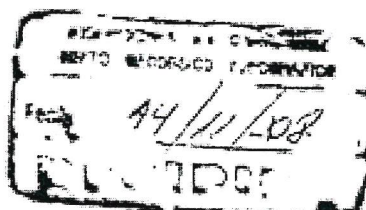
Motiva este pedido el próximo inicio del Trabajo Final de los alumnos Astorga, Luis Ignacio; Louge, Santiago Adrián y Lucangioli, Maximiliano Rubén, todos de la carrera Ingeniería en Agrimensura de la F.I.U.N.L.P.

Dicho trabajo se referirá a la compensación y análisis estadístico de una red altimétrica.

Sin otro particular saludo a Ud. Muy atte.



Jaime Ricardo Soto  
Profesor Titular  
Cátedra de Trabajo Final



Agrim. Ma Lourdes Pagola  
Depto. Geodésico Topográfico  
Dirección de Geodesia  
Minio de Infraestructura

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8



La Plata, 26 de noviembre de 2008

Sr.  
Director del Área de Geodesia del M.I.  
Domingo Alfredo Braga,  
S. / O

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. con el objeto de solicitar, de ser posible, en formato digital la ubicación planimétrica de puntos altimétricos de la red del M.O.S.P. dentro de la circunscripción 1ª de La Plata. Asimismo solicitamos los itinerarios con sus cotas y desniveles (indicando sentidos de nivelación) correspondientes del sector indicado en las fotocopias adjuntas.

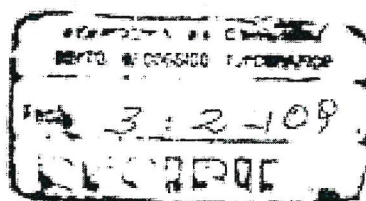
Motiva este pedido el próximo inicio del Trabajo Final de los alumnos Astorga, Luis Ignacio; Louge, Santiago Adrián y Lucangioli, Maximiliano Rubén, todos de la carrera Ingeniería en Agrimensura de la F.I.U.N.L.P.

Dicho trabajo se referirá a la compensación y análisis estadístico de una red altimétrica.

Sin otro particular saluda a Ud. Muy atte.



Jaime Ricardo Soto  
Profesor Titular  
Cátedra de Trabajo Final



Agrim. Ma Lourdes Pagola  
Deplo. Geodésico Topográfico  
Dirección de Geodesia  
Minio de Infraestructura

La Plata 26 de Octubre 2009

Ministerio de Infraestructura  
Dirección de Geodesia  
Sr. Director: Agrim. Domingo Alfredo Braga  
S/D

De mi mayor consideración:

Antes que nada aprovecho la oportunidad para agradecerle la atención dispensada a nuestra propuesta.

Para continuar con ella es que, por sugerencia del Ing. Gustavo Fernández, le solicito por la presente un archivo digital en formato vectorial con la ubicación de las ménsulas y sus respectivas cotas IGM del sector comprendido entre avenidas: 122 y 19, y 51 y 72 inclusive.

El mismo sería retirado personalmente por quien suscribe o por los Sres. Santiago Louge; Ignacio Astorga o Maximiliano Lucangioli, alumnos de la carrera Ingeniería en Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de La Plata.

Sin otro particular le saluda atentamente

  
Agrim. Claudio Eduardo Justo  
Profesor Adjunto de Cálculo de Compensación  
Facultad de Ingeniería de La Plata

  
26/10/09

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8

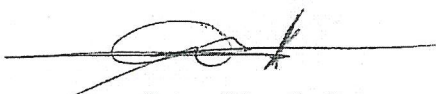
La Plata, 09 de Marzo de 2010

Sr.  
Director Área Departamental de Agrimensura  
Agrim. Napolitano, Américo Luis.

S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de solicitarle el instrumental topográfico que se detalla al pie, perteneciente al Área Departamental de Agrimensura, con el propósito de la ejecución del trabajo final de los alumnos: Astorga, Luis Ignacio, Louge, Santiago Adrián y Lucangioli, Maximiliano Rubén.

Instrumental: 2 miras de nivel digital, 2 sapos y 1 trípode, por el periodo de 3 semanas.



Jaime Ricardo Soto  
Profesor Titular

La Plata, 4 de agosto de 2010

Sr.  
Profesor de la Cátedra de Trabajo Final  
Prof. Jaime Ricardo SOTO

S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

De nuestra mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. Con el objeto de comunicarle que los alumnos Astorga, Luis Ignacio, N° 53648/8; Louge, Santiago Adrián N° 54361/8 y Lucangioli, Maximiliano Rubén N° 53802/8, han concluido con las tareas correspondientes al Trabajo Final "Control de Calidad de Red Altimétrica Existente".

Asimismo doy mi conformidad por la labor realizada, en forma satisfactoria y solidaria por todos los alumnos del presente trabajo.

Por lo expuesto, solicito a Ud. la conformación de la Comisión Examinadora para este Trabajo Final.

Sin otro particular lo saludo muy atentamente.

Agrim. Justo, Claudio E  
Director

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8



La Plata, 6 de octubre de 2010

Sr.

Profesor de la Cátedra de Trabajo Final

Prof. Jaime Ricardo SOTO

S / D

De mi mayor consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a Ud. con el objeto de comunicarle que los alumnos Astorga, Luis Ignacio, N° 53648/8; Louge, Santiago Adrián N° 54361/8 y Lucangioli, Maximiliano Rubén N° 53802/8 que realizaron el Trabajo Final "Control de Calidad de Red Altimétrica Existente" han concluido con las correcciones correspondientes a las observaciones producidas por los miembros de la Comisión Examinadora.

Asimismo doy mi conformidad por la labor realizada, en forma satisfactoria y solidaria por todos los alumnos del presente trabajo.

Por lo expuesto, solicito a Ud. la constitución de la Comisión Examinadora para este Trabajo Final.

Sin otro particular saludo a Ud. muy atentamente.

Agrim. Justo, Claudio E.  
Director

Astorga, Luis I.  
53648/8

Louge, Santiago A.  
54361/8

Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8

**PLANILLA**

PLANILLA DE DATOS PARA LA INSCRIPCION O REGULARIZACION EN TRABAJO FINAL

| Nº | Tipo de Datos                                           | Descripción e Información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Obs. |
|----|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | Título:                                                 | Control de calidad de red altimétrica existente                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |
| 2  | Alumnos Integrantes del Grupo:                          | Tres (3) alumnos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |
| 3  | Datos Personales de cada Miembro: (N y A, N° de Alumno) | Astorga, Luis Ignacio. N°53648/8<br>Louge, Santiago Adrian N° 54361/8<br>Lucangioli, Maximiliano Rubén N° 53802/8                                                                                                                                                                                                                                 |      |
| 4  | Objetivos:                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de una red altimétrica existente (MOSP) en el casco urbano de la ciudad de La Plata, para la verificación de puntos fijos.</li> </ul>                                                                                                                                                              |      |
| 5  | Alcances:                                               | Realizar el control de calidad de la Red existente y evaluar diferentes métodos de ajuste. Ecuaciones de Observación y Ecuaciones de Condición. Análisis de alternativas en vista de optimizar futuros controles.                                                                                                                                 |      |
| 6  | Fuente de Datos Iniciales:                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de Puntos Existentes del Ministerio de Infraestructura, Dirección de Geodesia.</li> <li>Consultas con personal que haya intervenido en la obra.</li> <li>Toda otra información perteneciente que pueda ser obtenida e incorporada al proyecto en estudio.</li> </ul>                               |      |
| 7  | Ámbito de Realización:                                  | Casco Urbano de La Plata, Provincia de Buenos Aires.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |
| 8  | Metodología a Utilizar:                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Recopilación y análisis de antecedentes.</li> <li>Consulta de Trabajos Finales relacionados a las redes altimétricas.</li> <li>Determinación del sector a estudiar.</li> <li>Realización del relevamiento.</li> <li>Análisis de los datos. Test de Fischer.</li> <li>Ajustes Libres y Forzados.</li> </ul> |      |

Astorga, Luis I.  
53648/8Louge, Santiago A.  
54361/8Lucangioli, Maximiliano R.  
53802/8

|    |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|----|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    |                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusiones de los test estadísticos aplicados tanto a la red nueva como a ambas redes en forma conjunta.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| 9  | Plan del Trabajo:        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de antecedentes.</li> <li>• Estudio y selección del material recopilado.</li> <li>• Análisis de los métodos e instrumental utilizado en la red existente.</li> <li>• Informe de lo recopilado.</li> <li>• Reconocimiento del terreno.</li> <li>• Verificación del instrumental a utilizar.</li> <li>• Aceptación o rechazo de la verificación.</li> <li>• Planificación de la campaña.</li> <li>• Realización del relevamiento.</li> <li>• Ajuste libre de la Red para verificar confiabilidad interna.</li> <li>• Ajuste Condicionado para la Comparación con resultados oficiales.</li> <li>• Aceptación o rechazo de los Puntos Fijos.</li> <li>• Informe final de la situación encontrada.</li> <li>• Revisión y corrección.</li> </ul>                                                                                                                     |  |
| 10 | Cronograma de Ejecución: | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de antecedentes. 40 hs.</li> <li>• Estudio y selección del material recopilado. 24 hs.</li> <li>• Análisis de los métodos e instrumental utilizado en la red existente. 24 hs.</li> <li>• Informe de lo recopilado. 16 hs.</li> <li>• Reconocimiento del terreno. 10 hs.</li> <li>• Verificación del instrumental a utilizar. 10 hs.</li> <li>• Aceptación o rechazo de la verificación. 5 hs.</li> <li>• Planificación de la campaña. 16 hs.</li> <li>• Realización del relevamiento. 60 hs.</li> <li>• Ajuste libre de la Red para verificar confiabilidad interna. 15 hs.</li> <li>• Comparación con resultados oficiales. 10 hs.</li> <li>• Aceptación o rechazo de los Puntos Fijos. 5 hs.</li> <li>• Informe final de la situación encontrada. 120 hs.</li> <li>• Revisión y corrección. 60 hs.</li> </ul> <p>Total carga horaria: 415 hs por alumno.</p> |  |

|    |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|----|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 11 | Clasificación de las Tareas:<br>(Campaña/Gabinete/ Adicionales) | <p><u>ETAPA I:</u></p> <p>Tareas previas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de antecedentes.</li> </ul> <p>Tareas de gabinete:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio y selección del material recopilado.</li> <li>• Análisis de los métodos e instrumental utilizado en la red existente.</li> </ul> <p>Tareas de campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento del terreno.</li> <li>• Verificación del instrumental a utilizar.</li> </ul> <p><u>ETAPA II:</u></p> <p>Tareas de gabinete:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceptación o rechazo de la verificación.</li> <li>• Planificación de la campaña.</li> </ul> <p><u>ETAPA III:</u></p> <p>Tareas de campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización del relevamiento.</li> </ul> <p>Tareas de gabinete:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste libre de la Red para verificar confiabilidad interna.</li> <li>• Comparación con resultados oficiales.</li> <li>• Aceptación o rechazo de los Puntos Fijos.</li> <li>• Informe final de la situación encontrada.</li> <li>• Revisión y corrección.</li> </ul> |  |
| 12 | Estimación de los Resultados a Obtener:                         | Listado de Puntos Fijos, con su correspondientes diagnóstico (Valor final e Incertidumbre).<br>Indicadores estadísticos del estado del sector de la red estudiado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| 13 | Conclusiones a Obtener:                                         | Informe del estado de la red oficial respecto de su diseño original. Bondad del método adoptado.<br>Posibles alternativas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| 14 | Clasificación de las Etapas:                                    | <u>Ejecución técnica:</u>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |



|    |                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|----|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    | (ejecución técnica, investigación, recopilación de datos)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio y selección del material recopilado.</li> <li>• Planificación de la campaña.</li> <li>• Verificación del instrumental a utilizar.</li> <li>• Realización del relevamiento.</li> <li>• Ajuste libre de la Red para verificar confiabilidad interna.</li> <li>• Comparación con resultados oficiales.</li> <li>• Aceptación o rechazo de los Puntos Fijos.</li> <li>• Informe final de la situación encontrada.</li> <li>• Revisión y corrección.</li> </ul> <p><u>Investigación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos, instrumental y precisiones utilizados para la materialización de la red MOSP.</li> </ul> <p><u>Recopilación de datos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de antecedentes.</li> <li>• Obtención de datos insitu, estado y existencia de las ménsulas.</li> </ul> |  |
| 15 | Bibliografía de Consulta:                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS Satellite Surveying (Second Edition). Alfred Leick.</li> <li>• Manual del Nivel Wild Na 2.</li> <li>• Adjustment Computations. Wolf-Ghilani.</li> <li>• Tratado de Topografía. Manuel Chueca Pazos.</li> <li>• Libros de Matemáticas Aplicadas a Ingeniería.</li> <li>• Apuntes brindados por las distintas cátedras de la carrera de Ingeniero Agrimensor, como así también los generados por los alumnos integrantes del presente trabajo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 16 | Información Especializada: (Especialistas, Internet, Mail) | Se consultarán profesionales con incumbencia en agrimensura, geodesia (Federico Mayer Ingeniero Geodesta, con participación directa) y Estadística (Departamento de matemáticas aplicadas, Area de Ciencias Básicas).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |

|    |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 17 | Instrumental y Medios:<br>(Disponibles por parte de alumnos y/o Instituciones) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel Wild Na 2.</li> <li>• Cintas métricas, marcadores.</li> <li>• Herramientas varias.</li> <li>• Cámara digital.</li> <li>• Computadoras.</li> <li>• Software.</li> <li>• Vehículos para traslado</li> </ul> |  |
| 18 | Instrumental y Medios: ( a solicitar al Dto. De Agirm.)                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miras de aluminio.</li> <li>• Cintas métricas.</li> <li>• Jalones.</li> <li>• Sapos de nivelación.</li> <li>• Placas plano paralelas.</li> <li>• Mira invar.</li> <li>• Herramientas Varias.</li> </ul>         |  |
| 19 | Encuadramiento Legal:<br>(si lo hubiere)                                       | Ninguno.                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| 20 | Aspectos Contractuales:<br>(si los hubiere)                                    | No hay.                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 21 | Aplicación del Arancel Profesional:<br>(si corresponde)                        | Será determinado en el transcurso del trabajo.                                                                                                                                                                                                           |  |
| 22 | Determinación de Gastos:<br>(si corresponde)                                   | Se computara en el transcurso del trabajo y se determinará en la finalización del mismo.                                                                                                                                                                 |  |
| 23 | Aval del Director:                                                             | Justo, Claudio Eduardo.                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 24 | Aval del Codirector:<br>(si lo hubiere)                                        | No hay.                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| 25 | Observaciones del Director y/o Codirector:                                     | Se trata de un trabajo sin antecedentes encontrados.                                                                                                                                                                                                     |  |
| 26 | Tareas en las que se especializa                                               | Los integrantes realizarán íntegramente todas las tareas necesarias para la concreción del trabajo.                                                                                                                                                      |  |

|    |                                                                                                           |                                               |  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|
|    | c/Alumno:                                                                                                 |                                               |  |
| 27 | Trabajo de Alumnos o Incorporación a Tarea en Ejecución                                                   | No se incorpora a ninguna tarea en ejecución. |  |
| 28 | Si Hubiera Incorporación a Tarea en Ejecución; Características: (autorización, modo de publicación, etc.) | No existe incorporación.                      |  |