



REPUBLICA DEL ECUADOR

---

**MEDICION DE LA BASE GEODESICA**  
**DE YARUQUI**

EJECUTADA POR EL **SERVICIO GEOGRAFICO MILITAR**  
CON HILOS INVAR "JADERIN"

ESTUDIO SOBRE LA MEDICION DE DICHA BASE  
POR EL JEFE DE LA DIVISION GEODESICA  
**Sr. Dn. LUIS G. TUFIÑO**  
Y PUBLICADO DE ORDEN DE LA DIRECCION DE S. G. M.

-----  
( 37 ILUSTRACIONES Y 3 GRABADOS EN EL TEXTO )  
-----

QUITO - Ecuador  
Talleres Gráficos Nacionales  
1933



## INTRODUCCION

Para ejecutar el levantamiento de la Carta Militar desde la provincia de Pichincha hacia el Sur, una vez interrumpidos los trabajos verificados en la provincia del Chimborazo, era indispensable comenzar por establecer una Base Geodésica y trazar la respectiva triangulación, necesarias ambas tanto para servir de apoyo a los nuevos trabajos como para enlazar éstos con los ejecutados ya en la segunda de las provincias nombradas.

El Servicio Geográfico, para la localización de la mencionada Base, efectuó, previamente, las siguientes labores:

1º) Obtuvo, mediante una base y en la forma más breve posible, la triangulación en que debía apoyarse el levantamiento topográfico;

2º) Consiguió, por la vía más inmediata el enlace de dicha triangulación con la de primer orden efectuada por la Misión Geodésica Francesa, algunos de cuyos puntos, de los pocos que felizmente no han desaparecido, fueron localizados; y

3º) Tendió en lo posible, a que el trazado de la red que iba a originar la nueva Base, se cñiera a la configuración aconsejada por la teoría.

La importancia del enlace de dichas triangulaciones se desprende de las razones siguientes:

a) La facilidad del control de nuestras operaciones geodésicas (medición de la Base y triangulaciones que de ella se desprendan), al llegar éstas a las antiguas Bases francesas,

una vez que se cuenta con la circunstancia favorable de hallarse la nueva Base entre las de Riobamba y San Gabriel, dejadas por la Misión Geodésica Francesa (M. G. F.); y

b) La conveniencia técnico-económica de poder emplazar los vértices de nuestra triangulación en los mismos puntos o, por lo menos, en su proximidad, con respecto a los vértices de la triangulación francesa.

El personal de la División Geodésica, dirigido por el señor Luis G. Tufiño, Jefe de la misma, encargóse del reconocimiento de la zona más ventajosa para la medición de la Base. Reconocidas las zonas de Machachi, Chilligallo y los Chillós, se halló que no permitían éstas cumplir con las condiciones fundamentales prefijadas. Las de Iñaquito y Calderón tampoco ofrecieron las ventajas buscadas. Fue la zona de Varuquí la que satisfizo, de modo más favorable, las pretensiones anotadas, y por lo cual se decidió realizar allí la medición.

El Servicio Geográfico Militar, dada su reciente creación, no disponía de los instrumentos adecuados para la medición de una Base Geodésica; y el Sr. Coronel Carlos A. Guerrero, entonces Ministro de Guerra, apreciando el valor de los trabajos a efectuarse, consiguió que el Gobierno resolviese la compra de los elementos indispensables para la medición de una Base Geodésica. La adquisición del equipo de instrumentos se verificó con la mediación, muy autorizada, del Sr. General Georges Perrier, Director del Servicio Geo-

gráfico del Ejército Francés, quien opinó también que el tipo Jaderin de hilos "invar" era el mejor, ya desde el punto de vista de su precisión, ya por la celeridad y simplicidad de su uso.

La Casa proveedora fue la Secretan Ch. Epry, etc. y Jacquelin. Sucrs., de París, la cual vendió los instrumentos con el certificado de sus características, otorgado por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Sevres. La gentil a la par que valiosa intervención del Sr. General Perrier en la elección del tipo y material y el examen de los certificados que acompañan a los instrumentos, nos impulsan a declarar que el Servicio Geográfico Militar Ecuatoriano ha empleado en la medición de la Base de Yaruquí, los mejores y más perfeccionados aparatos destinados para este objeto.

La importancia que entraña la medición de la Base de Yaruquí, es tanto más significativa desde el punto de vista geográfico nuestro, cuanto que representa el primer trabajo que, de ese género, se realiza con personal nacional y enderezado a atender necesidades propias.

La medición de la Base se efectuó, como prescriben los principales técnicos, de ida y regreso. Después de corregir los efectos de la dilatación y de la inclinación sobre el horizonte, se obtuvo, en ida: 4.273.249931 m. y en regreso: 4.273.258365 m.

La diferencia de 0,008434 m. entre las dos mediciones, demuestra tanto la bondad de los instrumentos como el esmero y la prolijidad en las operaciones.

La media de estas dos mediciones ..... (4273.254148 m.) fue proyectada sobre el mismo elipsoide de referencia adoptado por la M. G. F., ya que, como queda indicado, se aspira a que, llevando la red triangular proveniente de la Base de Yaruquí hacia las Bases de Riobamba y San Gabriel, se efectúe la comparación de manera inmediata, de los

resultados obtenidos por nosotros con los de la M. G. F.; que no ocurriría, como es evidente, al proyectar por ejemplo nuestra triangulación sobre el geóide.

Verificada la proyección de nuestra Base sobre el mismo Elipsoide Internacional adoptado por la M. G. F., resultó 4.273.43806 m.

En previsión de futuros trabajos de esta índole que pudieran emprender ya sea el personal del Servicio Geográfico Militar, ya Ingenieros Civiles o Militares extraños al Servicio Geográfico Militar, y tomando en consideración la carencia, en nuestro país, de una guía que, en forma detallada y metódica, alecciona sobre el uso de estos aparatos y el procedimiento a seguirse en estas operaciones, la Dirección del S. G. M. encomendó al Sr. Luis C. Tufiño, Jefe de la División Geodésica y encargado de dirigir y efectuar los trabajos de la Base Geodésica de Yaruquí, que elaborara una exposición ordenada acerca de las operaciones efectuadas del uso y manejo del mentado equipo. Realizado dicho trabajo, cumplíame manifestar que satisface ampliamente.

Como epílogo de esta exposición, la Dirección del Servicio Geográfico Ecuatoriano, tiene la complacencia de expresar el reconocimiento más cumplido al noble amigo del Ecuador, Sr. General Georges Perrier, quien, en forma entusiasta, contribuyó a la adquisición del inmejorable equipo geodésico; reconocimiento que el señor General Perrier tendrá la gentileza de hacerlo extensivo a los distinguidos señores OO. del Servicio Geográfico Militar Francés, que colaboraron en la elección, estudio y control de los citados aparatos destinados a nuestro Ejército.

La Dirección del Servicio Geográfico Militar, deja, además, constancia de la brillante actuación del personal que intervino en los trabajos de la Base Geodésica de Yaruquí.

El Director del Servicio Geográfico Militar,  
Tnte. Coronel Ezequiel Rivadeneira

# MEDICION DE LA BASE GEODESICA DE YARUQUI

---

**Personal**



## Personal del Servicio Geográfico Militar que intervino en la medición de la Base de Yaruquí

( 1 9 3 1 )

Señor Luis G. Tufiño .....	Jefe de la División Geodésica y Director en Jefe de la medición de la Base.
„ Francisco J. Latorre .....	Mayor de Ing. y Jefe del Equipo de mediciones con los hilos "Invar".
„ Horacio A. Cantos .....	Mayor de Ing., Jefe de los Equipos de Nivelación, Alineación y Galibación.
„ Samuel Jarrín .....	Capitán de Ing., Jefe de Construcciones.
„ Gabriel E. Núñez .....	Teniente de Ing., Ayudante de los Equipos de Nivelación, Alineación y Galibación.
„ Rafael A. Hidalgo C. ....	Topógrafo 1º, Anotador y Ayudante del Equipo de mediciones con los hilos "Invar".
„ Octavio R. Gómez .....	Topógrafo 1º, Anotador de los Registros de medición con los hilos "Invar".
„ Armando Guzmán .....	Topógrafo 1º, Anotador de los Registros de Nivelación.
„ Angel E. Valdez .....	Topógrafo 2º, Ayudante del Operador en la luminosidad del instrumento "Otto Feneel".
„ Víctor Manuel Madrid .....	Topógrafo 2º, Anotador de los Registros de observaciones.
„ Luis F. Tobar .....	Topógrafo 2º, Controlador de las instalaciones de los <b>trípodes-tensores</b> .
„ Luis A. Jiménez .....	Cartógrafo 2º, Ayudante del Equipo de mediciones con los hilos "Invar".
„ Heliodoro Donoso .....	Fotógrafo.
„ Jorge Tamayo .....	Topógrafo, Ayudante observador.
„ Manuel Yépez .....	Aspirante Topógrafo, Ayudante de construcciones.
„ Leonidas F. Gabela R. ....	Aspirante Topógrafo y encargado de las señales luminosas de ambos extremos de la Base.

Además, cuatro Portamiras y doce soldados del Batallón de Ingenieros N° 2 "Chimborazo".





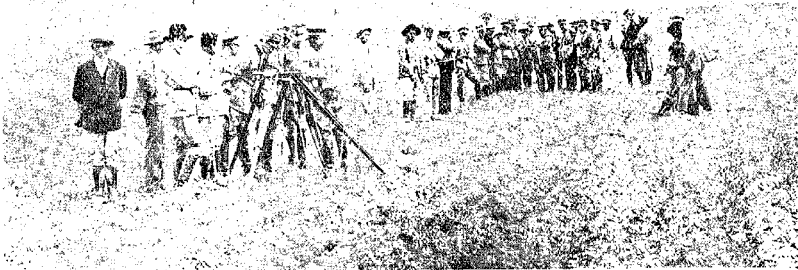
LAMINA I.—Momentos después de la primera conferencia del Sr. Luis C. Tufiño a los Alumnos Oficiales del Curso de Ingenieros, cuando se medía la Base.

## Visita Ministerial a los trabajos de la medición de la Base

(Setiembre 10 de 1931)

Señor Crnel. José A. Gómez González	Ministro de Guerra, Marina y Aviación.
„ General Luis T. Paz y Miño ...	Jefe del Estado Mayor General.
„ Crnel Giacomo Rocca .....	Miembro de la Misión Militar Italiana.
„ Tnte. Crnel. Maximiliano Dávila	Primer Jefe del Batallón de Ingenieros N <sup>o</sup> 2 "Chimborazo".
„ Capitán de Ing. Carlos Abarca .	Profesor del Curso de Oficiales Ingenieros.
„ Capitán de Ing. Aníbal Jarrín ..	Ayudante del Curso de Oficiales Ingenieros.
„ Carlos Egas Valdivieso .....	Profesor de Matemáticas de la Escuela Militar y del Curso de Oficiales Ingenieros.

El Personal íntegro del Curso de Oficiales Ingenieros.

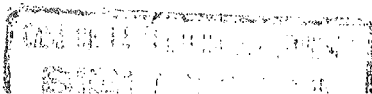


LAMINA II.—Medición de un tramo de la Base.— Los señores General Luis T. Paz y Miño y Coronel Giacomo Rocca efectuando las lecturas de las regletas del hilo Invar.

El Señor Crnel. Giacomo Rocca, Miembro prominente de la Misión Militar Italiana, fue uno de los fundadores del Servicio Geográfico Militar, y desempeñó sucesivamente importantísimos cargos en nuestro Ejército, como: Director Técnico del mismo Servicio Geográfico, Director del Curso de Oficiales Ingenieros, Director de la Sección de Construcciones Militares, cargos en los cuales, según opinión unánime de los Jefes de estas distintas Reparticiones, se distinguió por su equanimidad y espíritu altamente organizador. Su permanencia en nuestro país se recordará con la misma gratitud con que se recuerda a los hombres de bien y de ciencia. Regresó a su Patria, después de terminar su contrato, a fines del año 1931.

Los Oficiales alumnos del Curso de Ingenieros, al mando de su Profesor Capitán Carlos Abarca, permanecieron dos días seguidos en el campamento Geodésico de Tababela, para asistir a las tres conferencias de carácter eminentemente práctico que el Sr. Tuffiño, Jefe de la División Geodésica y, al propio tiempo, Profesor de Geodesia en el Curso de Oficiales Ingenieros, les diera, con los instrumentos a la vista, sobre el procedimiento empleado en la medición de la Base de Yaruquí y en la determinación de las coordenadas geográficas de uno de sus extremos.

Como constancia de la primera conferencia, así como también de la asistencia de





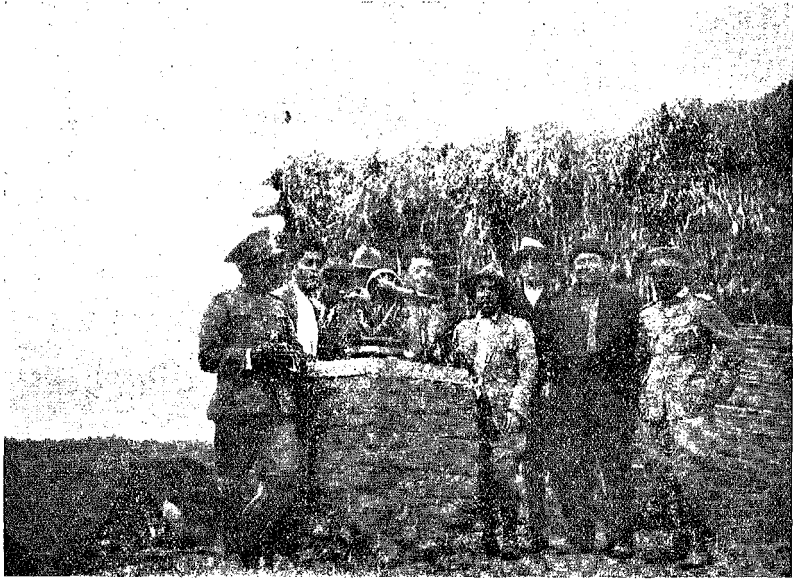
LAMINA III. Momentos después de la segunda conferencia del señor Luis G. Tuñño a los Alumnos Oficiales del Curso de Ingenieros, en el Extremo Norte de la Base de Yaruquí

la Superioridad Militar a la medición de la Base, véanse las láminas I, II y III.

En la estación receptora radio-telegráfica para la determinación de la longitud con Greenwich, actuaron, como Jefe, el señor Teniente Luis Valverde Ramírez, y, como Ayu-

dantes, tres clases del Batallón de Ingenieros Nº 2 "Chimborazo".

Los cálculos relacionados con la medición de la Base y la determinación de las coordenadas geográficas de sus extremos fueron distribuidos entre el personal ya mencionado.



LAMINA IV.—Pilastra contigua al Extremo Sur de la Base. El señor Alejandro Bueno, Profesor de Geodesia de la Facultad de Ciencias, y una parte de sus alumnos del Sexto Curso de Ingeniería de la Universidad Central.

## Visita Oficial al Campamento Geográfico de Yaruquí, efectuado por el sexto Curso de Ingeniería de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central

(Diciembre de 1931)

Los alumnos del Sexto Curso de Ingeniería de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, presididos por su Profesor de Geodesia, Sr. Alejandro Bueno, sólo pudieron asistir a las observaciones astronómicas que se hacían durante el día y la noche en el Extremo Sur de la Base Geodésica para determinar sus coordenadas geográficas, por cuanto a la fecha de su llegada la medición del lado fundamental de la red triangular, trazada en la zona interandina de la Provincia de Pichincha, habíase ya terminado. (Véa-

se la lámina IV)

Permanecieron una semana en el Campamento de Tababela, concurriendo a todos los trabajos geodésicos.

De las explicaciones que el Jefe de la División les daba sobre el uso y manejo del instrumento Universal "Otto Fennel", así como también de los cálculos que se hacían, dichos alumnos tomaron notas especiales para fines ulteriores relacionados con su carrera profesional.



**CAPITULO I**

**ESTUDIOS PREVIOS A LA MEDICION**

**DE LA BASE**



## RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

El reconocimiento de las zonas de Quito, Machachi, Chilligallo, los Chillos, Yaruquí, Yñaquito y Calderón, tuvo por objeto, no sólo el estudio de las condiciones más favorables del terreno para la medición de la base fundamental relacionada con el levantamiento topográfico de la Provincia de Pichincha, sino también la investigación de la mejor forma del primer cuadrilátero, una vez que en una de sus diagonales, tomada como base **amplificada**, se apoyaría la resolución de estas dos operaciones: el levantamiento topográfico de la Provincia de Pichincha, principiando por Quito y sus alrededores, y el enlace de la red triangular fundamental con la de primer orden en que operó la Misión Geodésica Francesa.

Las condiciones de esta clase de problemas básicos no son siempre las mismas: varían con la topografía del terreno, especialmente, cuando éste es montañoso, como la región andina del Ecuador; y varían también según que las necesidades sean próximas o remotas, como la de efectuar en el menor tiempo posible el levantamiento topográfico de una zona determinada, y la de coordinar todos los estudios con una base casi intermedia entre las de Riobamba y San Gabriel, de la Misión Geodésica Francesa, puesto que estas dos han de servir de comprobación de todas las operaciones geodésicas que el Servicio Geográfico Militar ejecuta.

(a). **Comisión.**—La Comisión de Reconocimiento, integrada por los señores Luis G. Tuffiño, Jefe de la División Geodésica; Capitán de Ingenieros Luis Endara A. Jefe de la Segunda Brigada Geodésica y cuatro portamitas, efectuó dos recorridos que dieron

un total de 105 Km. en tren; 80 m. en camioneta y el resto, más o menos 100 Km., unas veces a pie y otras a caballo, según los lugares.

(b).—**Instrumentos.**—En el equipo de instrumentos, además de la plancheta Goulier y pinulas para las alineaciones, figuraba el telémetro "Zeiss", cuyo seguro alcance de distancias llegaba hasta 10 Km. para la medición aproximada de la base de operaciones.

En tratándose de la ejecución de una obra cualquiera, no cabe la menor duda que tanto su bondad o mérito como la seguridad de concluirla, dependen únicamente de la eficiencia de los estudios preliminares con respecto a la importancia de cada una de las circunstancias o factores locales, que necesariamente influyen en el valor intrínseco de lo que se desea obtener. Puede decirse, entonces, que el éxito de cualquiera empresa esté en relación con los estudios preliminares, y en nuestro caso, con el reconocimiento minucioso y detallado de las condiciones peculiares de todas las zonas por las cuales debe atravesar la red triangular. La comisión no se apartó un punto de este criterio; y porque no se apartó, no escatimó ningún medio que estuviese a su alcance hasta obtener el fin para el cual se le había nombrado.

Comparadas que fueron las ventajas y desventajas de los estudios realizados en el primer reconocimiento, se dedujo que las zonas de Machachi, Chilligallo, y los Chillos, no debían tomarse en cuenta en el segundo reconocimiento, debido, entre otros motivos, a que las colinas que interceptan dichas zonas habrían entorpecido la sucesión de la red triangular que arrancase de cualquiera de las



bases medidas en una de ellas, y, además, a que no habría sido posible una conexión inmediata de dicha red con la de primer orden, de la Misión Geodésica Francesa, objetivo principal de la localización de la base fundamental de operaciones. Reseñaremos, por tanto, los estudios del segundo reconocimiento en las otras zonas y el mismo orden en que fueron ejecutados.

### ÑAQUITO

Por muchos que fueron nuestros esfuerzos para acertar en Ñaquito con la mejor alineación de una base, todo, absolutamente todo, resultó fallido: en primer lugar, porque la única que podía medirse apenas alcanzaba a 1600 metros en campo despejado; y en segundo lugar, porque la alineación posible atravesaba un terreno, a grandes trechos, pantanoso y seccionado por tres zanjas dobles que sirven de desagüaderos. Supongamos, sin embargo, que, en último caso o por las necesidades impuestas por las circunstancias, se hubiere tratado de obviar tales dificultades, ejecutando obras que facilitasen la medición de una base de 1600 metros en la zona de Ñaquito, aun en este supuesto era indispensable el estudio previo del aprovechamiento o utilidad que el primer cuadrilátero, construido sobre dicha base, podría tener en el trazado de la red geodésica hacia el oriente de Ñaquito. Como primer punto, aseveramos, que no nos fue dable encontrar ninguna solución de continuidad, en tanto en cuanto uno de los extremos del lado amplificado de la base en el pequeño cuadrilátero — si era posible formarlos — era completamente imperceptible del otro lado de la loma de los Batanes; y como segundo punto indicamos, que dicha red no podía continuarse hacia el Norte por la proximidad y espesura de los bosques de eucaliptos, que impiden toda visibilidad desde uno de los extremos de la misma base.

Tener, por otra parte, la esperanza próxima o inmediata de enlazar una red tan pequeña con la de la Misión Geodésica Francesa, nos pareció bastante ilusorio; pues, aun cuando hayan desaparecido los vértices de la red francesa, cuyas señales debieron conservarse a todo trance, bajo la administración de nuestros Gobiernos pasados, el mencionado enlace será siempre una necesidad muy imperiosa.

por más que los nuevos vértices no coincidieran con los verdaderos de la Misión Geodésica Francesa, para ir a tenerlas, sin ejecutar nuevos reconocimientos, por el Sur en la base de Riobamba, y por el Norte, en la de San Gabriel; una vez que, apoyándose en estas bases, se han de comprobar todas las operaciones geodésicas del Servicio Geográfico Militar. Además, la circunstancia de medirse una base casi intermedia entre la de Riobamba y la de San Gabriel, implicaba una razón más para que tendiésemos a reproducir, si cabe la expresión, la red de la Misión Geodésica Francesa, aun cuando los vértices de ésta, como ya se ha dicho, no coincidieran con los propios de la nueva red.

Entrecemos desde ahora la consideración de este particular, por ser el punto básico alrededor del cual pueden girar todas las combinaciones triangulares que se quieran; pero siempre que se llegue al mismo fin, esto es, a poder comprobar todas las operaciones mediante dichas bases de referencia; y no solamente esto, sino también a evitarlos, con notable economía de tiempo y dinero, el impropio trabajo de investigar la debida conformación triangular de la red primaria.

### CALDERON

Se dió comienzo a los trabajos de reconocimiento en esta zona con un recorrido previo por las llanuras que quedan entre Calderón y Llano Chico, siguiendo siempre al SW para localizar el punto de arranque de la base en proyecto. Esto era tanto más necesario cuanto que desde dicho punto debían divisarse otros de apoyo favorable para el cuadrilátero de compensación, cuya forma tenía que quedar bien esclarecida antes de entrar en el estudio sobre la utilidad e importancia de sus lados y diagonales en el trazado de la red geodésica.

Esta excursión previa nos obligó entonces a trasladarnos enseguida a la parte más prominente de la zona, esto es, a una loma llamada "Gualagüinca", contigua a la población de Mariana de Jesús (antes Chinguillina); y así lo hicimos en tres cuartos de hora y después de atravesar la de Collas, al pie de la cual se encuentran las vueltas de Calderón, camino de Guayllabamba. Aprovechase de

lo despejado del horizonte para darnos exacta cuenta de los únicos puntos que podrían limitar la base, así como también su orientación, con el objeto de dirigir rumbos a la colina que se extiende desde el Sur de Carretas hasta el lado Norte de Guápulo, puesto que, en la dirección transversal, las zonas son ocultas o muy bajas con respecto a la planicie de Calderón. Estas zonas de nivel inferior son: Llano Grande y Cocoto hacia el SE y Pomasqui al NNW.

Se pensó, en el primer momento, en que tal vez podrían obviarse tales dificultades eligiendo como puntos de apoyo para la formación del primer cuadrilátero, los que se destacaran principales en la planta baja de Carretas; pero esto no salvaba tampoco las consideraciones necesarias del problema, entre otras, la de contar con una buena conformación en las figuras geométricas. Por otra parte, esos puntos bajos no eran visibles de ambos extremos de la base proyectada. Y aun en el supuesto de que, abandonado el punto Gualagüincha, se buscaran otros en la misma colina anterior, de manera que el cuadrilátero quedase formado a un solo lado de la base, dichos puntos tenían que permanecer imperceptibles hacia el Occidente, no tanto por la topografía del terreno, cuanto por el inmenso bosque de eucaliptos que intercepta toda visual. Además, la longitud de la única base que podía medirse en dicha zona apenas alcanzaba a 1650 metros, y no contaba tampoco con ninguna condición favorable para el objeto que se perseguía.

Uno de los extremos de la proyectada base se llama **Churoloma**, situado en terrenos de la señora Juana Becerra, y el otro lleva el nombre de **San Juan**, en terrenos del señor Heliodoro Becerra.

Instalada la plancheta en este último extremo y muy cerca del camino que va de Calderón a Llano Chico, y después de tomarse todas las visuales posibles a los puntos más salientes de cada lado de la mencionada base, se advirtió que una de las lomas aprovechables, la de **Collas**, no podía ser observada, quedando únicamente visible y rasando el horizonte, la da **Gualagüincha**.

Hecho esto, tratamos de prolongar un poco la base para disponer de una longitud ma-

yor; pero ni esto pudo efectuarse a causa del rápido aumento de la pendiente que ya pasaba del 7%; y porque, aumentada su longitud en cualquiera de sus dos sentidos, los verdaderos puntos aprovechables, en la loma de **Carretas**, iban sucesivamente desapareciendo del escenario de operaciones.

Estos motivos habrían sido suficientes para que nuestro criterio se decidiese a no pensar más en los llanos de Calderón como adecuados para medir una base; pero era preciso que abondáramos la cuestión desde otros puntos de vista, como: la carencia absoluta de visibilidad entre los puntos vértices del primer cuadrilátero, especialmente, entre los de **Carretas** y **Guápulo**. Si bien pudo disponerse de una extensión mayor para la base (4300 m.), paralelamente a la carretera principal que va desde **Carretas** hasta **Calderón**, los puntos de apoyo para el trazado del primer cuadrilátero, o eran puntos muertos, o de ninguna importancia para tener la mejor conformación de la figura, o de solución imposible para los enlaces con la red primaria.

Por estas razones tuvimos que desechar el proyecto de elegir la zona de **Calderón**, como una de las más adecuadas para medir la base geodésica.

Sin embargo, no debemos dejar pasar en silencio, que la loma de **Gualagüincha** será muy importante en el problema de las triangulaciones, primarias o secundarias, para cuando se efectúe el trazado de la correspondiente red que debe atravesar por dicha zona.

## MACHACHI

El primer día, desde una loma dominante y contigua a la hacienda de **Aichapicho**, efectuamos el reconocimiento de toda la planicie, inclusive sus alrededores y las faldas del **Rumiñahui** y **Paschoa** en el lado oriental, y las del **Corazón** y **Atacazo** en el occidental, y opinamos: que la única zona posible para una base era la que se extiende desde la hacienda "La Calera" hasta la de "Los Potreros" y nó la que se halla comprendida entre **Tambillo** y la hacienda "La Calera"; en primer lugar por los montículos que vuelven el terreno completamente desigual; en segundo

lugar, aun cuando el terreno fuese en esa parte llano, el desarrollo de un cuadrilátero, sea por ampliación de la base, sea por el arranque directo de la red triangular, es tan limitado y estrecho que no ofrece ventajas de ninguna clase. Estas fueron las razones por las cuales se abandonó esa zona para constituirnos en la más próxima a la población de Machachi, a saber, en la que comprende las hermosas dehesas de Aichapicho y los Potreros.

Localizado que fue el primer punto de la base, avanzamos a pie hasta la misma población de Machachi, no sin darnos exacta cuenta de todos los detalles del terreno observado en la mañana. De Machachi continuamos hacia el Sur y hasta un punto desde el cual creíamos inútil proseguir con el estudio de reconocimiento, aun en el caso de que fuese necesario prolongar más la base conforme a las exigencias locales; y, al caer de la tarde, emprendimos marcha de regreso a Alóag, soportando la lluvia y el viento que nos azotaba de frente.

Al día siguiente instalamos en el paradero del camino a Alóag y muy cerca de la puerta de entrada a la hacienda de "El Obrero", los aparatos de reconocimiento, entre otros, el telémetro "Zeiss" y la plancheta de pínulas. Orientado el telémetro al primer montículo del Norte, dió por resultado una distancia de 3600 metros; y, luego, con la plancheta se tomaron todas las visuales útiles al Oriente y Occidente de la proyectada base. Terminada esta primera parte del trabajo, iniciamos la segunda recorriendo a pie la alineación-base con el objeto de anotar todas las dificultades que encontraríamos en el trayecto. En efecto, no bien hubimos recorrido la distancia de 2200 metros, después de atravesar zanjias y desagüaderos que dividen las dehesas, dimos con una quebrada que imposibilitaría por completo la instalación de los aparatos Jäderin. La primitiva distancia quedó entonces reducida a 2200 metros.

Esta circunstancia nos hizo perder toda esperanza, en el sentido de que no nos sería posible obtener siquiera un regular cuadrilátero que correspondiese a las características generales de concordancia entre sus elementos para el cómputo exacto de los valores, dentro de ciertos límites tolerables.

No cabe dudar que la zona de Machachi era muy tentadora por muchos conceptos, entre otros, por la fácil determinación de la altitud de una de los extremos de la Base, una vez que, después de pocos días, la Brigada de Nivelación de precisión se encontraría operando en dichos lugares. En casos como el presente, no hay sino que buscar el máximo de conveniencias para el mejor éxito del trabajo.

## YARUQUI

Hacemos centro de nuestras operaciones de reconocimiento en Alpachaca que se encuentra a una legua más o menos de Yaruquí. La zona de reconocimiento está comprendida entre las quebradas de Santa Rosa cerca de Yaruquí, y la de Alpachaca no muy distante del anejo de Tababela; y atraviesa las siguientes haciendas: San Agustín, Santa Rosa y Oyambarillo.

(a). **Condiciones del terreno.** La zona de Yaruquí reúne casi en su totalidad las condiciones necesarias para el objeto que nos proponemos alcanzar, a saber: la medición de una base geodésica para el levantamiento topográfico de la Provincia de Pichincha. Es completamente llano y con una pendiente que apenas puede variar entre el 1 y el 1,5% en sus  $4/5$  de longitud y alcanzar, en el resto, a lo más, el 2,5%; bien seco en toda su extensión; descubierto en su totalidad; sin obstáculos que remover o rellenar, como: zanjias y pantanos; en una palabra, no hay nada, absolutamente nada, que se oponga a la medición de la base, cuya extensión puede alcanzar hasta 10 Km. en las condiciones indicadas. La carretera que une los pueblos de Yaruquí y Puenbo tampoco puede considerarse como obstáculo para la recíproca visibilidad de los extremos de la base, porque bastaría construir, en el cruce de la alineación de ésta con aquella, dos puertas anchas, que, a la vez, asegurarían los sembrados de las haciendas de Santa Rosa y Oyambarillo, cuyos linderos están limitados en esta parte por dicha carretera. Por lo demás, si la base ha de atravesar los terrenos adyacentes, lado ocidental, a la misma hacienda de Oyambarillo, el trabajo de apertura de la alineación se reduciría al de simple desbrozo de las cercas que dividen los sembrados; mas, si la orientación de la línea ha de atravesar el bosque-

cillo de nogales de la misma hacienda de **Oyambarillo**, lado occidental, el trabajo de apertura quedaría salvado con sólo derribar, tal vez, media docena de dichos árboles.

(b).—**Ventajas de tiempo y dinero.** Las condiciones favorables que del terreno acaban de indicarse, son más que suficientes para que entremos a considerar las enormes ventajas de tiempo y dinero que se reportarían con la medición de la base en Yaruquí.

En efecto: si consideramos el factor **tiempo**, no podemos menos que convenir en que las argumentaciones que se hagan en contra del proyecto tienen que caer todas por su peso, por la sencilla razón de que, siendo dicho terreno completamente llano y libre de toda clase de obstáculos, es muy natural su poner que las mediciones deben hacerse en un tiempo relativamente corto del que se emplearía en otro terreno que no reuniere las condiciones favorables del **Yaruquí**. Por lo tanto, el menor tiempo en medir la base trae consigo la inmediata **amplificación** de ésta para el trazado de la gran red geodésica.

Si hemos de referirnos ahora al factor **dinero**, afirmamos también, que los gastos tienen que reducirse necesariamente al porcentaje más mínimo que calcularse puede; pues, si no hay obras de arte, ni terraplenes, ni desbanques que ejecutar para poner a salvo el caso de visibilidad, claro está que nuestro criterio se inclina necesariamente en defensa de la medición de la base en la planicie de Yaruquí, comprendida entre la hacienda de **Oyambarillo** y la de **San Agustín**, cerca de **Caraburo** (uno de los extremos de la Base de Lacandamine, siglo XVIII).

De lo expuesto se deduce, que los factores **tiempo y dinero** vienen en ventaja para el Estado y el Servicio Geográfico Militar; al primero, evitándole gastos cuantiosos, y al segundo, facilitándole la inmediata ejecución del levantamiento topográfico de la Provincia de Pichincha.

(c). **Altitudes de los extremos de la Base.** Habría sido muy importante que la Base de operaciones se hallase muy cerca de Quito para la inmediata solución del problema de las altitudes; pero esta consideración, si bien de

carácter importante, en nada menoscabaría la oportunidad con que se obtendría la altitud de uno de los extremos, antes de que los demás trabajos geodésicos llegasen a su término, una vez que la correspondiente Brigada de Nivelación cumplirá en tiempo preciso con su cometido.

Hagamos cuentas: la **nivelación de precisión**, a más tardar, quedará concluida hasta Quito el 15 de febrero próximo (1931), salvo fuerza mayor; mas, por lo que se refiere a la nivelación desde Quito hasta Yaruquí, se ha calculado en sólo dos meses, esto es, que hasta el 15 de abril del mismo año ya quedará determinada la altitud de uno de los extremos de la Base.

Por otra parte, según la carta del General Georges Perrier, los aparatos Jaderin llegarán al Ecuador en tiempo oportuno; y dando de barato que tanto la medición de la Base como la construcción de las señales de los vértices de la red se terminasen en el primer semestre (1931), en el segundo, la campaña geodésica de 1931-1932, no habrá llegado tampoco ni a la mitad del programa a desarrollarse. Por consiguiente, la medición de la Base se efectuará oportunamente, sin que el programa geodésico sufra ningún quebranto.

(d).— **Amplificación de la Base.**—A fin de que nadie eche a imaginación los puntos básicos, en que nos hemos apoyado en la investigación concienzuda de todas las características de una **Base amplificada**, nos damos a la regular tarea de revolver cuantos documentos estaban a nuestro alcance para extraer datos que justificaran, hasta la evidencia, todas las circunstancias que deben concurrir en el trazado de una red geodésica, previas a la medición de la Base de Yaruquí.

Sabemos, en general, que el trazado de una triangulación debe apoyarse siempre en una base medida directamente; pero, en el terreno de los hechos, las triangulaciones de primero, segundo y tercer orden se garantizan con bases llamadas **amplificadas**, que no son sino los mismos lados o cualquiera de las diagonales del cuadrilátero fundamental, calculados en función de la misma Base.

Los datos en referencia quedan bien resumidos en los gráficos que insertamos en este Capítulo (láminas V, VI, VII y VIII); pues, aun cuando dejemos aquí este punto, que habremos de tratar luego, era necesario que previamente tuviésemos a nuestra vista algo concreto que justificara, como ya lo hemos dicho, nuestro criterio en la elección del terreno para medir una Base. ¿Qué mejor dato que la variedad, en dichos gráficos, de las formas en los trazados del cuadrilátero fundamental, exigidas, unas, por las características del terreno, y otras por las condiciones especiales de problema?

En el análisis que hacemos, hemos tomado en cuenta las principales bases medidas en algunos países, durante estos últimos años por los geodestas modernos, para compararlas con las que fueron medidas en el Ecuador por la Misión Geodésica Francesa y con la que va a ser medida por el Servicio Geográfico Militar.

Para la amplificación de una base debemos considerar: en primer lugar, que la conformación de los cuadriláteros obedece únicamente a las condiciones especiales del terreno en que se opera, por lo que el desarrollo de la red es en unos lugares más complicado que en otros; en segundo lugar, que la longitud de la base varía con las circunstancias especiales del mismo terreno; en tercer lugar, que la **amplificación de la base** debe ser inmediata para evitar el acumulamiento de errores; en cuarto lugar, que la base medida directamente puede ser uno de los lados o una de las diagonales del primer cuadrilátero; y en quinto lugar, que las figuras que se prefieren son: los trapezoides, los trapecios, los paralelogramos, los romboides a cualesquiera otras de las formas cuadrangulares.

Si estas son las características generales que deben concurrir antes de medirse una base geodésica, fácil nos será ahora venir en conocimiento de que las principales existen en el respectivo proyecto (lámina VIII), previa comparación con las figuras transcritas en las láminas V, VI y VII, y que, por lo mismo, no sólo se ha tenido la gran suerte de dar con las características de las formas clásicas de un cuadrilátero, sino también de poder enlazar nuestra red con la de primer orden de la Misión Francesa.

\*  
\* \*

En nuestro natural deseo de agotar toda clase de pruebas con respecto a la importancia de la Base en la mencionada zona, la Comisión creyó conveniente dar de hecho comienzo al tercer reconocimiento, que tuvo por objeto estudiar la posibilidad del trazado de las redes a cada lado de la Base fundamental. Esto era tanto más necesario cuanto que se trataba de salvar, para el presente y el futuro, una de las más graves responsabilidades de la misma Comisión: alcanzar el buen éxito de las operaciones geodésicas y comprobar su exactitud con las dos bases de referencia medidas directamente por la Misión Geodésica Francesa, en Riobamba y San Gabriel.

El tercer reconocimiento se efectuó en el orden que sigue:

#### 1.º LULUNLOMA

Dos días después del segundo reconocimiento de la zona de Yaruquí, nos trasladamos a un punto denominado **Lulunloma** (3000 m), que está situado en la hacienda "San Agustín", enfrente del **Cerro de Puntas** y al principiá el páramo. Desde dicho lugar comprobamos con la plancheta las visuales que fueron tomadas desde los extremos de la Base; comprobamos también la visibilidad recíproca de todos los vértices que pueden señalarse en las estribaciones de la cordillera comprendida entre Pambamarca y el Cotacouche, y por último, dirigimos rumbos al Pambamarca, al Casitagua y al Pichincha, vértices de la red geodésica francesa.

#### 2.º SAN JOSE DE PUEMBO

En el informe relativo al primer reconocimiento se manifestó que en San José de Puenbo había también un terreno casi llano y de poca pendiente, en el cual podía medirse una base. Fuimos allí, y encontramos que en esta loma apenas podía aprovecharse de una longitud de 1 Km. más o menos, pero sin las condiciones favorables de la zona de Yaruquí; por lo que la Comisión creyó inútil iniciar en dicha loma los trabajos de reconocimiento, teniendo como se tiene, a un cuarto de hora de camino, un terreno con cien mil ventajas para la medición de una base geodésica.

### 3º EN EL GUANGUILTAGUA

Pasamos, luego, a la loma situada entre las haciendas de **Monteserrín** y **Miraflores**, cerca de Nayón. Formamos estación al Norte de esta última, con vista a Monteserrín y a los extremos de la Base de Yaruquí. Inspeccionado el horizonte tuvimos que desechar todas las visuales hechas a Monteserrín desde los extremos de la Base, por encontrarse esta loma en un nivel inferior a la del Sur de Miraflores. Nos trasladamos luego a la loma de **Guanguiltagua**, situada en la hacienda del señor Jorge Serrano. Elegido el punto desde el cual había el máximo de visibilidad, instalamos la plancheta para tomar las siguientes visuales: Iñaló, Monjas, Puengasi, Cancillo, Ungüi, Pichincha, Lalunreco, Catagua y Guadaluñcha, puesto que por esta loma pasaban también todas las visuales tomadas desde los dos extremos de la Base.

Como el horizonte estaba bien despejado, anotamos la existencia de tres lomas muy importantes para cuando se haga la triangulación de cuarto orden, y son: la primera en la zona central de la población de Guayllabamba; la segunda en **Oyacoto** y enfrente de **Caraburo**, y la tercera, en la dirección de las vueltas de **Carretas**, llamada "Quintana". Con respecto a las dos primeras hay la particularidad de que una de ellas está situada a la izquierda y la otra a la derecha de la cuenca del río de Guayllabamba.

A propósito de la loma "Guanguiltagua", encarecemos su importancia como punto céntrico de observaciones, por ser dominante de las siguientes zonas: Calderón, Llano Chico y Nayón; Guayllabamba y Malchingüi; Tabacundo y parte de Cayambe; Ascáubi, el Quínche, Pifo, Pucumbo, Tumbaco y Cumbayá; el Iñaló y Puengasi; gran parte del valle de los Chillós; el Sincholagua, el Cotopaxi, el Pasochoa y el Rumíñahui; el valle de Chilligallo, Quito y toda la faja que se extiende desde esta ciudad hasta los alrededores de Cotacollao. Si desde esta misma loma se crean visuales a las prominencias de la cordillera oriental y occidental, creo que no habrá uno solo de los vértices de la red principal, en la Provincia de Pichincha, que se escape a la observación. Toda ponderación respecto a la gran visibilidad del horizonte desde la loma de **Guanguiltagua**, no sería bastante si hemos de atendernos a la realidad de

los hechos: es preciso ir allí para convenirse de que es el punto más adecuado para las observaciones del horizonte, como tiene que serlo también la loma denominada "Quintana".

### 4º PUENGASI

Se hacen análogas observaciones a las efectuadas en la loma de **Guanguiltagua**. El resultado de este reconocimiento consiste en haberse obtenido triángulos casi ideales, como el equilátero, y la posibilidad inmediata de proceder al levantamiento topográfico de la zona de Quito, como puede verse en la respectiva lámina VIII. Por lo que se refiere a la continuación del trazado de la red en el Norte y Sur de Quito, así como también en el valle de los Chillós, no hay nada que se oponga.

### CONCLUSIONES

Los reconocimientos efectuados no han tenido otro objeto que justificar con hechos la importancia de la Base de Yaruquí, no sólo por su inmediata amplificación sino también por la gran facilidad para el trazado de las redes en todas las direcciones posibles. Así, por ejemplo, por lo que se refiere a la zona de Quito, se puede llegar a ella con suma rapidez, obteniéndose una conformación clásica en el primer triángulo; y si hemos de referirnos a las demás zonas, las facilidades en el trazado de las redes son igualmente excelentes.

En mi calidad de Jefe de la División Geodésica Militar, debí intensificar el trabajo para formarme un juicio sereno y justo de las consecuencias posteriores a la medición de la Base de Yaruquí, a causa de la gravísima responsabilidad que sobre mí pesaba. Mi conciencia permanece ahora tranquila; y formulo, por lo mismo, las siguientes conclusiones:

1a.—La Base debe medirse en la zona de Yaruquí desde la hacienda de San Agustín hasta la de Tababela u Oyambarillo, en una longitud variable entre 4 y 5 Km., para que las figuras geométricas entren de Lecho en la forma clásica, tal como se indica en la lámina VIII.

2a.—La Base a que me refiero, tiene todas las características de una geodésica, por sus in-

mediatas consecuencias en el trazado de las redes triangulares.

3a. Con la Base en esa zona se obtendrá lo que se desea, a saber: ir rápido a uno de los lados de la red francesa para las comprobaciones posteriores.

No creí oportuno presentar los resultados contenidos en la presente memoria en forma de planilla, si cabe la expresión, sino en la de una detallada relación sobre el trabajo realizado, para que se advierta cómo tuvo uno que ajustarse a cada caso, según las exigencias particulares del punto estudiado, claro está, aprovechando las circunstancias tales como se presentaban.

En los recorridos efectuados no se ha dejado señal ninguna de los puntos observados, para poder modificar su localización cuando dichas señales se constriyan, tomando en cuenta las condiciones favorables del terreno, la visibilidad de los puntos, la buena conformación de las figuras geométricas y otras circunstancias que sólo la experiencia propia sugiere.

En previsión de que alguien pudiera preguntar: ¿por qué no se aprovechó de la Base Geodésica de los Académicos Franceses, en lugar de medir obra en la misma zona de Yaruquí? Contesto: la reconstrucción de las pirámides de Caraburo y Oyambaro ordenada por don Vicente Rocafuerte, no tiene ninguna prueba científica de que éstas fueron levantadas en los mismos puntos extremos de la Base de Lacudamine; hay más bien, según consta en la historia de dichas pirámides, todas las sospechas fundadas de que se hallan fuera de los extremos de la base medida por Bouguer y Godin, a mediados del siglo XVIII.

La Comisión no estudió la zona de Cayambe, por las dificultades que se tropezaba de llevar a ella, en el menor tiempo posible, la nivelación de precisión.

Si se ha de juzgar ahora los resultados obtenidos, sea por el itinerario seguido o por el tiempo utilizado, sea por las precauciones tomadas, no hay que atribuirlos al conocimiento previo que del terreno se haya tenido, sino a la siguiente circunstancia: que simplemente se trató de elegir un terreno que reuniese mayor número de ventajas para medir una

base geodésica y de la cual se sacase el mayor provecho posible con respecto a las redes triangulares que deben cruzar el territorio íntegro de la Provincia de Pichincha, y a la comprobación de los trabajos con las dos bases geodésicas de Riobamba y San Gabriel. Es por esto por lo que las excesivas precauciones que se han tomado, nunca pueden considerarse bastantes para un trabajo que entraña una de las más graves responsabilidades para la División Geodésica Militar.

Esta responsabilidad se deriva de una doble causa: la una **práctica** y la otra **científica**. La primera consiste en dar unidad y conexión a los levantamientos topográficos de grandes extensiones de terreno, proporcionando las coordenadas geográficas de todos los puntos o vértices de las redes triangulares, así como también las longitudes o distancias y las orientaciones de los lados que unen los vértices, para encuadrar todas las operaciones topográficas. La segunda consiste en el aporte de verdaderos datos científicos para el conocimiento de la forma y dimensiones de la Tierra.

Como consecuencia de todo esto, debo hoy aseverar lo siguiente: que los trabajos hasta ahora realizados en la Provincia del Chimborazo por el Servicio Geográfico Militar, forzoso es reconocerlo, han obedecido todos a una sola unidad de acción, tanto en los métodos científicos que son los más modernos, como en la misma organización que puede considerarse autónoma, sin la cual el Servicio Geográfico Militar no habría podido ni desenvolver sus ideas, ni menos ejecutar sus trabajos y por así garantizar el éxito de las empresas geodésicas, topográficas y fotogramétricas acometidas hasta hoy con valor y constancia por todos los que integran dicha Institución.

Los resultados obtenidos hasta hoy, - me refiero a las hojas topográficas ya concluidas -, son prueba evidente de la unificación de los trabajos geodésicos y topográficos, que, a decir verdad, se destacan, al primer golpe de vista, en esas mismas hojas que sintetizan, no sólo la competencia de nuestros cartógrafos, sino también el esfuerzo unánime de cuantos han contribuido para que ellas sean tan precisas y completas como las que Alemania, Francia, Inglaterra o Italia publican.

sin la unidad de acción, la inercia, como la latencia pasiva, habría ya sentido sus reales; y hasta ahora nada de importante o útil se habría realizado.

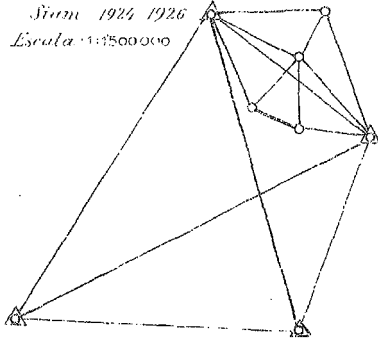
Cada vez que medito en el gigantesco esfuerzo que el Servicio Geográfico Militar viene ejecutando y en lo que realmente ha producido, sin más poder que el poder de su fe en el buen éxito que se persigue, bajo los auspicios de quienes en verdad le apoyan; y cada vez que pienso en lo que aun falta por hacerse y llevarse a cima, a pesar del escepticismo que en muchas personas es aún inane

gable, por su indebida comprensión de que el mero esfuerzo es la roca inmovible sobre la cual se levantan las grandes obras, mi espíritu lejos de intimidarse a la sola idea de su magnitud y de las dificultades con que siempre se tropieza, se reanima más y más, y no pierde esperanzas en el seguro avance de sus propósitos, así como el marino que entra a velas desplegadas en el mar de las embravecidas olas, cuando, con loable intento de llegar al puerto de su destino, lucha imperterritito contra todos los elementos que se le oponen.

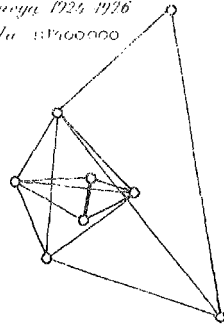




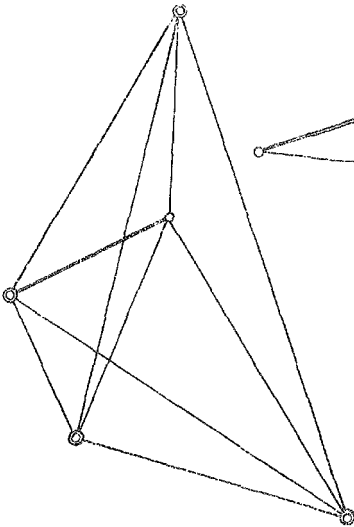
Siam 1924-1926  
Escala 1:2500000



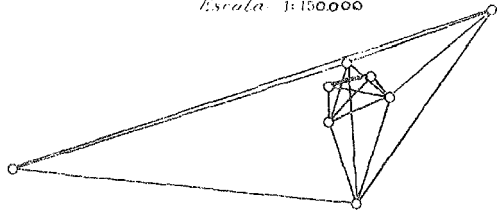
Noruega 1924-1926  
Escala 1:1400000



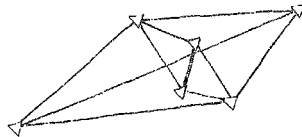
Francia 1924-1927  
Escala 1:3000000



Tenerife  
Escala 1:1500000



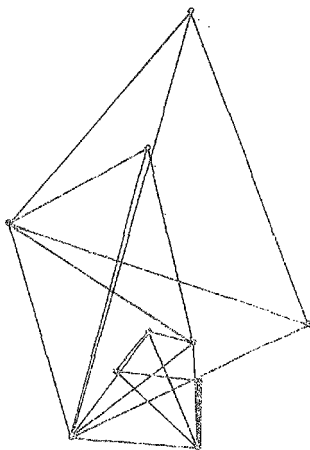
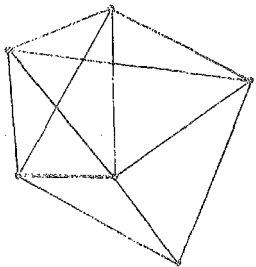
Japón 1924-1926  
Escala 1:6000000



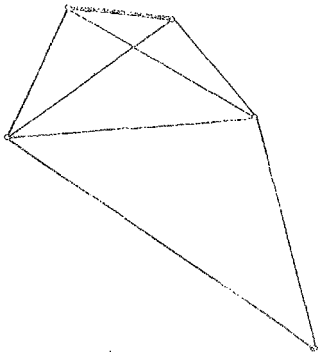


MEJICO 1924-1927

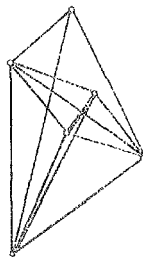
ALEMANIA



NORUEGA 1924-1926



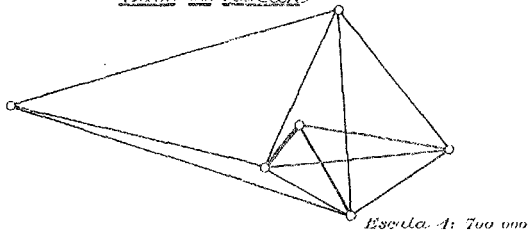
GRECIA 1886



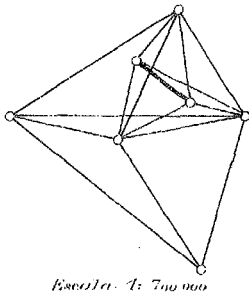


**ECUADOR**  
Misión Geodésica Francesa.  
1899-1906

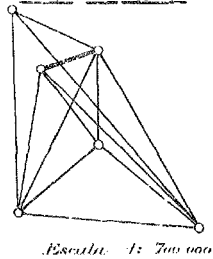
Base de Tulcán



Base de Rimbamba



Base de Paita



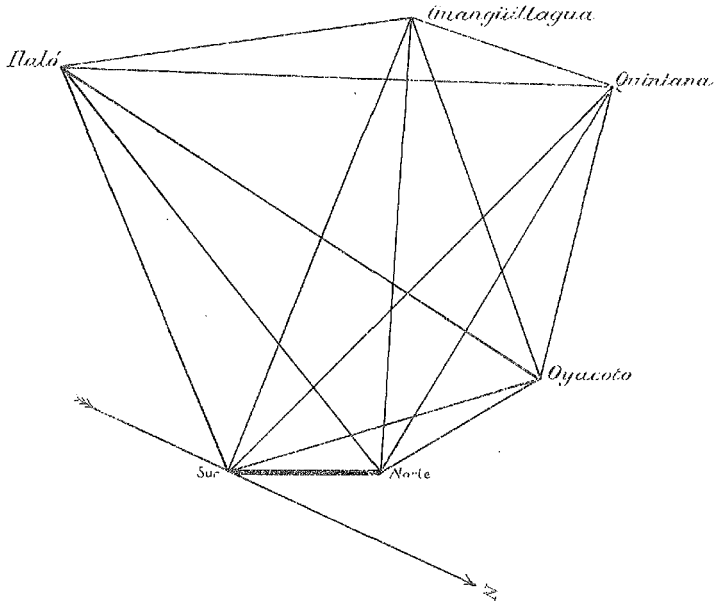


# ECUADOR

SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR.

1930-1931

En la zona de Yaruquí - Provincia de Pichincha.



Longitud. de la Base 4.273 m





CAPITULO II

MOVILIZACION DEL PERSONAL  
Y ALINEACION DE LA BASE GEODESICA



## 1º PREPARACION DE INSTRUMENTOS Y MAS MATERIALES PARA EFECTUAR LAS OPERACIONES PREVIAS A LA MEDICION DE LA BASE DE YARUQUI

Como en toda clase de proyectos, y antes de dar comienzo a las operaciones definitivas, debe conocerse con la suficiente aproximación la orientación de la línea base con respecto al norte astronómico, su extensión y las coordenadas geográficas: longitud, latitud y altitud de cada uno de sus extremos, el señor Jefe de la División Geodésica, ordenó que en la Sede del Servicio se alistaran los siguientes instrumentos: el altímetro "Pistor y Martins" para la determinación de la longitud, latitud y el acimut astronómico de la base; el taquímetro "Otto Fennel" para la alineación y levantamiento topográfico de la línea base, en orden a obtener su longitud aproximada y los datos consiguientes a las sinuosi-

dades del terreno; un hipsómetro; dos cronómetros (uno de tiempo medio y otro sideral); tablas de cálculo y más accesorios correspondientes a cada uno de dichos instrumentos.

Como materiales de campo, se prepararon cuatro grandes carpas o tiendas de campaña para el servicio del personal, y las herramientas necesarias para la construcción de los extremos de la Base.

El alistamiento de instrumentos y materiales duró una semana; y el 4 de Febrero de 1931 pudo la Comisión nombrada ponerse en camino a la zona de Yaruquí.

## 2º TRABAJOS PRELIMINARES A LA CONSTRUCCION DE LOS EXTREMOS DE LA BASE

a).—Traslado del personal de Quito a Yaruquí y primer reconocimiento de la línea-base

En los días 2 y 3 de Febrero de 1931 el personal, bajo la dirección del Cap. Samuel Jarrín, transportó en la camioneta del mismo Servicio Geográfico Militar, los instrumentos, carpas, herramientas, camas de campaña y víveres, desde la Sede del Servicio hasta la Estación Remontada situada en el extremo sur de y el día 4 del mismo mes, en el tren del Norte, al y desde allí, a pie, hasta lo Alpachaca que se halla fin de la zona de operación y a 1,5 Km de Puemalino de herradura que ones.

En los días 5 y 6, el personal de tropa se ocupó únicamente en la instalación de carpas y traslado de todo el cargamento dejado en Yaruquí, en casa del señor Ignacio Ron. La conducción del cargamento duró dos días seguidos, debido a que el señor Alfredo Cevallos Narraño, Teniente Político de Yaruquí, no pudo proporcionar peones por la dificultad de conseguirlos.

El día 7, correspondiente al último día de la semana, fue necesario que todos se ocupasen en dejar definitivamente instalado el campamento y terminada la construcción de dos chozones para el servicio de rancho, tanto del personal técnico como del de tropa, puesto que durante el día era imposible ocupar las carpas por el excesivo calor en su in-

terior. En este mismo día se despacharon comisiones para buscar forraje para seis acémilas proporcionadas por la Dirección del Servicio Geográfico Militar y procurarse leña para el servicio de cocina, por cuanto ni lo uno ni lo otro pudo conseguirse en los alrededores del campamento.

El reconocimiento de la zona comprendida entre las pirámides de **Caraburo** y **Oyambaro** (12 Km más o menos de distancia entre los dos) tuvo por objeto estudiar la amplitud del terreno y descubrir los sitios desde los cuales podía verse la mira instalada en el mojón del **Italó**, sin cuya visibilidad habría sido casi imposible el trazado del cuadrilátero fundamental con dicho vértice. Como el primer resultado de este reconocimiento se concretó a que dicha mira sólo podía verse desde **Caraburo**, desde el campamento "Alpachaca" y desde el extremo sur de la base proyectada, mas no desde su extremo norte, situado en los llanos de Santa Rosa contiguos a los de S. Agustín, se conjeturó que la invisibilidad de la mira desde este último lugar obedecía a la existencia de un bosque en el mismo **Italó**; por lo que se ordenó, como pronta providencia, su descuaje en la zona que intercepta el campo visual. En el caso de que la invisibilidad proviniese de cualquiera otra causa, se previó que la dificultad quedaría resuelta con sólo construir otro mojón en la prominencia izquierda vista desde Yaruquí, siempre que desde allí quedaran visibles las lomas de **Puengasí**, la del **Pancillo** y las de los **Batanes**, para que el primer mojón construido en el mismo **Italó** sirva de vértice auxiliar en la prolongación de las operaciones geodésicas hacia el Sur o el valle de los **Chillos**.

A este propósito, nos incumbe esclarecer desde ahora la importancia y necesidad de los puntos auxiliares en los problemas geodésicos; y sin extendernos demasiado, decimos: que la construcción de vértices auxiliares o puntos de apoyo a pequeñas distancias, es imprescindible en los terrenos montañosos como el nuestro, por su demasiada irregularidad, cuando las redes triangulares de enarto orden tienen que atravesar las zonas de los terrenos bajos; de lo contrario, la prolongación de las redes sería imposible por la invisibilidad del vértice en todas las direcciones del horizonte sin el auxilio de puntos auxiliares.

30 —

En esta virtud, se impartieron las órdenes del caso para que la Primera Brigada Geodésica, encargada por el momento de la construcción de los vértices, hiciera el descuaje de la montaña del **Italó** en la parte que intercepta las visuales. En consecuencia, el señor Director del Servicio me comunicó que el día sábado, 14 de Febrero de 1931, se descuajaría el bosque; y para que este trabajo no se malograra, volvió a insistir en el mismo asunto, por teléfonema dirigido al señor Director del Servicio, y en el cual se advierten: la instalación de objetos visibles en los extremos de la Base y, entre otras cosas, para conocimiento de la Superioridad Militar, el informe sobre la constancia del personal en el buen desempeño de sus deberes.

He aquí el parte: "Yaruquí, a 12 de Febrero de 1931. Señor Director del Servicio Geográfico Militar: Sirvase indicar a los que vayan al **Italó** se fijen en las miras de madera, que el sábado de esta semana estarán instaladas en los extremos de la Base, para que, refiriéndose a estas señales, puedan efectuar el descuaje del bosque. A las seis de la tarde de ayer se terminó la primera alineación de la Base y se señalo sus extremos por medio de estacas provisionales.—Si usted, con la intervención del señor Coronel Giacomo Rocca, nos mandara un buen número de jalones pidiéndolos prestados al Batallón de Ingenieros N° 2, nos haría un inmenso bien, por cuanto los furcroyas (1) que empleamos como jalones, se confunden por su color verde con el verde de los sembrados.

"La consecución de materiales, como piedra y arena, está presentándose muy difícil, debido a la gran profundidad de las quebradas donde dichos materiales se encuentran. Por lo demás, me complazco en comunicarle que a las seis de la mañana se da comienzo a los trabajos y se suspenden éstos a las seis de la tarde, sin más interrupción que el tiempo del almuerzo; pues el entusiasmo con que todos cumplen con sus deberes, sin fijarse en el transcurso de las horas, estoy seguro de que producirá allá su debido efecto, tanto más cuanto que los resultados hasta ahora obteni-

(1) El furcroya se lo conoce en nuestras altiplanicies con el nombre quicha de "chaguarquero". El furcroya pertenece a la familia de las agáveas, y tomó el nombre de un químico francés llamado Fourcroy.

dos, se han efectuado en un tiempo muy corto y sin más impulso que la voluntad de cada uno de los operadores. El Jefe de la División Geodésica.—(f.) L. G. Tufiño”.

b). **Alineación de la Base.**—Se principió por formar un terraplén de 1.0 metros de largo por 0.40 de ancho en la parte más plana del campamento, terraplén trazado a cuerda, para corregir o determinar la **estadia** del taquímetro “Otto Fennel”. Concluido este trabajo, se instaló el instrumento y se hicieron todas sus correcciones, inclusive la determinación del **número generador** para el cálculo de las distancias.

Como valores instrumentales anotamos los siguientes:

1º El taquímetro es de graduación centesimal de 0 a 400 grados; la menor división del limbo (horizontal y vertical) vale 10 minutos y con el vernier puede apreciarse el minuto centesimal.

2º Lo importante en el taquímetro es el círculo rápido de los ángulos de altura, referidos a uno de los verniers. Anotadas las ca-

	8
Vernier I .....	108,66
Vernier II .....	308,65
Suma .....	417,31
Promedio .....	108,055
E. índice .....	,010
Valor corregido .....	108,645
Horizonte .....	100,000
Altura .....	8,645

En el primer ejemplo, la altura es **negativa**, porque el valor corregido es mayor que 0; en el segundo, la altura es **positiva**, porque el valor corregido es menor que 100, en dirección al sentido de la graduación creciente del círculo cuando el anteojo, en su posición directa, se mueve al contrario de las agujas de un reloj, colocado el observador frente al círculo.

Adviértese que en la cápsula que cubre el montaje del retículo y de los tornillos regu-

lacterísticas principales de este círculo y efectuada la corrección del diámetro de los microscopios, se determinó luego el **error índice** para el cálculo de las alturas **positivas o negativas** con relación a la línea del horizonte, esto es, cuando la línea de **colimación** y la línea de fe del nivel del anteojo son paralelos entre sí y perpendiculares al eje vertical del instrumento. En este caso, cuando el anteojo ocupa la posición horizontal, la lectura con el **vernier I** debe ser siempre 100  $\mp$  el **error índice**.

Cuando el anteojo ocupa la posición horizontal, el 0 del círculo se encuentra hacia el cenit y la división 200 en la parte opuesta. Por consiguiente, cuando las lecturas del círculo son inferiores a 100 (vernier I), las pendientes son **positivas**, es decir, que el punto observado se halla sobre la línea del horizonte; en el caso contrario, las pendientes son **negativas**, es decir, que los puntos observados están bajo la línea del horizonte. De aquí se deduce que los ángulos de altura, después de obtenido el promedio de los dos verniers, se calculan fácilmente por la sencilla diferencia a 100 de las lecturas referidas al **vernier I**.

Pongamos los siguientes ejemplos:

	8
Vernier I .....	92,53
Vernier II .....	292,53
Suma .....	385,06
Promedio .....	92,53
E. índice .....	- 0,01
Valor corregido .....	92,52
horizonte .....	100,00
Altura .....	+ 7,48

ladores están grabados números romanos. Estos números sirven para indicar la posición directa e inversa del anteojo en la determinación del **error índice** con respecto al grado 100 leído con el **microscopio I**, cuando la línea de **colimación** señala el horizonte. Esta es la razón por la cual no hay necesidad de hacer con este taquímetro lecturas conjugadas para determinar, con exactitud, los ángulos de altura, una vez que se conozca de antemano el **error índice** del instrumento en las dos posiciones del anteojo; por

lo que indicamos a continuación el procedimiento que debe seguirse en la determinación del error índice.

Se principia por elegir el punto más lejano que se halla cerca del horizonte, corregido que fuese el instrumento de todos los errores instrumentales, especialmente, del **error de colimación**. Colímese el punto en la posición directa del anteojo y háganse luego las lecturas del círculo con los dos microscopios I y II; póngase enseguida el anteojo en la posición inversa, vástase a colimar el mismo punto y anótese las lecturas del círculo con los microscopios I y II. El promedio de cada una de las dos series, nos dará a conocer los resultados con respecto al **microscopio I** en ambas posiciones del instrumento.

Como la observación de un mismo punto en las dos posiciones del anteojo equivale a medir el doble de la distancia nadiral o cenital del instrumento (**doble distancia nadiral**, cuando el cero del círculo se encuentra en la parte superior, y **doble distancia cenital** cuando el cero del círculo se encuentra en la parte inferior), el valor correspondiente a la semisuma de las lecturas del círculo en las dos posiciones del anteojo, nos da a conocer cuál es la lectura del círculo con el **microscopio I** cuando el anteojo se halla dirigido al nadir o al cenit. Por consiguiente, si de la distancia nadiral o cenital del instrumento, en el momento de la observación, quitamos el valor de un cuadrante, la línea de colimación quedará entonces señalando el horizonte.

Además, las colimaciones de cualquier punto deben hacerse siempre con el mismo borde del hilo, cualquiera que fuera la posición del anteojo: pues, las expresiones "**borde superior en la posición directa y borde inferior en la posición inversa**" son de valor aparente y no real, una vez que el borde superior del hilo,

en una de las posiciones del anteojo, pasa a ser inferior en la otra. Cuando el horizonte instrumental da una lectura inferior a 100, el error índice es **positivo**; y en el caso contrario, **negativo**.

En el taquímetro, de la Casa "Otto Fennel", se ha introducido una importante modificación, que consiste en poder desplazar de abajo hacia arriba, o viceversa, el campo óptico del anteojo para evitar el error de paralaje, cuando el eje óptico no coincide con la visual del ojo y forma entre los dos un ángulo que altera la precisión de las lecturas de mira.

Este movimiento se efectúa con un tornillo que se encuentra muy cerca del ocular y en su parte inferior, cuando el anteojo ocupa la posición directa. El desplazamiento vertical del campo óptico ofrece, por otra parte, mucha comodidad al observador.

Las correcciones instrumentales y la determinación del **error índice** y de la **estadia** duraron un día, debido a las oscilaciones de las imágenes por el calentamiento del aire atmosférico.

Todas estas operaciones, bajo la dirección y supervigilancia del Jefe de la División Geodésica, corrieron a cargo del Sr. Cap. de Ingenieros Horacio A. Cantos, cuyo desempeño, verdaderamente satisfactorio, desuelló más en el desarrollo posterior de las mediciones taquimétricas, como luego veremos. No menos plausible fue el entusiasmo con que cada uno de los topógrafos, señores Rafael Hidalgo C. y Víctor Manuel Madrid, le secundaban a porfía, por sus nobles propósitos de dar cima con valor y constancia y a pesar de las pésimas condiciones del clima en dicha zona, a una empresa en que se fincaba nada menos que el honor del Servicio Geográfico Militar.

### 3º OPERACIONES PRELIMINARES A LA ALINEACION DE LA BASE

Continuaremos ahora relatando las operaciones preliminares a la alineación de la Base.

Manifesté con cierto recelo en uno de mis informes elevados a conocimiento de la Dirección del Servicio Geográfico Militar, en

la parte en que hago mención especial de las condiciones favorables de la zona de Yaruquí para medir en ella una base geodésica, zona en la cual aun subsisten las pirámides de **Caraburo** y **Oyambaro** reconstruidas por el empeño de D. Vicente Rocafuerte, para perpetuar la memoria de los trabajos de los

Académicos Franceses, a mediados del siglo XVIII; manifestó, digo, con cierto recelo que la mencionada zona era la única en la parte interandina de la Provincia de Pichincha para medir en ella una base; y ahora afirmo que ésta es aún superior a la de Riobamba, donde existe la Base fundamental medida por la Misión Geodésica Francesa, por las siguientes razones: por lo llano del terreno; por la carencia absoluta de obstáculos; por la conexión inmediata de la red que va a trazarse con la primaria de la Misión Geodésica Francesa, y por la comprobación posterior de todas las mediciones que se efectuaron, obteniendo, no ya por la medición directa, sino por el cálculo, el mismo valor de la **Base fundamental de Riobamba**, dentro de los límites tolerables de ciertos errores, que no se eliminan jamás y de una manera absoluta.

Este recelillo aumentábase aún más por la dificultad de aver si daríamos o no con la mejor configuración de los triángulos y cuadriláteros, y si éstos nos llevarían a satisfacer deseos bien fundados, a saber: que en el transcurso de este mismo año la División Topográfica y Sección Fotogramétrica echaran su radio de operaciones en la zona de Quito y sus alrededores.

Das eran, pues, las dificultades que simultáneamente debían quedar subsanadas: la conexión de la primera figura, en que se halla ampliada la base fundamental geodésica, con la red primaria de la Misión Geodésica Francesa, y el inmediato levantamiento topográfico de la zona de Quito y sus alrededores, apoyándose en uno de los lados de aquella. Si bien es cierto que el segundo reconocimiento del terreno en la zona de Yaruquí confirmó la posibilidad de llevar a la práctica la solución simultánea de las dos cuestiones que acaban de mencionarse, mediante el trazado del anteproyecto de las redes triangulares, el problema total debía estudiarse ahora en todos sus detalles, para que los valores que se obtengan vayan siempre con el sello de la máxima exactitud.

Uno de estos detalles es la **alineación de la Base**, ceñida no sólo a las condiciones más favorables del terreno, sino a lo que es más importante y grave por sus consecuencias: la mejor configuración de las formas geométricas, a ser posible, las del clasicismo ideal, a fin de que se tome muy en cuenta la mayor

influencia de los errores angulares en el cálculo de los lados, en cuya exactitud, sin embargo, no debe prescindirse jamás de su relativa proporcionalidad, a causa de las dificultades que siempre existen en la práctica al efectuarse el encadenamiento de los triángulos en orden a ampliar la base y obtener así el lado del gran triángulo que debió medirse directamente.

A este respecto, no debemos olvidar que la tendencia moderna a medir bases pequeñas, es sólo en los casos en que el terreno no permite para más, siempre que se salve el principio científico que consiste en tender a medir directamente uno de los lados de la red primaria.

Que los progresos y perfeccionamientos introducidos en los aparatos y métodos para medir bases geodésicas permiten una ejecución rápida y económica de la operación fundamental, en orden a multiplicar bases para amplificarlas luego, no podemos decir con esto que deje de subsistir el principio general; y como subsiste en todas sus partes, se infiere que la medición de una base es una de las operaciones más delicadas e importantes en la alta geodesia, pues, el error que se comete, por mínimo que sea, al medirla, influye en la precisión de los resultados, por su propagación por medio de las triangulaciones a todos los elementos de la misma red.

En razón de esto el Jefe de la División Geodésica Militar hizo al personal técnico, encargado de la medición de la Base, formal recuento de las condiciones particulares del problema en referencia, para que cada uno de ellos y con criterio libre rebatiera, una a una, todas las cuestiones previas a la realización en el terreno, de la alineación de ella. Principiamos de común acuerdo por fijar, por medio de señales colocadas a distancias variables, los puntos por los cuales podía pasar la línea base; y lo efectuamos de esta manera: el Cap. Horacio A. Cantos, ayudado del taquímetro y con un individuo de tropa para las señales de bandera, debía dirigir a los demás del pelotón a clavar en tierra los jalones (**fucroyas**), traídos de antemano de las profundidades del **Guambí**; y el Jefe de la División con el Cap. Samuel Jarrín y dos topógrafos, localizar el extremo norte de la Base en proyecto, para desde allí, con rumbo a la instalación del taquímetro, poder efectuar



una primera medición a cinta de la extensión real de la línea en el terreno, siguiendo sus sinuosidades o accidentes, y compararla después con otra como se verá luego. Estos estudios eran sólo de reconocimiento, porque no se trataba sino de obtener una alineación más o menos aproximada y un valor igualmente aproximado de la longitud de la Base, para poder entrar en la discusión del problema con datos sobre las condiciones particulares del mismo terreno.

Formulado así el programa, el Cap. Cantos fija su taquímetro en la parte central del campamento, intermedio a la vez de la base en proyecto. Mientras unos soldados transportan los jalones, otros los instalan. Concluido este trabajo un tanto largo por los sembrados y por lo difícil del transporte de jalones tan pesados, y que, por otra parte, digase la verdad, no se prestaban, en primer lugar, a enclavárselos verticalmente en tierra por no ser un material completamente recto, y en segundo lugar, a no servir más de jalones porque a cierta distancia se confundían por su color verde con el verde de los sembrados en pleno desarrollo, los topógrafos dan entonces comienzo a la medición de la línea en la sección jaloneada, esto es, desde el extremo norte hasta el campamento de Alpachaca, donde estaba instalado el taquímetro, siguiendo, como se ha dicho, todas las pequeñas sinuosidades del terreno. Terminada esta primera parte, se continúa al día siguiente el mismo trabajo hacia el Sur.

En esta segunda sección, el trabajo material fue mayor que en la primera, por el derrocamiento de zanjas y contrazanjas del camino que pasa por Alpachaca y de las que quedan contiguas a la misma hacienda de Oyambarillo, así como también por el desbroce de las cercas y el corte de dos corpulentos árboles de nogal, a fin de que la línea visual quedara libre desde el campamento hacia el Sur.

Despejada la línea en su totalidad, continuóse con la alineación en la misma forma que se efectuó entre el campamento y el extremo Norte; fijándose como punto final de la base hacia el lado Sur, un sitio desde el cual el terreno cambiaba por completo de pendiente.

La medición a cinta de la línea total entre los dos extremos de la Base en proyecto dió por resultado 4280 m de recorrido.

Como el terreno es en su mayor parte casi plano y de poquísima pendiente, esta longitud, abstracción hecha de las pequeñísimas sinuosidades del terreno y de los errores cometidos en las mediciones a cinta, podía considerarse como una longitud franca y disponible para una base, cuya extensión lineal reducida al horizonte sobre el nivel medio del mar, se hallaba comprendida entre los límites 3 y 5 Km adoptados, por ejemplo, por Alemania y Suiza.

Antes de proseguir, creo indispensable dejar aquí constancia de que esta longitud medida a cinta se obtuvo también con el telémetro "Zeiss", del Batallón de Ingenieros N° 2 "Chimborazo", en una línea paralela a la del recorrido. De este telémetro están ya redactadas las instrucciones para su uso y manejo, especialmente, sobre el modo de corregirlo al infinito, para determinar la constante del tornillo en la corrección de las lecturas de las distancias.

Vencido así el primer paso relativo a la extensión disponible de la línea, se entró de lleno en la investigación de los cambios de dirección que ella podría tener en el caso de que su orientación no correspondiera a la mejor configuración del primer cuadrilátero, en que iba a ampliarse la misma base, para resolver de hecho y simultáneamente los dos problemas arriba mencionados, a saber: el de la conexión de nuestra proyectada red triangular con la primaria de la Misión Geodésica Francesa, y el inmediato levantamiento topográfico y fotogramétrico de Quito y sus alrededores, quedando, en este último caso, resueltos también todos los puntos inaccesibles situados entre la hoya de Quito y la extensísima planicie en que se hallan los pueblos de **Tumbaco, Pucambo, Pifo, Yaruquí, Checa, el Quinche y Ascázubi**, hasta el descenso a los profundos cauces por donde corren las caudalosas aguas del Guayllabamba y el Pisque.

En uno de los párrafos anteriores se hizo hincapié en que el personal técnico que acompañaba al Jefe de la División Geodésica, estaba como empapado y comprometido de todas las consecuencias, mejor dicho, de la importancia de esta Base para el futuro. El Jefe de la División refina entonces a su personal y después de plantearles el problema en toda magnitud, les deja en completa libertad, para que analicen todas sus circunstancias y

formulen su criterio de modo franco y categórico, respecto de si será o no necesario variar o aumentar la extensión de la línea y en qué sentido, todo conforme a las condiciones del terreno y, más todavía, a las condiciones del problema que se trataba de resolver.

Cada cual cumple su comisión recorriendo el campo en todas sus direcciones; y después de maduro examen emiten su opinión razonada, y, con agradable sorpresa para el Jefe de la División Geodésica, convienen todos en que la más ligera variación de la línea, sea aumentando o disminuyendo su extensión más allá o más acá de los puntos elegidos, sea trazando otra alineación, por más que el terreno a ello se prestara y hubieran de construirse obras de arte, como excavaciones y terraplenes, puentes y rellenos para la instalación de los aparatos Jaderin con que va a medirse la Base, pondría en total desgañamiento la solución del problema desde su verdadero punto de vista científico; sería, decían, arrojar con nuestras propias manos lo

que la fortuna en ellas ha puesto, si fuésemos a variar un punto de lo hasta aquí efectuado. Por lo que se resolvió, de común acuerdo con el señor Jefe de la División Geodésica, que la línea jalocada entre las haciendas de Santa Rosa y Oyambarillo, sería la definitiva para la base geodésica, línea que atraviesa el camino que pasa por Alchacha y une las poblaciones de Paempo y Yaruquí. Mas, no vaya a creerse por esto, que la simple casualidad nos haya llevado pronto a un resultado exento de dudas y libre de prejuicios; resultado que en otras naciones ha requerido, para obtenerlo, la suma de esfuerzos en meses seguidos de constante trabajo para sólo resolver el problema de una buena alineación que satisfaga científicamente el desarrollo de los estudios geodésicos; precedieron estudios de reconocimiento; no se escatimó tiempo, ni se desperdiciaron energías para que todo concurriese o se encaminara desde el principio a la mejor localización de los puntos extremos de la Base.

#### 4º PRIMER SEÑALAMIENTO DE LOS EXTREMOS DE LA BASE

Estacas de madera de nogal con clavos en su centro fueron el material de que nos servimos para señalar provisionalmente los extremos de la Base, quedando el del Norte a 160 m de separación de la cerca de arena y chaparros que dividen las haciendas de Santa Rosa y San Agustín para que tenga horizonte libre en su alrededor.

Es así cómo se cerraron estas operaciones en el decurso de una semana, no sin deplorar que dos individuos de tropa cayesen enfermos, debido, acaso, a los abrasadores rayos del sol, que caldea como un horno estas tierras de arena invadidas por mosquitos venenosos, cuyas picaduras tienen que producir, a no dudarlo, enfermedades violentas. Estos dos soldados tuvieron que regresarse inmediatamente a Quito para ingresar en el Hospital Militar. Esta circunstancia, si bien prevista, vino a alterar un tanto el programa relativo a la consecución de materiales para la ejecución de las obras de arte en que se fijarán para siempre los puntos extremos de la Base; pudo, sin embargo, colectarse buena cantidad de piedras para los cimientos, transportándolas a lomo de mula y a espaldas

de los soldados desde las profundas quebradas del Guambi y Santa Rosa.

a). Instalación de miras.—En uno de los párrafos anteriores se hizo mención especial del levantamiento topográfico y fotogramétrico, en el curso del presente año, de la hoya de Quito y sus alrededores, trazada que fuese la correspondiente red geodésica, a partir de la Base de Yaruquí. Para llegar a este resultado, conforme a lo dicho en mi Informe N° 2, se efectuó un reconocimiento previo de toda la región interandina de la Provincia de Pichincha; y de este reconocimiento se dedujo que la loma más prominente del Batán denominada "Guanguiltagua" y la montaña del Hualó que se levanta aislada o sola en la ribera derecha del Río San Pedro, cuyas aguas aumentadas con las del Pita forman la corriente principal del conocido río Guayllabamba, eran los puntos obligados, que, conectados con los dos extremos de la Base, debían formar el primer cuadrilátero, no sólo para amplificar dicha Base sino también para trazar la red de operaciones en el levantamiento topográfico de Quito y sus alrededores,

Podría haberse encontrado, como en verdad los hay, otros sitios que los reemplacen; mas, por desgracia, éstos nos conducían a hacer ciertas circunvalaciones, cosa nada a propósito para el fin que se perseguía.

Como el **Ijaló** y la loma de **Guanguiltagua** eran los dos vértices del primer cuadrilátero, debían éstos construirse de preferencia, como señales para localizar la Base, de manera que quedasen simultáneamente satisfechas las condiciones de los dos problemas arriba mencionados. Ésta es la razón por la cual, tan luego como se fijaron con estacas los puntos extremos de la Base, se levantaron en cada uno de éstos andamiajes para instalar miras de madera pintadas de blanco y negro en los puntos extremos de la misma Base. Colocadas estas miras a cierta altura del suelo, constituían así las señales de referencia para que la segunda Brigada Geodésica, cuyo jefe era el Cap. de Ingenieros Luis Endara A., efectuara el definitivo proyecto de triangulaciones, y después de aprobado éste por el jefe de la División Geodésica, la primera Brigada, cuyo jefe era el Cap. de Ingenieros Alfredo Píerro Y., construyera los vértices.

La instalación de estas miras no debía perjudicar la construcción de los extremos de la Base; por lo que se tomaron todas las providencias del caso a fin de que ambas Brigadas diesen cumplimiento a su cometido sin interrupción de ninguna clase.

b).—Operaciones taquimétricas. —(Semana del 16 al 23 de Febrero de 1931).

Entre las operaciones previas a la determinación de una **base geodésica** existen las de la **planimetría** y la **altimetría** del terreno adyacente, de ambos lados, a la línea que va a ser medida. Sin estas operaciones, desde luego muy aproximadas, no se habría podido asegurar nada positivo, desde el punto de vista científico, sobre la importancia y necesidad del primer cuadrilátero que iba a trazarse con puntos, por decirlo así, obligados, tanto para el levantamiento topográfico de Quito y sus alrededores, como para la inmediata conexión de la proyectada red con la de primer orden de la Misión Geodésica Francesa.

Para formarnos una idea bien exacta de lo hasta aquí observado, echemos una rápida mirada a las láminas correspondientes, y nos convenceremos del procedimiento seguido en el trazado de la red para resolver simultáneamente los dos problemas anteriores:

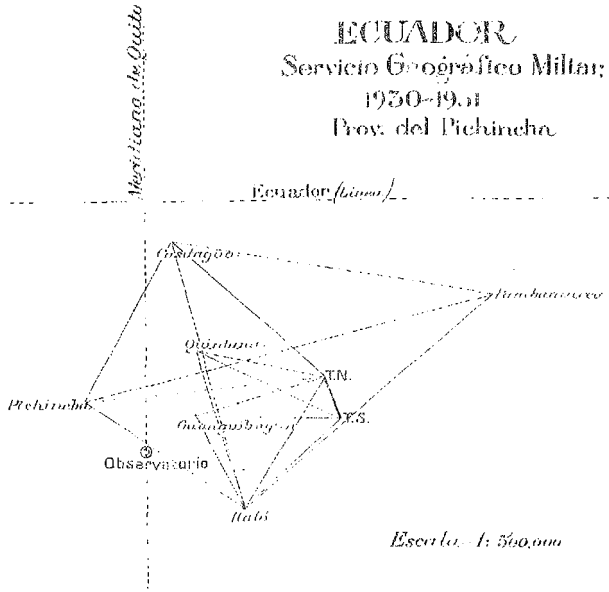
1º Consideramos estos dos cuadriláteros fundamentales: **Término Norte, Término Sur, Ijaló y Guanguiltagua, Término Norte, Término Sur, Ijaló y Quintana**. Éstos dos cuadriláteros son dependientes de un mismo lado común, la base medida directamente (**Término Norte - Término Sur**), y por el cálculo se obtuvo, en ambos cuadriláteros, el valor comprobado de la diagonal **Ijaló y Término Norte**, que tomamos como **base ampliada**.

2º Sobre la diagonal **Ijaló y Término Norte** se trazó entonces el segundo cuadrilátero: **Ijaló, Término Norte, Casitagua y Pichincha**. En este cuadrilátero, claro está, que no sólo podemos conocer el valor de la diagonal **Ijaló Casitagua**, sino también los lados **Ijaló y Pichincha, Pichincha y Casitagua**; pero si fijamos bien nuestra atención en el cuadrilátero **Ijaló, Pichincha, Casitagua y Pambamarca**, vemos que tanto estos dos lados y la diagonal especialmente considerada son también los dos lados y una de las diagonales de este nuevo cuadrilátero.

3º Como una de las diagonales de este tercer cuadrilátero es precisamente **Pichincha--Pambamarca**, esto es, uno de los lados de la red triangular de primer orden, de la Misión Geodésica Francesa, tenemos que el enlace en referencia fué inmediato, porque apenas hay un paso del primero al tercer cuadrilátero.

Por otra parte, debía disponerse también de un lado cualquiera de los cuadriláteros anteriores, prefiriendo, claro está, el más próximo a la Base para proceder enseguida al levantamiento de Quito y sus alrededores: ¿qué mejor base de apoyo que el lado **Ijaló--Guanguiltagua**, por su dominio desde sus extremos a todos los puntos que circundan la ciudad, tales, como **Panecillo, Cruzloma, (Pichincha) y Miraflores?**

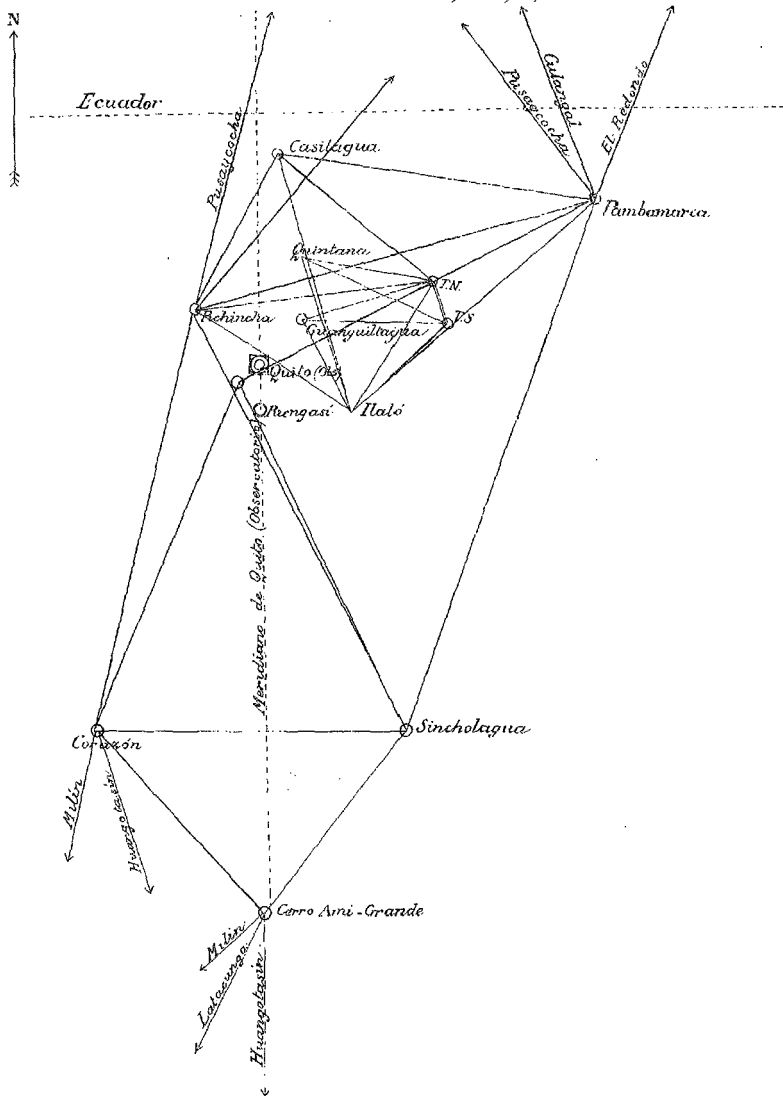
EQUADOR  
Servicio Geográfico Militar:  
1930-1931  
Prov. del Pichincha





**ECUADOR**  
 PROVINCIA DE PICHINCHA  
 Misión Geodésica Francesa (1899-1906) y  
 Servicio Geográfico Militar (1930-1931)

Lámina X





La lámina N<sup>o</sup> IX se refiere al proyecto de triangulación del Servicio Geográfico Militar, y la lámina N<sup>o</sup> X nos indica el enlace de dicho proyecto con la red de primer orden de la Misión Geodésica Francesa; por lo que hemos trazado el dibujo de tal manera que se nota bien la solución gráfica del problema.

Menester era entonces que se hiciese un estudio bastante minucioso de las sinuosidades del terreno atravesado por la línea ya jalada y representativa de la proyectada Base, trazando el plano topográfico referido a uno de los extremos de la misma Base. Por otra parte, las distancias obtenidas con el taquímetro, previa reducción al horizonte, nos dan con la suficiente aproximación la distancia real entre los extremos de la Base; además, el count de la línea y los ángulos horizontales observados desde cada extremo en Haló, Guanguiltagua y Quintana, juntamente con la latitud y la longitud aproximadas de uno de los extremos de la Base, completarían los elementos necesarios para el cálculo provisional

de la posición relativa de los dos cuadriláteros arriba mencionados.

En esta virtud, el Jefe de la División Geodésica nombró una Comisión especial presidida por el Cap. Horacio A. Cantos para que llevara al terreno de la práctica todo lo indicado.

Como los sembrados de maíz impedirían las alineaciones de jalones en la misma línea básica, se ordenó el descauje de toda su longitud, dejando una callejuela de dos metros de ancho, no sin hacer hincapié en el aplanamiento de los surcos, con el objeto de dejar, a la vez, preparado el terreno para la instalación de los aparatos Jäderin, construídos de orden del Ministerio de Guerra, Marina y Aviación por la casa Secretan, de París, bajo el control del General Georges Perrier, Miembro del Instituto de Francia y Secretario perpetuo de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional.

## 5.—PROCEDIMIENTO TAQUIMETRICO

(Resumen)

a).—Ángulos

Estación Norte	Origen Sur	Estación Sur	Origen Norte
Sur — Oyecoto .....	149° 53' 9".0 (1)	Norte — Haló .....	112° 13' 15".6 (1)
Sur — Haló .....	52 9 18.0	Haló — Guanguiltagua	43 53 34 .0
Haló — Guanguiltagua .	41 37 30.0	Guanguiltag.-Quintana	
Guanguiltagua-Quintana		Quintana — Oyacoto	28 34 17 .8
Quintana — Ayacoto ..	27 43 30.8	Oyacoto — Norte ....	16 34 48 .8

(1) Es el ángulo directo.

b).—Lados

Puntos	Distancias	Logaritmos
Norte — Sur .....	4260.206 m	3.6294306
„ — Haló .....	14643.405 „	4.1650421
„ — Guanguiltagua .....	12886.587 „	4.1101379
„ — Quintana .....	12761.068 „	4.1050176
„ — Oyacoto .....	5194.811 „	3.7155607
Sur — Haló .....	12491.721 „	4.0966043
„ — Guanguiltagua .....	13836.620 „	4.1410300



Puntos	Distancias	Logaritmos
" — Quintana .....	15403.810 "	4.1876284
" — Oyacoto .....	9133.631 "	3.9606436
Haló — Guanguiltagua .....	9918.703 "	3.9964549
" — Quintana .....	15606.798 "	4.1931382
" — Oyacoto .....	16182.839 "	4.2090547
Guanguiltagua — Quintana .....	6071.239 "	3.7832809
Guanguiltagua — Oyacoto .....	10881.020 "	4.0366696
Quintana — Oyacoto .....	8578.072 "	3.9333897

### c).—Coordenadas rectangulares

Puntos	X	Y
Base (Extremo Sur) .....	— 4260.21 m	0.000
Haló .....	— 8984.13 "	+ 11563.51
Guanguiltagua .....	— 829.56 "	+ 12858.55
Quintana .....	+ 6603.04 "	+ 10920.97
Oyacoto .....	+ 4493.66 "	+ 2606.35

X y Y tienen como origen el Extremo Norte de la Base.

Esto es tanto más verídico cuanto que los ángulos en el Extremo Sur fueron medidos con instrumentos de distinta precisión y en distintos días. Aún hay más, cuando se tomaron los ángulos con el alfiler y desde el Extremo Sur de la Base, el punto origen del norte estaba ya trasladado a la pro-

fundidad de 1.80 m del suelo; lo que prueba el cuidado y esmero del Cap. Samuel Jarrín en efectuar el traspaso del punto, sirviéndose de los clavos y estacas de referencia inscru-tadas en el suelo a cierta distancia de la exca-vación hecha para los cimientos.

### 6<sup>o</sup>—SEÑALES DE LOS EXTREMOS DE LA BASE

Una triangulación cualquiera supone haberse medido directamente en el terreno uno de sus lados. Este lado así medido, de manera que se conozca su longitud con la mayor precisión posible, se denomina **base fundamental de triangulación**, cuyos extremos se señalan en placas metálicas, generalmente de bronce, incrustadas en bloques de piedra. En el centro de cada placa va grabado un punto muy pequeño, cruzado por dos líneas entre sí perpendiculares.

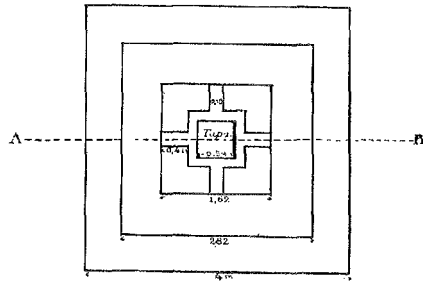
La instalación de las señales se hizo en terreno firme para que éstas resistan a los embates del tiempo. Conforme a este criterio, dividimos la construcción de cada extremo de la Base en dos partes: la una en el interior y la otra en el exterior, destinadas, la primera, a la

colocación de la señal o punto extremo de la Base, y la segunda, a resguardar o proteger dicho punto de causas que pudieran removerlo o destruirlo. (Véase la lámina XI).

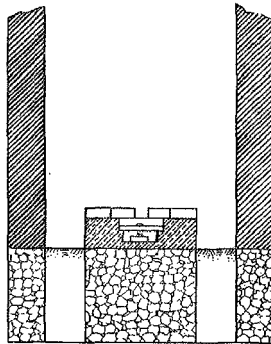
#### Detalles

a). — **Placas metálicas.**— En lugar de grabar el punto extremo en una pieza de bronce, se prefirió hacerlo en una plaquita de plata, aleación de 900 milésimos de este metal con 100 de cobre, después de haber incrustado en el centro de ella un clavo de oro, de forma cilíndrica (3 milímetros de diámetro). El puntito material que señala el extremo de la base, fue grabado en el centro del clavo de oro.

Planta del Extremo Sur de la  
Base de Yaruqui



Corte según AB

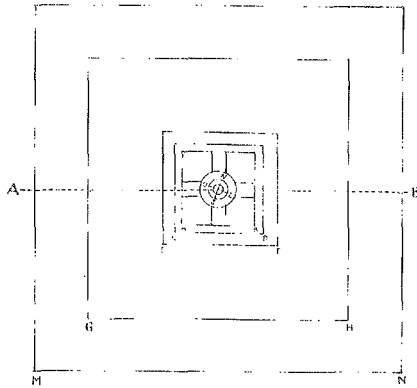


Escala 1:80

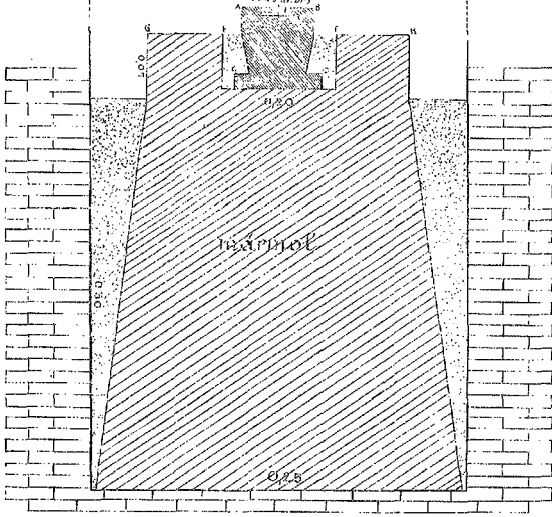


Extremo Sur de la Base de Yaruquí, planta de la señal geodésica, clavo de oro lámina de plata y bloque de mármol y bronce

Lámina XI

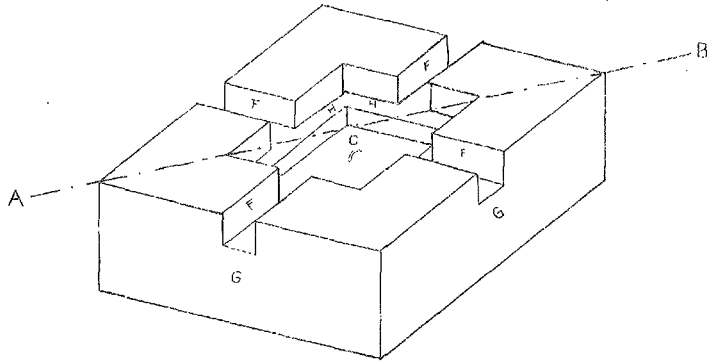


Corte según la línea AB

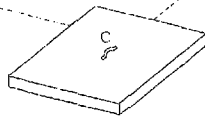
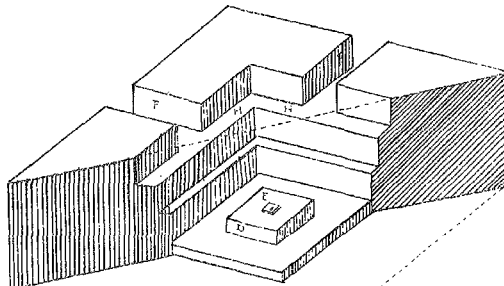




Perspectiva de uno de los extremos de la Base de Yaruquí  
(Parte interior)



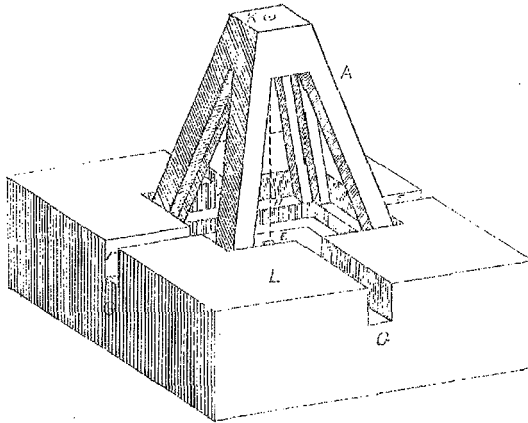
Corte según AB



- C Loma.
- D Bloque de mármol.
- E Punto geodésico.
- F Aspilleras de observación.
- G Bracel.
- H Astero del eje del eje i  
trípode.



*Perspectiva del brocal y del caballete de cemento armado,  
para la instalación del Instrumento Universal.*



- A = Caballete*
- E = Punto geodésico*
- H = Aspilleras de observación del punto geodésico*
- G = Brocal*
- H = Asiento del caballete y trípodes*
- K = Orificio por el cual atraviesa la plomada para centrar el Instrumento Universal en el punto geodésico H.*
- L = Andén para el observador*





b).—**Incrustación de las plaquitas metálicas.**—En la Escuela de Artes y Oficios de Quito se mandó a trabajar dos piezas de bronce. Estas piezas contienen, soldadas, las plaquitas metálicas en que están señalados los puntos ya descritos.

c).—**Bloques de mármol.**—Para la fácil instalación de las piezas anteriores, se convino en incrustarlas previamente en bloques

de mármol, tal como se indica en la lámina XII.

Las superficies libres del bronce y del mármol no están en un mismo plano; hay entre las dos la diferencia de 0,02 m, para que la mira pueda descansar directamente en la pieza de bronce que contiene la plaquita metálica del punto. Es así como pudo preverse también la instalación de lamparitas sin tocar para nada las piezas de bronce, para iluminar, en caso necesario, los puntos.

## 7°—CONSTRUCCION DE LOS EXTREMOS DE LA BASE

Entiéndese por construcción de uno de los extremos de la Base, la instalación de un bloque de mármol que contiene la pieza de bronce, sobre cimientos de cal y piedra levántados desde la parte más dura del suelo. Los cimientos en que se halla fijo el bloque de mármol alcanzaron, en el extremo norte de la Base, la profundidad de 1.80 m, y en el extremo sur, 1 m.

Desde la superficie libre del bronce hasta la del brocal (parte superior) hay la altura de 0,38 m en ambos extremos, y hasta donde descansa el caballete (véanse las láminas XI, XII,

XIII y XIV) en el que se instaló el **Instrumento Universal**, la de 0,21 m; además, el mismo punto se halla cubierto con una loza de cemento de 0.60 m por lado y 0.07 m de espesor, la cual lleva en su centro una manilla de hierro para levantarla. Esta loza no toca la señal ni el bloque de bronce, y hay una separación entre los dos de 0.04 m. El revestimiento exterior del punto geodésico fue hecho con piedras de la cantera de Quito, transportadas en el tren del Norte hasta el "kilómetro 50" de la vía férrea, por ser éste el más cercano al Término Sur de la Base

## 8°—ORIENTACION DE LOS LADOS DEL BASAMENTO DE LAS SEÑALES Y DE LOS MUROS PROTECTORES (PARTE EXTERIOR)

Los lados del basamento son perpendiculares a la línea de la Base, y los otros dos paralelos; de igual manera, los de la construcción exterior que mide 4 m por lado. Las líneas norte y sur, este y oeste grabadas en la

placa y que se cruzan en el punto material del extremo de la **base geodésica**, tienen su respectiva orientación, deducida del cálculo aproximado al azimut astronómico de la línea-base trazada entre sus dos términos.

## 9°—COORDENADAS GEOGRAFICAS PROVISIONALES

El reconocimiento final del terreno, previo a la localización definitiva de la **línea-base**, se completó con la determinación aproximada de la latitud y azimut de su Extremo Sur; por lo que se ordenó la construcción de una pilastra provisional en dicho punto para instalar el Instrumento Universal "Pistor & Martins", y proceder, lo más pronto posible, a las observaciones celestes en orden a obtener los valores que se indican.

Construida la pilastra, establecieronse turnos durante el día y la noche, entre el personal topográfico, que el 10 de Marzo de 1931 ya estaba integrado por los señores Rafael Hidalgo C., Reinaldo O. Gómez, Víctor M. Madrid y Manuel Yépez, con cuyo concurso debían iniciarse las observaciones tan pronto como el Topógrafo Señor Hidalgo terminase la instalación de dicho instrumento, juntamente, con sus correcciones correspondientes.

De las observaciones astronómicas, a las que se dió comienzo el 13 de Marzo de 1931, se vino en conocimiento de que la **latitud** del extremo Sur de la base de Yaruquí era  $0^{\circ} 11' 20''$ , y el **azimut** de la línea base,  $160^{\circ} 38' 20''$ , a partir del **origen sur**.

En cuanto a la **longitud** con respecto al meridiano astronómico de Quito, fue determinada gráficamente en función de los vértices **Guanguiltagua e Ilaló**, aplicando los principios generales de la Topografía; principios más que suficientes para dar por terminado el proyecto de triangulación a que se refieren las láminas V y VI.

Habríamos deseado insertar aquí los procedimientos empleados, por ejemplo, en las observaciones y cálculos correspondientes a la latitud del lugar, si no hubiésemos tenido en cuenta hacerlo en capítulo aparte cuando tratemos de los valores definitivos de las coordenadas geográficas de uno de los extremos de la **base geodésica de Yaruquí**. Lo que nos ha interesado es dejar aquí plena constancia de cómo se procedió, tanto en el reconocimiento de cada una de las regiones de la Provincia de Pichincha, como en los estudios preliminares de la localización del trazado de la red triangular relacionada con el levantamiento topográfico de grandes extensiones de terreno.

Cumplido así nuestro propósito, nos incumben aún manifestar que pocas son —por no decir ninguna—, las memorias especiales que tratan de mediciones de bases, en las que se den a conocer los trabajos completos que traen consigo estudios de esta clase; por cuanto la medición de una base fundamental geodésica, no sólo comprende la determinación de su **extensión**, sino también la de las coordenadas geográficas, como: la **latitud**, la **longitud** y la **altitud** de cada uno de sus extremos, inclusive la **orientación o azimut** de la misma base referida al meridiano geográfico. He llenado este vacío escribiendo, a grandes rasgos, la presente Memoria en provecho de nuestros Ingenieros Geógrafos, cuyos esfuerzos por llevar a cima el gran problema del levantamiento de la **Carta Topográfica de la República** merecen, en mi concepto, toda clase de elogios, una vez que la práctica de tan nobilísimas ciencias, como la Geodesia y la Topografía, demandan del operador lo indecible en materia de lucha y cons-

tañía en todo orden de ideas, en todo orden de cosas.

Es por esto que la inalterable paciencia que guía a todos y a cada uno de los miembros que integran el personal técnico del Servicio Geográfico Militar en el fiel desempeño de sus respectivas comisiones, se caracterizó en la persona del señor Capitán de Ingenieros, Samuel Jarrín, quien, dando de mano a toda dificultad y soportando —callada y paciente— toda clase de privaciones en una región muy peligrosa por su clima, dió comienzo a todas las obras de arte, que habrían luego de poner en evidencia lo que muchos revocaron a duda sobre la medición de una base geodésica, empleando instrumentos modernos y completamente nuevos para todos, como los aparatos Jaderin perfeccionados por los señores Benoit y Guillaume, respectivamente, Director y Director Adjunto de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas que se encuentra en Breteuil (Sèvres), cerca de París.

En razón de los esquemas constantes en esta Memoria (láminas XI, XII, XIII y XIV), se le puede ocurrir a quienquiera que la ejecución de las obras de arte no haya exigido ningún esfuerzo para llevarlos a cima: bastaría recordar que con 15 individuos de tropa, y a pesar de las acémilas que en igual número se tenía para el transporte de materiales rebuscados a golpe de barra y zapapico en las breñas de las profundas quebradas del **Guambí** y de **Santa Rosa**, después de abrirse paso por estrechísimos senderos construídos en tan peligrosos desfiladeros, apenas se podían transportar unas cuantas piedras y algo de arena; bastaría recordar también que, una vez colectado este material en el llano, había que transportarlo de nuevo, a lomo de mula, a más de cinco kilómetros de distancia y en las primeras horas de la mañana, porque nadie, pasadas las 11 a. m., era capaz de soportar los abrasadores rayos del sol en un campo cubierto de arena y transformado en horno caldeado.—¿Y qué decir de la implacable sed que no podía apagarse enseguida por la escasez de buena agua, la que en poca cantidad corre a más de tres kilómetros de distancia del campamento?

En los hechos de la naturaleza que excitaban nuestros sentidos para producir en el mundo interior (el hombre) las impresiones que luego han de objetivarse, refiriéndolas

a un lugar y tiempo determinados, hay siempre la consideración de altos conceptos que encarnan la marcha progresiva de todas las ciencias y de las esperulaciones filosóficas, como punto de apoyo en la materialización de lo sublime.

En la zona ecuatorial existen cuadros de la naturaleza que, por lo raro de su contraste entre el perfil de sus montañas y la penumbra de los últimos rayos solares al caer de la tarde, despiertan en el espíritu de quienquiera ideas profundas del espacio infinito y del transcurso del tiempo. Así pues, para el filósofo acostumbrado a escudriñar las relaciones íntimas de causa a efecto; para el poeta que vive y sueña en las contemplaciones de lo bello y con su ardiente imaginación se remonta a otros mundos de horizontes más amplios, y para el avezado experimentador en la investigación del principio y consecuencias entre lo creado y lo increado y entre lo que evoluciona en virtud de las leyes naturales, es el Ecuador su anfiteatro, a la vez, profundo y prodigioso: prodigioso, por sus hermosísimos panoramas que nuestros artistas se esfuerzan por traspararlo al lienzo; fecundo, porque nos lleva enseñada a descubrir el estrecho lazo que existe entre la ma-

tería y el espíritu.

Al amparo de estas ideas, nacidas al calor de nuestro entusiasmo por la obra comenzada en la zona de Yaruquí, con motivo de la medición de la Base Geodésica, puse punto final a la primera parte del programa en referencia; y acompañado del señor Capitán de Ingenieros, Horacio A. Cantos, en su calidad de jefe de la Brigada de Nivelación, en aquel entonces, así como también del señor Teniente de Ingeniería Naval, Luis F. Jarín, Subjefe de la misma Brigada, y de los topógrafos señores Reinaldo O. Gómez, Rafael A. Hidalgo C., Armando Guzmán, Angel Valdez, Víctor M. Madrid, Luis N. Zurita, Luis F. Cevallos, Luis P. Tobar, César Carrera, Moisés Castañeda, Luis A. Jiménez, marché el 5 de abril de 1931 a la Hacienda "La Avelina", de propiedad del señor General Leonidas Plaza G. y situada en la Provincia de León, para desde allí continuar con la determinación de latitudes de los mojones de nivelación, y desde "Guilche Cerón", en la carretera y cerca del cerro de Callo (Chasqui), con los estudios relativos a la nivelación de precisión; todo esto en espera de que el señor Capitán Jarín terminara la construcción de los extremos de la Base de Yaruquí.



CAPITULO III  
MEDICION DE UNA LINEA



## I.—CONSIDERACIONES PRELIMINARES

La idea del infinito matemático se desenvuelve en la Geometría Sintética o de Posición por los conceptos de puntos, rectas y planos del infinito, a fin de no menoscabar la amplitud de ciertos razonamientos para establecer consecuencias conforme a la realidad de las cosas, sin la cual los principios matemáticos se empañarían en su diaphanidad que constituye la nota característica de la verdad innegable e incontrovertible.

En la porción del espacio que ocupa un cuerpo y el espacio indefinido que lo rodea, hay siempre una separación a la que denominamos superficie; en este caso, la superficie de un cuerpo se refiere únicamente a la total que lo limita. Si nos imaginamos ahora el encuentro o intersección de dos superficies, tendremos el concepto de línea, que no es sino un límite común a los dos; y por analogía, el concepto de punto como el límite de una línea.

Originados así estos elementos geométricos de la consideración de un cuerpo, pueden también concebirse en un orden inverso a partir del punto, de esta manera: si suponemos a éste en movimiento, engendrará una línea, que será el lugar de sus distintas posiciones sucesivas; de igual manera, una línea engendrará una superficie, y una superficie limitada, moviéndose en ciertas condiciones, engendrará un volumen o cuerpo geométrico.

De aquí se deduce que las superficies, líneas y puntos no existen materialmente y sólo se los concibe así: la superficie, como una extensión de dos dimensiones que son la longitud y la latitud; la línea, como una extensión de una sola dimensión que es la longitud, y el punto, sin dimensión alguna.

Sin embargo, los elementos geométricos y las combinaciones que con aquellos se forman, se representan gráficamente: los puntos, por un punto de escritura; las líneas, por trazos; y las superficies y cuerpos, por el conjunto de líneas y puntos, de manera que las dos propiedades inherentes a la materia de que estos últimos están formados, propiedades que se denominan extensibilidad e impenetrabilidad, quedan igualmente definidos así: que todo cuerpo, en virtud de la primera propiedad, ocupa en la naturaleza un determinado espacio, y, en virtud de la segunda, que ningún otro cuerpo puede al mismo tiempo dicho espacio llenar.

No en vano hacemos estas consideraciones generales, para que desde el principio se advierta que los dos objetos bien distintos de la Geometría moderna, relacionados, el primero con la forma y posición de la extensión, y el segundo con la magnitud de ésta, tienen que matemáticamente cumplirse en las operaciones que el Servicio Geográfico Militar, por medio de su División Geodésica, ejecuta en la zona de Yaruquí, al medir en ésta la base fundamental para el levantamiento topográfico, no sólo de todo cuanto en ese paraje de la naturaleza ecuatorial cae bajo nuestras miradas, sino también de lo que aún falta por hacerse hasta llegar a enlazar, con el mínimo de error tolerable, las mediciones que ahora se hacen con las que igualmente fueron hechas (1899-1906) por la Misión Geodésica Francesa: la una en San Gabriel (Provincia del Carchí) y la otra en Riobamba (Provincia del Chimborazo).

Estas últimas mediciones tuvieron por objeto revisar un arco de meridiano y determinar ciertos elementos con los que se comprobaría, por la experiencia, lo que teórica-



mente el gemo de Newton, en el siglo XVII, estableció el achatamiento del Globo terrestre en los polos, es decir, que la tierra tenía la forma de una superficie engendrada por una elipse que gira alrededor de su pequeño eje que pasa por los polos.

Si bien la Misión Geodésica Francesa midió tres bases, pues la tercera está en territorio peruano, **Payta**, fue con el objeto de que la central, la de **Riobamba**, tuviese dos bases de comprobación situadas cerca de las extremidades del arco meridiano. El problema para el Servicio Geográfico Militar puede decirse que es análogo: se parte o arranca de una base medida directamente como la comprendida entre estos dos puntos: Oyambarillo y Santa Rosa, para ir más tarde a tenerlas, si cabe la expresión, en las de Riobamba y San Gabriel, una vez que estas últimas servirán de comprobación de todas las operaciones geodésicas que ahora se ejecutan.

## 2<sup>o</sup>—LINEAS RECTAS

Con respecto a la forma de las líneas, sabemos que éstas se dividen en **rectas y curvas**. Tratemos sólo de las primeras.

Siendo infinito el número de puntos en una línea, las propiedades esenciales que en cierto modo pueden servir para definir la recta, consisten en que **todos sus puntos se hallen en una misma dirección, o en señalar la más corta distancia entre dos cualesquiera de sus puntos**.

Puesto que la **menor distancia** entre dos puntos ha de ser única, se sigue que para trazar una recta se requieren necesariamente dos puntos, por más que éstos estén situados en un plano o de un modo cualquiera en el espacio.

Si hemos de considerar la **posición** de la recta de un tramo cualquiera de la base fundamental geodésica, la recta real trazada en el espacio entre dos puntos de arranque señalados por **índices de referencia**, se considere proyectada sobre el plano de nivel que pasa por una de dichas señales, y es la longitud de la línea proyectada que debe medirse y no la trazada en el espacio y limitada por los puntos en referencia.

Esta es la razón por la cual cada medición

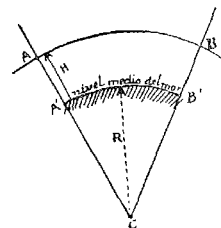
correspondiente a la longitud de uno de los hilos **invar**, del aparato "Jaderin" está siempre referida al horizonte, aplicando la siguiente corrección:

$$C = L(1 - \cos \alpha) = L \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2}$$

en la que  $\alpha$  representa el ángulo de inclinación de la unidad de medida (*hilo Invar*) con relación al horizonte y  $L$  la longitud del hilo.

En virtud de las modificaciones introducidas en los aparatos Jaderin por Beroit y Guillaume, modificaciones que les dan la característica de ser los más perfectos que hoy se conocen, se podría instalar cada hilo en el mismo horizonte, cuando el terreno es de escasisima pendiente. Una vez reducida al horizonte la línea que va de un punto a otro de los señalados en las placas metálicas, es necesario reducir también dicha longitud al nivel medio del mar, o a un plano especial de referencia, como lo veremos a su tiempo, por cuanto con relación a una de estas dos superficies fundamentales de comparación, se hacen los cálculos de los triángulos. En el supuesto caso de reducirse la línea medida al nivel medio del mar, los elementos esenciales que se necesitan conocer son: El radio  $R$  de la tierra y la longitud  $H$  del extremo considerado. Si representamos por  $A B$  la longitud interceptada por los radios que parten del centro de la tierra y tocan los extremos de la Base medida directamente, tendremos por la proporcionalidad de líneas lo siguiente:

Fig. 1



$$\frac{\text{arc } A B}{\text{arc } A' B'} = \frac{R + H}{R}$$

de donde

$$\text{base reducida } A' B' = \text{base medida } A B \frac{R}{R + H}$$

$$,, \quad = \text{base medida } A B \frac{1}{1 + \frac{H}{R}} = A B \left( 1 + \frac{H}{R} \right)^{-1}$$

$$,, \quad = \text{base medida } A B \left( 1 - \frac{H}{R} + \frac{1}{2} \frac{H^2}{R^2} \right)$$

Vemos en esta ecuación que el término de corrección

$$A B \left( \frac{H}{R} + \frac{1}{2} \frac{H^2}{R^2} \right)$$

es tanto mayor cuanto más grande es el valor de la altitud H.

Aun cuando tengamos que insistir después en otras características respecto de la forma y posición de la línea base, en orden al objeto que ahora se persigue: medir directamente uno de los lados de los triángulos que forman la cadena geodésica ya trazada en el frente occidental de la zona de Yaruquí, vamos a esclarecer conceptos sobre las **características esenciales de las unidades de medida**, sin las cuales la medición de la **base geodésica** tendría un resultado completamente ilusorio, mejor dicho, no correspondería en manera alguna al grado de precisión que se debe alcanzar.

Para nadie es nuevo que una magnitud se mide comparándola **con otra de la misma especie**, arbitraria sí, pero de longitud conocida, llamada **unidad de medida o módulo**.

Esta comparación nos da a conocer el número de veces que esta **unidad de medida** está contenida en la magnitud propuesta; lo que equivale a investigar la **relación o razón** de esta última con la mencionada unidad.

Esta operación, al parecer muy sencilla, se relaciona con el segundo objeto de la Geometría, a saber, con la **medida** de la extensión, que en el caso presente constituye por sí sola la finalidad más importante entre todas las que pueden considerarse en el curso de las operaciones que el Servicio Geográfico Militar realiza; pues, así como un edificio, por hermoso que sea, no se garantiza sino por la solidez de sus cimientos, así también las operaciones del levantamiento topográfico no se fiaban sino en la exactitud matemática de la base medida,

El caso que se trata ahora de resolver es muy arduo, y, por lo mismo, vamos a considerarlo desde algunos puntos de vista, pero ligándolos todos a las propiedades referentes a la medida de extensión, y de un modo especial, a la **misma unidad de medida o módulo**, a fin de que nos compenetraremos del verdadero valor e importancia de esta clase de estudios.

En las mediciones de una magnitud ocurren varios casos, según que ésta sea o no **commensurable** con la unidad de medida; en el primer caso, el cálculo nos enseña la manera cómo se originan los números enteros y fraccionarios, cuando la magnitud contiene a la unidad un número exacto de veces, o cuando una parte alcuota de ésta se halla a la vez contenida exactamente en dicha magnitud. En el segundo caso, el mismo cálculo nos enseña también a encontrar el número **incommensurable** como el **límite hacia el cual tiende la medida con la unidad de otra magnitud, commensurable, que se aproxima indefinidamente a la magnitud propuesta**.

Pero esta última dificultad se obvia aplicando el estudio de los errores de observación por el método de los **cuadrados menores**, o averiguando los valores límites o el error tolerable que nos da una idea bien clara del grado de precisión del resultado alcanzado, ayudándose para ello de la bondad científica de los instrumentos o aparatos con que se mide.

En general, decimos: que los inconvenientes materiales o físicos que imposibilitan la

comparación de la unidad de medida con la magnitud que trata de medirse, dependen de la naturaleza de la una y de la otra. Así, por ejemplo, si bien los puntos extremos de la Base son entre sí visibles, no puede marcarse la línea que los une, ni puede hacerse la medición directa de esta línea; es necesario en-

tonces un conjunto de observaciones para deducir la longitud de dicha extensión. La medida de una extensión no puede por consiguiente hacerse sin previo estudio de los medios para calcularla, medios que se traducen en igualdades o fórmulas matemáticas, como vamos luego a demostrarlo.

### 3°—CONDICIONES ESPECIALES DE LA UNIDAD DE MEDIDA

(a) **Temperatura.**—La longitud de la unidad de medida o módulo debe ser bien conocida a una temperatura determinada, por ejemplo, a 0° C y en función de la longitud del metro prototipo internacional, que se halla depositado en la **Oficina de Pesas y Medidas** (Pabellón de Breteuil de Sévres, cerca de París). En el prototipo original del metro construido en 1799, están grabadas estas palabras: "para todos los tiempos, para todos los pueblos". La aleación de esta regla es la siguiente: 90% de platino y 10% de iridio; su densidad es igual a 21,53.

Las diferentes sustancias se dilatan desigualmente por el calor; motivo por el cual la densidad para un mismo cuerpo no es la misma cuando la temperatura cambia. Por consiguiente, cuando se miden longitudes con la **mayor precisión posible**, se anota siempre la temperatura del cuerpo y la de la escala patrón, **unidad de medida**, a fin de tener en cuenta la variación de la longitud en función de la temperatura; pues, de lo contrario, la medida de una longitud no sería exacta ni precisa, sino se tomasen en cuenta que las dilataciones de los cuerpos aumentan cuando la temperatura aumenta también; lo que equivale a decir que la longitud de la unidad de medida es solamente exacta y verdadera para una temperatura dada y no para cualquiera otra.

Para darnos cuenta del error que se comete en la medición de una longitud, a no determinarse con un termómetro la temperatura

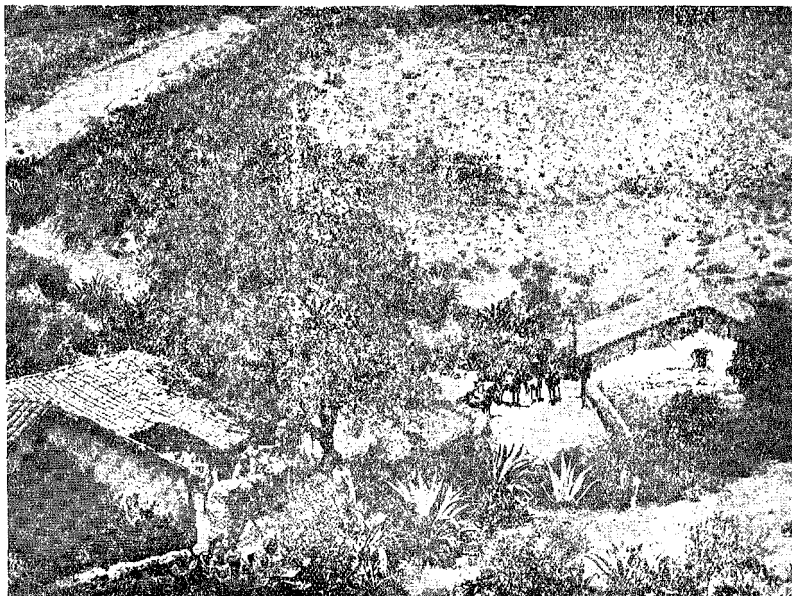
de la unidad de medida, vamos a suponer que ésta sea de latón, cuyo coeficiente de dilatación es 0,000185 cm por centímetro y por grado de temperatura. Si se ha leído 100 cm. en la regla cuya temperatura fue 18° C. el valor de la longitud medida tiene que ser:

$$100(1 + \alpha t) = 100(1 + 0,000185 \times 18) = 100,033 \text{ cm};$$

luego, en el caso de no tomarse en cuenta la temperatura, se habría cometido un error de 0,033 cm por metro correspondiente a la temperatura leída en el momento de la medición.

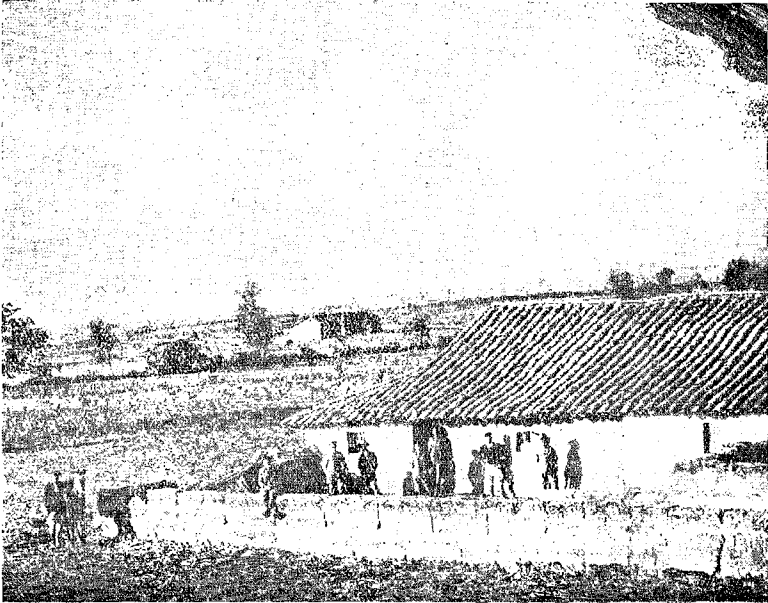
Si la regla es de acero, cuyo coeficiente de dilatación es 0,00011 cm, el error, a la misma temperatura 18° C. sería menor, y menor todavía si la regla fuese de **acero invar**, por cuanto la dilatación de éste es solo . . . . . 0,0002 mm. por metro y por grado de temperatura.

A propósito del estudio de la **dilatación lineal** del acero-níquel "Invar", empleado por la Casa Secrétan, de París, en la construcción de los aparatos "Jaderin" para el Servicio Geográfico Militar del Ecuador, transcribimos a continuación la versión hecha al español por el suscrito, tanto del **certificado** otorgado por la Oficina Internacional de Pesas & Medidas sobre las constantes de los hilos como de los estudios que se han efectuado acerca de sus cambios permanentes o transitorios.



Vista de Alpachaca y casa de alojamiento (a la izquierda) del Jefe de la  
División Geodésica





Campamento geolésico de Tababela



CAPITULO IV

**DOCUMENTOS OFICIALES Y EXPLICACIONES  
SOBRE LA DILATACION LINEAL**





## 1°--CALCULO DE LOS CAMBIOS PERMANENTES O TRANSITORIOS DEL

### ACERO--NIQUEL "INVAR"

Las indicaciones que se dan a continuación fueron redactadas después de que se estudiaron, durante doce años más o menos, los cambios progresivos o transitorios del invar. En particular, no se conocía la acción preponderante del carbono sobre la inestabilidad de esta aleación. El valor numérico dado por la curva exponencial y por la fórmula

la  $\frac{\Delta l}{l}$  se refiere únicamente a un invar determinado, y no puede aplicarse, por tanto, a aleaciones cuya composición sea otra; sin embargo, se pueden aceptar la curva y la fórmula por cuanto dan el sistema general de las variaciones.

1°--Los aceros-níquel de mayor contenido (del segundo metal) sufren, con el transcurso del tiempo, cambios diversos, variables con su contenido (de níquel) y considerablemente atenuados por un estufado sistemático a temperatura gradualmente descendiente. Estos cambios, considerables en las aleaciones del 30 por 100 de níquel, disminuyen progresivamente a medida que aumenta el contenido del níquel y llegan a ser inapreciables en las aleaciones del 42 al 43 por 100 de níquel.

La curva arriba inserta representa las variaciones sufridas por una regla de 1 m de invar propiamente dicho, al 36 por 100 más o menos de níquel, estufada de 150° a 40°, y conservada a la temperatura del laboratorio, es decir, entre 6° y 22°. Los datos reproducidos en esta curva se han comprobado con los obtenidos sobre un gran número de muestras de invar: varillas laminadas o estiradas, hilos, etc., sometidos al mismo tratamiento térmico. Para una regla que haya sido estufada hasta 25°, la curva parte de los puntos definidos sensiblemente por sus coordenadas: 100 días, 3  $\mu$ .

Ejemplo de aplicación:

El hilo Si salió de su estufado el 1° de Ma-

yo de 1929. Su ecuación fue determinada el 3 de Marzo de 1931. El 4 de Junio de 1932 su ecuación deberá aumentarse de

$$1,6 \mu \times 24 = 0,04 \text{ mm}$$

2°--Los aceros-níquel conducidos de una temperatura a otra no toman inmediatamente la longitud definitiva correspondiente a la última temperatura. Por lo que, en el cálculo de las variaciones de una regla de invar, mantenida durante un tiempo prolongado a temperaturas diferentes, se debe añadir a los cambios indicados por la fórmula de dilatación establecida para cada una en los cambios rápidos de la temperatura, una pequeña corrección que se calcula aplicando la fórmula

$$\frac{\Delta l}{l} = -0,00325, 10^{-2} \theta^2$$

en la que  $\theta$  es la temperatura contada a partir del cero vulgar. Esta fórmula da las diferencias entre las longitudes de una regla de invar que pasa muy rápidamente o muy lentamente por una serie de temperaturas.

Ejemplo de aplicación:

La fórmula de dilatación encontrada para 1° colocada 0,652 indica que, entre 15° y 20°, el hilo Si se alarga de 1,3  $\mu$  por metro.

Si se ha determinado la ecuación de este hilo después de un largo reposo a 15° y se lo ha empleado después de un descanso prolongado a 20°, se deberá quitar de su ecuación calculada, la cantidad

$$0,4 \text{ mm}^2 (20^2 - 15^2) \text{ sea } 0,4, 57 \text{ por metro}$$

Para las variaciones cotidianas alrededor de 20°, se aplicará la fórmula de dilatación sin corrección.

2º CERTIFICADO DE LA OFICINA INTERNACIONAL DE PESAS & MEDIDAS

Pabellón de Bretenil, Sévres (S—&—I); —4 de Abril de 1931.—N 15

Certificado

De cinco hilos geodésicos de invar, de 24 metros Nos. S<sub>1</sub> — S<sub>4</sub> y de 8 metros S<sub>5</sub>, construídos por la casa Secretan, de París, pertenecientes al Gobierno del Ecuador.

DESCRIPCION

Los hilos, de 1,7 mm diámetro más o menos, tienen fijos sus dos extremidades en regletas de invar, por el intermedio de un apéndice de rosca en el cual están atornillados y remachados. Cada una de las regletas está provista de una división en milímetros sobre una longitud de 80 mm, en la que los centímetros están cifrados de 0 a 8, y al fin de los cuales o en cada una de sus extremidades hay un milímetro suplementario. La numeración es en el mismo sentido en cada una de las regletas. Los trazos de la división terminan en una arista que forma la continuación del eje del hilo. Una de las regletas lleva en la cara dorsal la siguiente inscripción: "Secretan Paris", y en la cara dividida de cada una de ellas, respectivamente, los números S<sub>1</sub> a S<sub>5</sub>.

ESTUDIO

Después de someter los hilos a una serie de operaciones de tal naturaleza que asegurasen su longitud, fueron, bajo la tensión de 10 Kg, comparados con la Base mural de la Oficina. Se hicieron 10 series de comparaciones desde el 14 de Febrero hasta el 20 de marzo de 1931. El hilo de 8 metros fue comparado, bajo la tensión de 10 Kg, en febrero de 1931, con los intervalos (0.8), (8.16) y (16.24) de la misma Base mural.

Las comparaciones fueron reducidas a la temperatura de 15° por medio de la fórmula de dilatación

$$l_0 = l_1 (1 - 0,000000511\theta + 0,00000000712 \theta^2)$$

determinada por el estudio hecho sobre el comparador, de las muestras de los mismos hilos, sometidos a la misma tensión de 10 Kg.

Se encontró, sobre la distancia de los trazos homólogos de las regletas, los siguientes valores:

Valores de los hilos a 15° bajo una tensión de 10 Kg

S <sub>1</sub>	—	24 m	+	0.28	mm
S <sub>2</sub>	—	24 m	+	0.50	mm
S <sub>3</sub>	—	24 m	+	1.16	mm
S <sub>4</sub>	—	0 m	+	0.62	mm
S <sub>5</sub>	—	8 m	+	0.69	mm

La determinación de la dilatación de los hilos fue efectuada por el señor L. Maudet, y las comparaciones ejecutadas por los señores A. Perard y L. Maudet, Adjuntos de la Oficina.

El Director de la Oficina.

(f.) Ch. Cuillaume

3º—EXPLICACIONES SOBRE LA DILATACION LINEAL

La fórmula especial de dilatación, preinserta en el certificado, refiere de la conocida hasta hoy sólo en el valor de los coeficientes de  $\theta$ ; por lo que, vamos a esclarecerla por sus principios, a fin de que la empleemos con criterio firme, según las condiciones del problema que se trata de resolver.

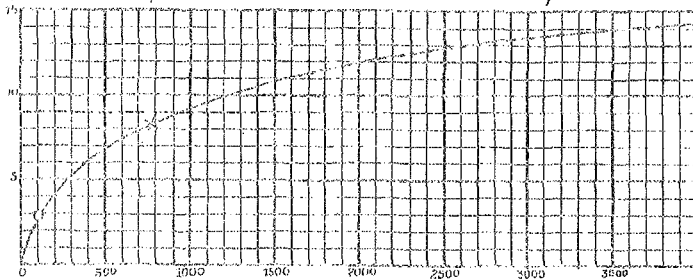
Si la dilatación de un cuerpo no es sino el

aumento de sus dimensiones: lineal, superficial o cúbica, y si, por otra parte, los cuerpos, dilatándose, no cambian de forma, a excepción de los cristales de todos los sistemas, menos los del primer sistema, es necesario, para calcularla, determinar previamente para un cuerpo de aleación especial como el invar, compuesto de acero y níquel en la proporción que puede variar del 36 al 43 por 100 de

*Oficina Internacional de Pesos & Medidas*

*Gráfico del cálculo*

*de cambios permanentes o transitorios del acero-níquel "Invar"*



*○ = 1° de Mayo de 1929 (estudio)*

*× = 5° de Marzo de 1931 (estudio)*

*Fig. 2*



níquel y empleado en los aparatos "Jadein", cuál es su coeficiente específico  $\theta$ . Queremos decir con esto que los coeficientes de  $\theta$  varían según el tanto por ciento de níquel en el invar; por lo que, los coeficientes de  $\theta$  indicados en la fórmula del certificado de la Oficina Internacional de Pesas & Medidas, se han obtenido por experimentos efectuados en la misma Oficina por el señor L. Maudet, valiéndose de las mismas muestras de los hilos empleados en la construcción de dichos instrumentos.

Por lo demás, es claro que el segundo miembro de la ecuación (certificado) parte de la definición del coeficiente de dilatación, que es la dilatación de la unidad de volumen o de longitud correspondiente a la elevación de un grado de temperatura, a saber:

$$(1) \quad K = \frac{V_1 - V_0}{V_0 t} \quad \text{dilatación cúbica}$$

en la que  $V_0$  y  $V_1$  son los volúmenes del mismo cuerpo a  $0^\circ$  y a  $\theta^\circ$ , y  $(V_1 - V_0)$  la dilatación. Ahora bien; si queremos saber cuál es la dilatación por unidad de volumen, correspondiente a la elevación de  $1^\circ$  de temperatura, no hay sino que calcular el cociente (1), por cuanto cada grado de temperatura lleva consigo el mismo aumento de volumen del cuerpo considerado; luego la fórmula (1) nos da a conocer lo que se llama coeficiente de dilatación cúbica, K.

Dejando entonces el valor de  $V_1$ , tendremos:

$$(2) \quad V_1 = V_0 (1 + Kt)$$

Por otra parte, si representamos respectivamente por  $\lambda$ ,  $\delta$  y K las dilataciones lineal, superficial y cúbica de un mismo cuerpo sólido, especialmente, del homogéneo que conserva la misma forma cuando se dilata, se puede escribir, a priori, que,

$$(3) \quad \lambda = \frac{\delta}{2} = \frac{K}{3}$$

En efecto: a  $0^\circ$  de temperatura las aristas del sólido tendrán la longitud inicial  $l_0$ ; y como el cuerpo conserva su forma cúbica al pasar a la temperatura de  $t^\circ$ , la longitud  $l$  de las aristas llegará a ser:

$$(4) \quad l = l_0 (1 + \lambda t) \dots \text{dilatación lineal}$$

por consiguiente

$$\frac{(1 + \lambda t)^3 - 1}{1 + 3\lambda t + 3\lambda^2 t^2 + \lambda^3 t^3} = 1 + Kt$$

Ejecutando las simplificaciones y despreciando las cantidades de grado superior al término  $3\lambda t$ , por ser infinitamente pequeñas, es evidente que

$$\lambda = \frac{K}{3}$$

Por analogía, se demuestran también que

$$\lambda = \frac{\delta}{2}$$

Resumiendo lo expuesto, podemos decir que el volumen de un cuerpo puede considerarse como una función de la temperatura

$$V = f(t);$$

por lo que el desarrollo de  $f(t)$  en serie conduce a fórmulas de la siguiente expresión:

$$(5) \quad V = V_0 (1 + \alpha t + \beta t^2 + \epsilon t^3 + \dots);$$

Ahora bien, si "las comparaciones fueron reducidas a la temperatura de  $15^\circ$  por medio de la fórmula de dilatación

$$l_0 = l (1 + \dots 0,000000511 \theta + 0,0000000712 \theta^2)$$

determinada por el estudio hecho sobre el comparador, de las muestras de los mismos hilos, sometidos a la misma tensión de 10 Kg", es porque se tuvo necesidad de considerar el desarrollo de la función  $f(t)$ , de esta manera:

$$(6) \quad (1 - \lambda t)^m = 1 - \frac{m}{1} \lambda t + \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} \lambda^2 t^2 - \frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \lambda^3 t^3 + \dots$$

para poder en el intervalo de  $15^\circ$  a  $0^\circ$ , orden descendente, aplicar la corrección negativa, una vez que se conocía la dilatación a  $15^\circ$  como origen de las operaciones.

Si hacemos  $m = 3$ , la fórmula anterior se transformará en la siguiente, análoga a la función (5):

$$(1 - \lambda t)^3 = 1 - 3\lambda t + 3\lambda^2 t^2 - \lambda^3 t^3$$

Refiriéndonos ahora a la dilatación lineal y desechando la cantidad  $\lambda^3 t^3$  por ser muy pequeña, tenemos por fin

$$(7) \quad l_0 = l_0 (1 - 3\lambda \theta + 3\lambda^2 \theta^2)$$

en la que  $3\lambda$  y  $3\lambda^2$  son, respectivamente los coeficientes de  $\theta$  y  $\theta^2$  que figuran en la fórmula del certificado.

## CALCULO PRACTICO DE LA DILATACION LINEAL

1ª.—Ley de proporcionalidad:

Si consideramos ahora los volúmenes de un mismo cuerpo a diferentes temperaturas  $t, t', t'' \dots$  es evidente que, de la relación

$$V_t = V_0 (1 + Kt)$$

podemos deducir la siguiente ley de proporcionalidad entre dichos volúmenes y los binomios de la dilatación correspondiente a tales temperaturas, a saber:

$$(8) \quad \frac{V_t}{1 + Kt} = \frac{V_{t'}}{1 + Kt'} = \frac{V_{t''}}{1 + Kt''} = \dots = V_0$$

por cuanto tendremos siempre

$$\frac{V_t}{1 + Kt} = V_0,$$

### 2ª.—Aplicaciones

a).—Volumen de un cuerpo a una temperatura dada, cuando se conoce el volumen del mismo a otra temperatura.

Cuando se conoce el volumen  $V_t$  y se quiere expresarlo en función de  $V_{t'}$ , bastaría entonces efectuar el cálculo aplicando el principio general, de esta manera:

$$(9) \quad V_t = V_{t'} \left[ 1 + K(t' - t) \right] \text{ para } t' > t;$$

pero si es al revés, esto es, cuando se quiere determinar el volumen de un cuerpo a una temperatura inferior, una vez que se lo conoce a una temperatura superior, reemplazaríamos primeramente la diferencia

$$t' - t = -\theta,$$

y calcularíamos luego el volumen por la siguiente igualdad:

$$(10) \quad V_t = V_{t'} (1 - K\theta)$$

Volvemos a encontrar de nuevo el fundamento de la función desarrollada en serie, tal como ya se indicó anteriormente, en que se apoya la fórmula de la dilatación transcrita en

el Certificado otorgado por el señor Cr. Guillaume.

b).—Coeficiente medio de dilatación entre dos temperaturas determinadas.

Supongamos aquí que el cuerpo se dilate irregularmente y que  $V_0$  y  $V_t$  sean sus volúmenes a  $0^\circ$  y a  $t^\circ$ ; por consiguiente, la dilatación total entre  $0^\circ$  y  $t^\circ$  de la unidad de volumen o longitud a  $0^\circ$ , será

$$\frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

y para la elevación de la temperatura correspondiente a  $t^\circ$ , la dilatación media tiene que ser

$$(11) \quad \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \dots \text{Coeficiente medio de dilatación}$$

De aquí se deduce que la expresión del coeficiente medio de dilatación entre dos temperaturas  $t$  y  $t'$  es la siguiente:

$$(12) \quad \frac{V_{t'} - V_t}{V_0 (t' - t)}$$

c).—Coeficiente verdadero de dilatación a una temperatura dada.

Al considerar la variación infinitamente pequeña  $dV$  del volumen correspondiente a una variación infinitamente pequeña  $dt$  de la temperatura, es decir,

Volúmenes $V$	a	Temperatura $t$
$V + dV$	,,	$t + dt$

la expresión (12) puede transformarse en

$$\frac{V + dV - V}{V_0 (t + dt - t)} = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dt}$$

expresión que nos da a conocer inmediatamente el coeficiente verdadero de dilatación a  $t^\circ$  de temperatura, y se lo define así: el límite hacia el cual tiende la relación  $\frac{dV}{dt}$

cuando  $dt$  tiende al mismo tiempo hacia  $0^\circ$  por lo que la derivada de  $V$ , considerada como función de  $t$ , debe tomarse con relación a esta variable y dividirse por  $V_0$

d).—Ejemplos:

1.º—Consideremos los tres primeros términos del desarrollo de la serie (5), en la dilatación longitudinal

$$h = l_0 (1 + at + bt^2) \dots l_0 + l_0 at + l_0 bt^2$$

Calculemos la diferencial:

$$dh = (a + 2bt) l_0 dt$$

luego, la derivada primera es

$$(13) \quad \frac{1}{l_0} \frac{dh}{dt} = a + 2bt \dots \text{coeficiente verdadero de dilatación lineal.}$$

2.º—De la primera ecuación anterior tenemos:

$$h - l_0 = l_0 t (a + bt);$$

luego

$$(14) \quad \frac{h - l_0}{l_0 t} = a + bt \dots \text{coeficiente medio de dilatación lineal.}$$





CAPITULO V

**RESEÑA HISTORICA SOBRE LOS APARATOS  
PARA MEDIR BASES GEODESICAS**



### Primer Período

El aparato de Bessel, empleado por los geodestas alemanes hasta 1882, estaba fundado en el mismo sistema del de Borda, esto es, en cuatro reglas bimetalicas, formadas, cada una, por reglas de hierro de dos toesas de largo, recubiertas de otras de zinc un tanto menos largas, y de ancho, la mitad de las anteriores.

El aparato de Colby, General inglés (1827), si bien se fundaba en el mismo principio del de Borda, no exigía sino el conocimiento de la dilatación relativa de las dos reglas, que estaban dispuestas paralelamente y ligadas entre sí por brazos horizontales articulados.

### Segundo Período

Como las reglas bimetalicas tienen el inconveniente de costar demasiado caro por el número de reglas de que se componen, y ofrecen, además, dificultades impropias para determinar el coeficiente de dilatación de cada regla, se buscó a reemplazarlas con una sola. Porro, en 1850, fue el inventor de la regla y del método, que consistía en colocar alineados en el plano de la base, una serie de microscopios cuyos ejes ópticos estuviesen verticalmente arreglados y a una distancia reciproca, más o menos, igual a la longitud de la regla dividida en sus extremidades en décimos de milímetros. Esta regla y el método fueron empleados por el Servicio Geográfico Francés en la Algeria. Brüner, de Paris, perfeccionó en 1856 el aparato de Porro que fue empleado en el Egipto, España y Francia y en la Prusia.

### APARATO BIMETALICO DE BRUNER

La regla bimetalica se compone esencialmente de dos reglas: la una de platino iridiado con el 10% de iridio, y la otra de latón.

Con esta regla, los microscopios y los soportes especiales que lleva, se puede:

1º) --Asegurar la perpendicularidad del eje de los muñones y del eje de rotación del círculo colocado en posición vertical.

2º) Hacer que el eje de combinación nula se halle en el plano vertical del eje de los muñones; y

3º) Establecer la coincidencia del eje del microscopio con el eje del círculo por desplazamientos paralelos.

Su empleo facilita:

1º Calcular las mediciones en función de la temperatura;

2º Dar con el punto de arranque;

3º Calcular las correcciones a 100 y a 0;

4º --Determinar la corrección debida a la desnivelación de los microscopios; y

5º Corregir la inclinación de la regla.

Por estos y otros motivos la regla bimetalica de Brüner ha servido para medir las siguientes bases:

Madrilejos (España);  
Strehlen, Bonn, Cassel (Alemania);  
Auberg, Rheinfelden, Bellinzona (Suiza);  
Paris Juvisy, Perpignan (Francia);  
Riobamba (Ecuador), en 1901.

### APARATO REPSOLD

Este aparato es análogo al anterior y fue construido por Repsold en Hamburgo. Los

geodestas de Estados Unidos lo emplearon en la medición de sus bases (1877-1879).

Se compone de dos reglas: la una de acero y la otra de zinc. Se dilatan libremente hacia sus extremidades. Llevan reglitas de platino adicionales y divididas, cuyas lecturas se hacen por medio de microscopios. El mé todo es igual al descrito anteriormente.

### Tercer Período

La necesidad de emplear una regla de platino conjuntamente con otra de metal diferente para obtener mayor precisión en el cálculo de las temperaturas, ha influido considerablemente en el alto precio de los aparatos bimetalicos, debido al elevado precio del platino.

Investigaciones posteriores, entre otras, las de Ch. Ed. Guillaume, Director de la Oficina Internacional de Pesas & Medidas (Bretueil, París), pusieron a salvo el costo de la regla anterior con el invento de una aleación de acero y níquel en la proporción del 36% del último metal, cuya propiedad consiste en dilatarse 17 veces menos que el acero.

Esta aleación se llama **metal invar**, cuyo coeficiente de dilatación es muy pequeño y más o menos igual a

$$(0.877 + 0,00127 \theta) 16^{-6}$$

entre 0° y 0° de temperatura.

En una regla **invar** basta que se conozcan las temperaturas dadas por el termómetro instalado en el exterior o incrustado en la misma regla. Como un ejemplo de dilatación indicamos que para una regla de 4 m de largo, el error de 1° en la temperatura apenas implicaría un error en la longitud de la regla, de  $3,5 \mu - 0,0035$  mm; luego, para una base de 4 Km., el error total sería 0,0035 m. Este período se caracteriza entonces por los aparatos conocidos con el nombre de **monometalicos invar**.

### APARATO "JADERIN"

El primitivo aparato de Jaderin, anterior al invento del metal **invar**, se componía de dos hilos, de cobre el uno y de acero el otro. La

medición se hacía como ahora, por tramos, midiendo la separación de cada par de tripodes por medio del hilo de acero, e inmediatamente después, con el hilo de cobre, a fin de deducir de estas dos operaciones la dilatación relativa de los dos hilos, para venir luego en conocimiento de la temperatura y, por fin, de la longitud de la base referida al hilo de acero.

La tensión constante de los hilos estaba siempre bajo la presión de 10 Kg. Por lo demás, las operaciones eran idénticas a las que hoy se ejecutan con los hilos **monometalicos invar**, cuyo empleo se hálla hoy generalizado en todas las naciones que se ocupan en la medición de **bases geodésicas**.

Con los aparatos Jaderin perfeccionados por la Oficina Internacional de Pesas & Medidas se avanza rápidamente en los trabajos, obteniéndose resultados muy precisos.

En efecto: el sistema de las reglas bimetalicas de Borda tiene ventajas insuperables; pero esto no quiere decir que no tenga también sus inconvenientes, debido a que las dos reglas son de naturaleza diferente, a que no están igualmente expuestas al aire para el efecto de la igualdad de su temperatura, y por otra parte, al inmenso costo de una de ellas, la de platino, empleada por su poquísima dilatación.

Además, si por el año de 1856 se volvió otra vez al sistema de las **reglas simples**, pero provistas de dispositivos por medio de las cuales se conocía la temperatura con más precisión que antes, llegándose aún más tarde a mantenerlas sumergidas en el hielo fundente durante el curso de una medición completa para mantener constante su temperatura, la medición de una base era siempre larga y sumamente engorrosa; pues, con tales procedimientos apenas se podía medir en un día 300 m., y esto contando con un personal muy numeroso.

El descubrimiento de aleaciones muy poco dilatables y el empleo de **hilos monometalicos** han facilitado por completo la medición de una base geodésica.

En 1885 el Sr. Jaderin, Profesor de la Escuela Politécnica de Estocolmo, fue quien propuso el reemplazo de las reglas cortas y

pesadas por hilos metálicos, ligeros y más largos y sometidos a la misma tensión, conservándose, claro está, el principio bimetalico que consistía en medir cada tramo de la Base por medio de dos hilos de dilatación desigual, como acaba de indicarse; pero con esta diferencia: que en lugar de medir por medio de microscopios el intervalo que quedaba entre las dos reglas, se hacía únicamente la lectura directa de las reglas adicionales a las extremidades de los hilos, refiriéndola a índices especiales instalados en tripodes móviles.

Ponderar aquí las ventajas de tan ingenioso sistema, no sería sino poner de relieve la rapidez de las manipulaciones y la economía de tiempo y dinero que se obtenían empleando los aparatos primitivos de Jaderin. Sin embargo, hay que reconocer en honor a la verdad, que estos aparatos, desde el punto de vista de su exactitud científica, podían considerarse un tanto deficientes a causa de la gran sensibilidad de los hilos a las variaciones de la temperatura. La modificación o perfeccionamiento de los primitivos aparatos de Jaderin consiste en haberse reemplazado por un solo hilo, el acero-níquel invar, en proporciones tales que su aleación sea muy poco dilatante.

Tanto el descubrimiento de esta aleación como el perfeccionamiento introducido en los aparatos de Jaderin, se deben a los esfuerzos y estudios de los Sres. Benoit y Guillaume, respectivamente, Director y Director Adjunto de la Oficina Internacional de Pesas & Medidas.

La aleación del 36% de níquel se dilata 10 veces menos que el platino, 17 veces menos que el acero y 20 veces menos que el latón; de lo que se infiere que, para los efectos ordinarios de las correcciones de dilatación, no hay necesidad de determinar la temperatura con el mismo grado de precisión como antes se hacía; por otra parte esta aleación es maleable, poco oxidable y muy homogénea.

La medición de la Base de Yaruquí, cuya longitud es 1273 m., fue medida dos veces, ida y regreso, en sólo 22 días útiles, y trabajando únicamente las primeras horas de la mañana.

Las críticas de los geodestas, relativas a la

gran precisión que se alcanza con el aparato perfeccionado "Jaderin", arrojan esta conclusión: que su precisión es comparable con la que se obtiene, por ejemplo, con la regla de Brünner.

El equipo completo del material de los aparatos "Jaderin", trabajados en 1929 para el Gobierno de la República del Ecuador por la casa "Secretan Ch. Epry & Jacquelin, Sucers", de París, y contrastados en 1931 por la Oficina Internacional de Pesas & Medidas, bajo los auspicios del señor General Georges Perrier, Miembro del Instituto de Francia y Secretario perpetuo de la Sección de Geodesia de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, se compone de las siguientes piezas:

UN par de miras de 3 m de largo cada una, divididas en medios centímetros sobre lámina invar;

OCHO tripodes de referencia;

UN tripode para el aparato centrador;

TRES tripodes-tensores con sus respectivos accesorios;

TRES pesas de 10 Kg. cada una;

UNA pesa de 2 Kg. para el galibo;

TRES cordones portadores de hilo;

OCHO triangulos con sus respectivos ejes para los índices de referencia;

UN nivel "Berthélemy" con los siguientes accesorios: Nivel de burbuja independiente, un ocular de prismas, un protector de nivel, un índice de nivelación, un destornillador, una llave para regular;

UN nivel auxiliar;

UN anteojero para alineación con su respectivo soporte;

UNA polea para la galibación;

UN aparato centrador con los siguientes accesorios: una cabeza especial para el tripode, un eje de referencia, un destornillador, una llave para regular;

UN tambor para el enrollamiento de los siguientes hilos: cuatro hilos "invar" de 24 m cada uno; un hilo "invar" de 8 m; una cinta "invar" de 4 m. de largo;

DOS hilos para las galibaciones de 24 m cada uno y un su respectivo tambor;

DOS índices de latón para las referencias de fin de jornada;

CINCO anillos con mosquetones porta-hilos;

DIEZ referencias de bronce de 0.025 m (índices móviles); y

DOS correas porta-hilos.



CAPITULO VI

**DESCRIPCION, USO Y MANEJO DE LOS  
APARATOS JADERIN**





## 1°—Trípodes y Triángulos

La importancia de esta clase de trípodes consiste en que sus plataformas circulares pueden desplazarse en cualquier sentido, sin que haya necesidad de reinstalarlos hasta que los ejes de sus triángulos queden entre sí a la distancia de 24 m y en alineación. Es por esto que la **galibación** se principia por medir con la cinta un tramo de 24 m, medición que tiene por objeto señalar en tierra el punto en el cual se ha de hacer la coincidencia de la plomada del trípode, para luego rectificar dicha señal con el **gálíbo** y determinar después el valor del tramo con el hilo fundamental de medida. El disco circular debe ocupar la posición media de la cabeza del trípode, sirviéndose de su respectiva llave de cierre. En uno de los costados del disco hay un nivel esférico por medio del cual se instala el trípode, de modo que la cabeza sobre la que descansa el disco, ocupe la posición horizontal. Véase la lámina XVIII.

El trípode es bueno cuando el plano de su cabeza sobre la que descansa el disco, produce la inmovilización de la burbuja del nivel esférico, cualquiera que fuese el desplazamiento del mismo disco.

Se instala entonces en el trípode el triángulo que lleva, en su parte central, un eje perfectamente cilíndrico. Puede decirse que la **perfección del triángulo** está en lo acabado del eje vertical, cuyo diámetro debe ser igual al del tubo del **índice** movable, de manera que entre los dos se produzca el vacío; y esto, se comprueba tapando con aceite el orificio que se halla en la parte superior del **índice**, pues, al emborlarlo en el eje, el aire almacenado funciona como resorte e impide que el índice descansa libremente en el eje del triángulo.

La verticalidad del eje del triángulo se obtiene sirviéndose del **nivel auxiliar** previa-

mente corregido, cuyo soporte se enchufa en el mismo eje; y se opera después por medio de los tres tornillos nivelantes, tal como si se tratase de la nivelación de un instrumento topográfico.

Procúrese que el trípode esté bien prendido en el suelo. Cuando éste no es suficientemente duro, se hará la fastación, según los casos, sobre pilotes de madera o sobre piedras-planchas no pulidas y un tanto inclinadas hacia el centro del trípode.

## 2°—Nivel auxiliar

La parte esencial de este nivel consiste en que el tubo soporte sea del mismo diámetro que el eje del triángulo, y en que el plomo que descansa sobre la parte superior del eje sea un verdadero plano para que el nivel no bascule. Esto es tanto más importante cuanto que, el tornillo de presión que se encuentra en el soporte, no debe influir, al ser ligeramente cerrado, en las correcciones de nivel. La corrección del nivel se efectúa por el procedimiento ordinario.

## 3°.—Pínula

Las características del soporte son las mismas que las del **nivel auxiliar**. En cuanto a su altura se la mide, como ya se dijo en capítulo aparte, relacionándola con la altura del eje del nivel "**Barthélemy**".

Las partes principales de que se compone la pínula son: la pínula y sus correspondientes ventanillas colocadas en los extremos del brazo horizontal. Las ventanillas funcionan por medio de visagras. Contiguo a la pínula se encuentra el nivel con su respectivo tornillo de corrección, y, en la parte opuesta, el tornillo nivelador, provisto de resorte antagónico. Véase la lámina XXVII.

Como el eje del triángulo ocupa previamente la posición vertical, la manipulación de la pínula, una vez corregido el nivel, se efectúa con el tornillo nivelador, tal como se opera con el instrumento "Barthélemy". El resultado consiste en obtener la horizontalidad de la pínula antes de hacer las lecturas de mira.

Las lecturas de mira con la pínula se hacen generalmente tres veces y con la apreciación del centavo de centímetro, por cuanto las miras están divididas en medios centímetros.

Estas lecturas debieran hacerse, en realidad, con el mismo instrumento "Barthélemy"; pero como la precisión que se obtiene con la pínula es la misma, dada su distancia muy corta a la mira, el ángulo de inclinación apenas alcanzaría un error infinitamente pequeño comparable con el que se obtendría con el mismo instrumento Barthélemy.

Hay también otra razón para que esta lectura no pueda hacerse con el nivel "Barthélemy", y consiste en que la mira quedaría fuera del enfocamiento del antejo, por estar instalado muy cerca de éste.

#### 4.º - Índices Movibles

Según dijimos en capítulo aparte, los índices movibles son las principales piezas de los tripódodes en la medición de la Base, por cuanto forman las referencias materiales de los tramos. Si esto es así, es natural que su acabado debe satisfacer las mismas condiciones de un retículo en los instrumentos geodésicos de alta precisión.

Los índices movibles de los aparatos Jodelin son cilindros huecos, cuyo diámetro y altura se corresponden respectivamente con el diámetro y altura del eje del triángulo, en condiciones tales que se produce el vacío cuando el uno embona en el otro.

En la parte inferior del cilindro hay también un tornillo de presión para fijar el índice movable, de manera que el chafalán AB se encuentre coincidiendo con la arista de la regla del hilo invar, y la línea CD, grabada en la parte superior del índice movable, se halle en la prolongación de una división de la re-

gleta, establecida que fuese su coincidencia con el trazo del índice movable. Véase la lámina XVIII.

Al no existir el chafalán AB, se habría obtenido el círculo completo con dos ejes perpendiculares que se cruzan en su centro; por lo que en la superficie superior del índice habríamos visto un verdadero retículo. La línea AB coincide con la alineación de la Base; y la CD es perpendicular a AB en el punto O, centro del retículo y, a la vez, la materialización del centro del eje vertical del triángulo. Por manera que, si prolongamos este eje hacia arriba, se señalaría el cenit del lugar. De aquí se deduce que, al girar el índice movable alrededor del eje vertical del triángulo, el punto O debe permanecer siempre fijo, esto es, señalando el mismo punto en tierra. Por consiguiente, las lecturas de las reglas se hacen con referencia al punto O, intersección de las líneas AB y CD; y las fracciones de segmentos deben apreciarse entre límites lineales y no entre puntos. Esta es la razón por la cual se ha preferido trazar, en la parte superior del índice, dos líneas entre sí perpendiculares, para que el punto central sea siempre O, parte media de las líneas AB y CD.

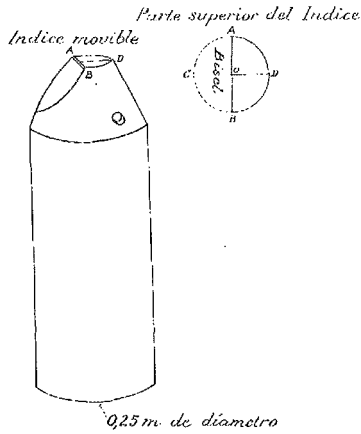
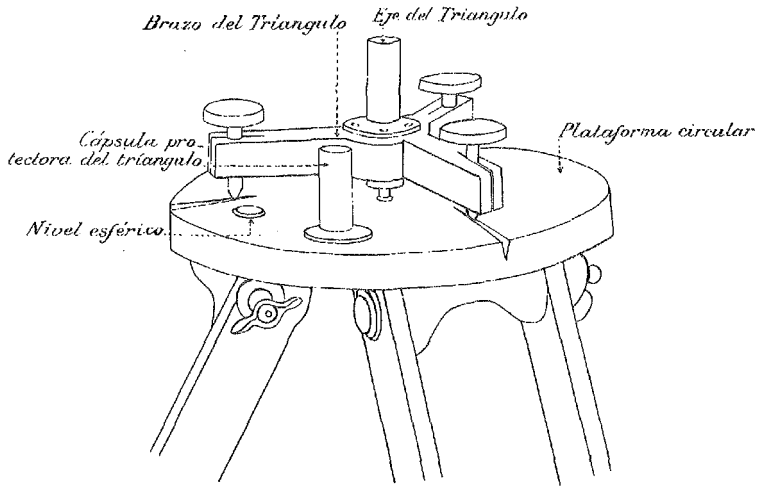
El chafalán del índice movable tiene también por objeto servir de apoyo a la arista de la regla del hilo invar; pues, cuando esta arista coincide con el chafalán, la cara de la regla en la que están grabadas las divisiones, debe formar un solo plano con el círculo del índice movable; y como la arista de la regla podría superponerse sobre el plano del semicírculo del índice, cubriendo así el centro del retículo, el constructor, en previsión de esto, ha trazado en la línea AB del índice movable un borde saliente que impide dicha superposición. Una vez que las lecturas deben en principio hacerse con referencia al punto O, centro principal de todo el sistema, la línea CD tiene que pasar por el punto O y estar situada en la prolongación de una de las divisiones de la regla, para garantizar así la rapidez de las lecturas. Esto es tanto más evidente cuanto que la medida entre tramos se hace, no entre líneas, sino entre puntos; pues si fuese entre líneas, la medición de una base se haría también entre dos líneas extremas, lo que es absurdo, puesto que el límite de una línea es un punto y no otra línea.



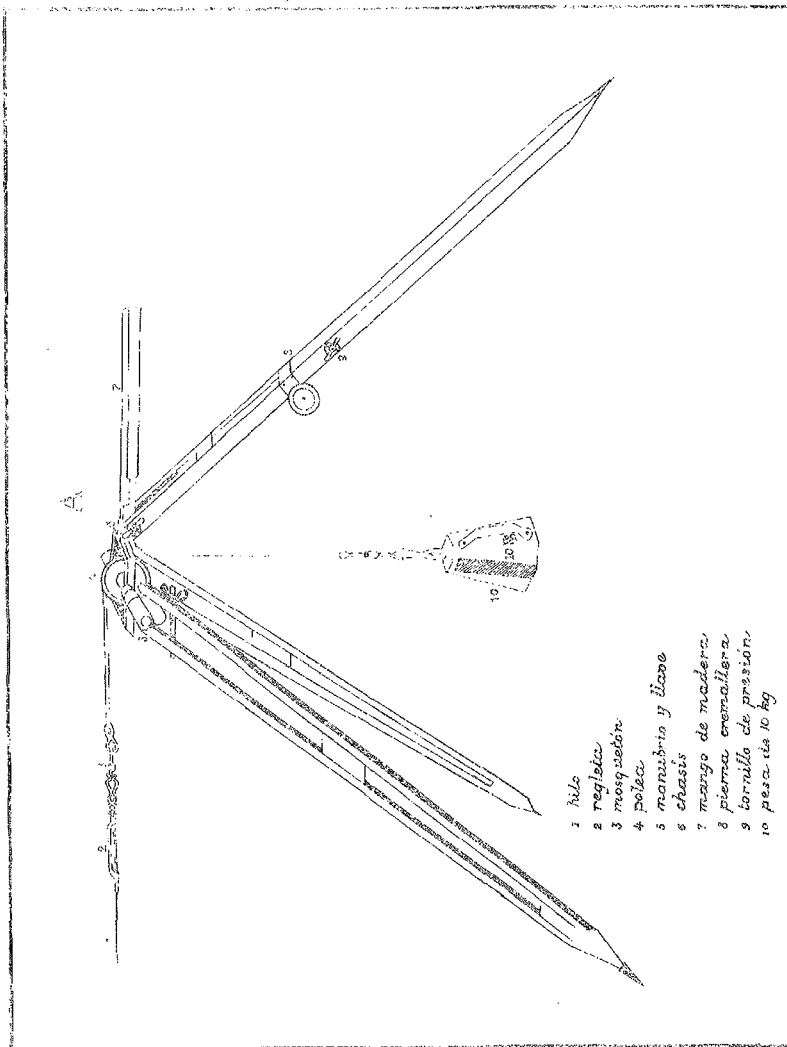
Después de la conferencia sobre la instalación del trípode de índice móvil, dada al personal por el Jefe de la División Geodésica



TRIPODE Y TRIANGULO



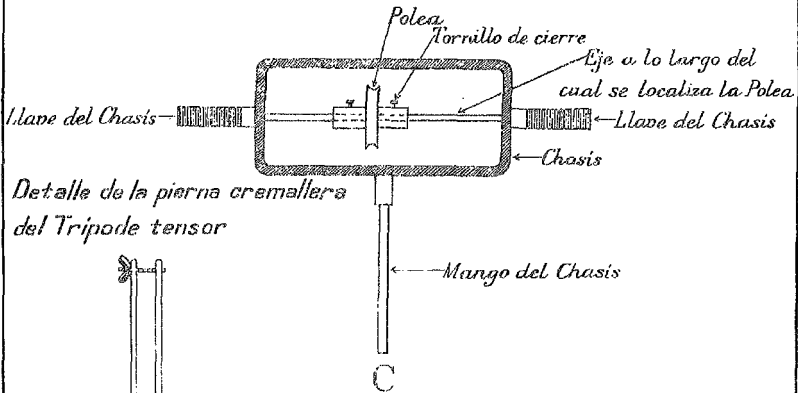




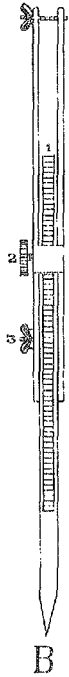




Detalles del Chasis de la Polea

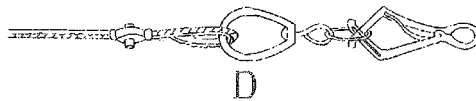


Detalle de la pierna cremallera del Tripode tensor



- 1 Cremallera
- 2 Tornillo de la Cremallera.
- 3 Tornillo de presión

Detalles del Mosquetón





### Condiciones de luminosidad para la mayor exactitud en las lecturas de las regletas.

En la generalidad de los casos la regleta debe estar a la sombra. El uso de parasoles es indispensable; pero hay circunstancias en las cuales ciertas reflexiones de luz, si bien aumentan la luminosidad de los trazos, son, en cambio, perjudiciales para la buena lectura de las regletas. Esto se obvia con sólo levantar el plato de la regleta, de manera que con el plano del semicírculo del índice forme un ángulo obtuso. El mosquetón del hilo invar sirve para inclinar el plano de la regleta; y por más inclinación que ésta se encuentre, el borde del retículo AB impedirá que la arista de las divisiones cubra el centro O. Si, a causa de tal inclinación, la arista de la regleta se retirase del borde AB, el operador del trípode—tensor desplazará la polea hacia el lado que convenga, aflojando sus respectivos tornillos de presión, hasta que la arista de las divisiones coincida, sin esfuerzo alguno, con el borde del chafán, esto es, por debajo de la línea AB.

Una vez llenados todos estos requisitos, a saber: la línea AB en coincidencia con la arista de la regleta; la buena inclinación de ésta respecto del plano superior del semicírculo del índice móvil; el grado de luminosidad para dar fácilmente con la coincidencia de una de las divisiones de la regleta con el trazo del índice, e investigar la apreciación en décimos de milímetros cuando no haya tal coincidencia; y en una palabra, poder ejecutar la lectura completa, tal como si se tratase de un simple catetómetro provisto de vernier, se cerrará ligeramente el tornillo de presión del índice móvil y luego se harán las señales correspondientes para dar comienzo a la serie de lecturas de las regletas, debiendo corresponder cada lectura al instante preciso en que se oiga la señal por silbato, como se indicará oportunamente.

#### 5º.—Trípodes Tensores

Estos trípodes sirven para instalar el hilo invar, unidad de medida, entre los índices de un tramo. El trípode-tensor del instrumento Jaderin se compone de estas dos principales piezas: de una cremallera colocada en una de las piernas del trípode, y de un chasis fuerte y provisto de llaves laterales, en

forma de mangos, que sirven, a la vez, de manubrios para orientarlo convenientemente con referencia al plano del disco del trípode que lleva el índice móvil.

**CREMALLERA.**—La cremallera no tiene otro objeto que levantar o bajar el plano del chasis, hasta que la garganta de la polea se encuentre en las proximidades del plano horizontal del índice móvil. Véase el esquema (B) de la lámina XX.

**CHASIS.**—Lo que de un vistazo aparece en el chasis es lo siguiente: un marco reforzado, con dos mangos estriados en la prolongación del eje de la polea; una polea que puede localizarse a lo largo de su eje; un mango de madera que parte del medio de uno de los lados del marco; dos piernas de sustentación del trípode, sujetas en los extremos del marco, y una pierna cremallera que se halla del lado del mango, tal como los esquemas A, B y C de las láminas XIX y XX lo indican.

Los mangos laterales sirven para colocar el plano del marco más o menos en el horizonte, y, a la vez, para inmovilizar por completo las dos piernas del trípode; y el mango central de madera para orientar el chasis con respecto a la plataforma del trípode del índice móvil, ayudándose para el efecto de la pierna-cremallera, una vez que las otras dos están ya enclavadas en tierra.

De aquí se infiere que para instalar el trípode-tensor, se principia por enclavar en suelo firme las dos piernas que no contienen la cremallera, en la posición perpendicular al tramo y cerca del trípode del índice móvil, abjerto que fueren los manubrios laterales del marco y las tuercas del trípode. Se advierte, que el tornillo de presión de la cremallera debe estar cerrado y la cremallera en la mitad de su carrera. Enseguida, ayudándose del mango de madera y de la pierna-cremallera, se fijará ésta en el suelo, cuando el eje de dicho mango se halle en la alineación de los dos índices del tramo, a fin de que la polea pueda localizarse a lo largo de su eje, sin perjuicio de la coincidencia de la arista de la regleta con el índice móvil. Tan pronto como se haya obtenido este resultado, se cerrarán tanto los tornillos-manubrios como las tuercas, cuando el plano del marco ocupe más o menos la posición horizontal, y el man

go se halle en la dirección de los índices móviles.

**Retirada del trípode.**—Se principia por abrir los tornillos-manubrios, para luego desprender del suelo las tres piernas del trípode; y se lo transporta enseguida a hombros.

**Advertencia general.** Los encargados de la conducción e instalación de los **trípodes-tensores** deben, bajo su más estricta responsabilidad, declarar inmediatamente al Jefe de Operaciones cuando, por circunstancias casuales o descuidos involuntarios, se haya tocado el trípode del **índice móvil** en el momento de retirar o instalar el **trípode-tensor**, a fin de proceder inmediatamente a repetir la medición del tramo que ya fue medido.

#### 6º—Centrador e índice de fin de jornada

Los índices de **fin de jornada**, como señales de referencia, no difieren, en lo principal, de los **móviles**. Si hay alguna diferencia es sólo en su basamento estriado para incrustarlo en un bloque, por ejemplo, de cemento.

Los índices de **fin de jornada** van a cierta profundidad del suelo, más o menos a 20 o 30 m, siempre que se trate de un terreno sólido o firme; de lo contrario, se ejecuta una construcción de cal y canto para localizar esta clase de índices que sirven para señalar en tierra, no sólo las operaciones de una jornada, sino también el punto hasta donde la medición ha llegado, a partir del punto extremo de la Base.

Antes de pasar a otras consideraciones con respecto a la fijación del punto, a la centralización del anteojo, a la orientación de la línea, a la incrustación en tierra del bloque que contiene el índice de **fin de jornada**, etc., etc., es absolutamente necesario que desde ahora se tenga en mientes lo que sigue: la remoción de los índices de **fin de jornada** por una causa cualquiera, implicaría nada menos que la completa desaparición del punto preciso hasta el cual se llegó con la medición; y con la desaparición del punto, la inmediata necesidad de volver, como quien dice, a fojas primera, esto es, al origen de la Base. Por lo que, todas las precauciones de vigilancia y cuidado que se tomen para la conservación del índice de **fin de jornada**, jamás serán su-

ficientes, dada la importancia de señalar con exactitud matemática el punto-señal de las operaciones realizadas en cada día, tanto más cuanto que en mediciones de esta clase la certeza o evidencia matemática no existe jamás; existe, a lo sumo, el mayor grado de probabilidad en los valores que sucesivamente van obteniéndose, tramo por tramo.

Describamos ahora las operaciones sucesivas relacionadas con la fijación en tierra del bloque de cemento que contiene el índice de **fin de jornada**, tomando en cuenta que esta señal de referencia es como el **fin** o el **principio** de las operaciones ejecutadas en un día; bien entendido que la medición de una jornada puede comprender uno o más tramos de 24 m, según las condiciones favorables del tiempo. La lluvia y el viento son, por ejemplo, causas que entorpecen la exactitud de las mediciones.

#### 7º—Índice de referencia considerado como fin de jornada

Supongamos que las mediciones de un día comprendan 15 tramos de 24 m cada uno. El último tramo termina con la instalación del trípode llamado "**centrador**", en el cual se ha marcado, con color rojo, la cifra arábiga 9, por cuanto el Servicio Geográfico Militar del Ecuador, para medir la **Base de Yaruquí**, sólo pudo disponer de ocho trípodes para los **índices móviles** y numerados con pintura negra, del 1 al 8, y un **centrador** con la numeración 9, en rojo.

El trípode-centrador tiene triple objeto: servir de soporte para el **anteojo-alineador**, de punto de apoyo para el **índice móvil** y de base de sustentación del **anteojo-centrador** del índice de referencia incrustado o por in-crustarse en el suelo, con sólo la sustitución de una pieza que vamos luego a describir.

Se instala el **trípode-centrador**, sin el montaje o base de sustentación del **anteojo-centrador**, esto es, sin el disco que contiene el nivel esférico y el triángulo en el cual se instala el **índice móvil** o el **anteojo-centrador**.

Un individuo se encargará de mantener con la mano una plomada, cuyo hilo pase más o menos por el centro de la abertura de la cabeza del trípode, sin preocuparse de si la plo-

mada coincide o no con el punto señalado en tierra o con el cruce de dos cuerdas. Decimos el **cruce de dos cuerdas** y no la cabeza del clavo, por haberse hecho de antemano en el terreno un hoyo de 0,30 x 0,40 m de superficie y por 0,30 a 0,50 m de profundidad, según la naturaleza del suelo, para fijar en dicho hoyo el bloque que contiene el **índice de fin de jornada**, tal como aparece en la correspondiente lámina.

El operador instalará entonces el trípode, de manera que la plomada coincida con el cruce de las dos cuerdas y el hilo de suspensión pase por las proximidades del centro de la abertura de la cabeza del trípode. Téngase cuidado de no cerrar las tuercas del trípode y que sus puntas no estén completamente clavadas en tierra, a fin de completar la instalación tan luego como se haya colocado el soporte con su correspondiente disco sobre la cabeza del trípode.

Instálase enseguida el soporte del anteojo, sin cerrar el tornillo de presión; vuélvase a hacer uso de la plomada pasando su hilo por el tubo de enchufe del anteojo centrador; y complétese esta manipulación con la instalación definitiva del trípode, procurando obtener los siguientes resultados: **coincidencia del hilo de la plomada con el centro del tubo en el que se instala el anteojo; nivelación del disco en que se encuentra el nivel esférico; buena fijación en tierra de los regatones del trípode y cierre de las tuercas del mismo trípode.**

Si no se pudiese en práctica estos detalles previos a la instalación del anteojo-centrador, las operaciones relativas a la centralización del punto serán difíciles por el poco juego de disco sobre la cabeza del trípode; y estas operaciones preliminares son absolutamente necesarias, especialmente, cuando se trata de centrar un punto.

Concluida la instalación del trípode, se instala luego el eje en el cual se adapta el **índice móvil**, y se procede a la nivelación del soporte. Véase la lámina XXI.

El resultado de esta nivelación consiste en obtener la verticalidad del eje en el cual hay que colocar el **índice móvil**. En estas condiciones, el **trípode-centrador** funciona como cualquiera de los **trípodes-tensores** o de los **índices móviles**.

En el disco sobre el cual descansa el nivel fijo, hay una planchita con una flecha bien marcada, y en la pieza de bronce solidaria del eje en el que se enchufa el **índice**, un disco con una pequeña perforación para dar cabida a la espiga del mismo **índice**. Con esta espiga se evita que el **índice** gire alrededor de su eje, y se obtiene, además, que el challán del **índice** perpendicular al trazo, coincide con la dirección de la flecha. Por lo que, cuando el borde AB del **índice** coincide con la arista de la regleta del hilo **invar**, la flecha señala entonces la dirección de la alineación, a fin de que en el mismo sentido se corresponda a la línea AB del **índice** que se fija en tierra; en una palabra, la operación final se reduce a trasladar o transportar en la misma prolongación de la vertical el punto O del **índice móvil** colocado en el trípode.

Continuemos ahora con las operaciones sucesivas. En el trípode de atrás, correspondiente al tramo final, se encuentra el **anteojo-alineador**. Valiéndose de este instrumento y por medio de señales converidas de antemano, se indica al Ayudante del aparato centrador cuál debe ser la instalación de la plataforma que sustenta el basamento del anteojo, hasta que su eje coincide con la alineación. Como este desplazamiento descorrige la nivelación, vuélvase a nivelar el eje del **índice** con los tres tornillos nivelantes.

Esta operación de alineación se hará tantas veces cuantas fueren necesarias hasta que el resultado se produzca.

El cruce de las cuerdas en tierra corresponde a las operaciones con el **gálbo**.

#### Medición del último tramo de fin de jornada

Concluidas tales operaciones se hará enseguida la nivelación del último tramo para deducir el ángulo de inclinación del hilo. Efectuada la nivelación se instalará en el eje del último trípode el **índice del centrador**, y luego los **trípodes-tensores** para terminar así con la medición del tramo.

Ahora viene la conclusión del trabajo de fin de jornada. Antes de hacer la lectura de las regletas con referencia al **índice del centrador**, el respectivo Ayudante hará la nivelación del soporte del **índice** lo más exactamente posible, en la dirección de la flecha correspondiente a la alineación; pero teniendo cuidado de

anotar con la aproximación del **décimo** de parte de nivel la lectura de los extremos de la burbuja con referencia a la orientación de la flecha, para luego efectuar la lectura de las regletas. La lectura del nivel en la dirección de la flecha tiene por objeto anotar el dato correspondiente a la posición de la burbuja en este día, para en esta misma posición iniciar al día siguiente los trabajos. Claro está que la pequeña diferencia de nivel de un día para otro apenas implicaría un error despreciable; pero las condiciones del problema nos obligan a evitarlo.

He aquí por qué la medición de una **base geodésica** es muy delicada, por el sinnúmero de precauciones que deben tomarse en cuenta para no originar fuertes errores que necesariamente se acumulan en el resultado final.

Retirado ahora el **hilo invar** y los **trípodes tensores** con el mayor cuidado posible, se instalará enseguida el eje del **índice** y el **anteojo-centrador**, después de haber colocado el plano del retículo en el plano focal del sistema óptico. Hecho esto, se asentará en la excavación hecha el bloque que contiene el **índice de fin de jornada**, y por desplazamientos sucesivos de éste en el sentido que el operador principal señale, se lo fijará apenas se correspondan los hilos del retículo con los trazos AB y CD del **índice en tierra**, es decir, que el cruce de los hilos del retículo debe coincidir con el cruce de los trazos del índice. A medida que se obtengan las coincidencias, se ajustará cada vez más el bloque con tierra, cuñas, o lo que fuere, hasta que el **índice** quede en estado completamente fijo y sus trazos en coincidencia con los hilos del retículo. Es así como se habrán terminado las operaciones de una jornada.

Con respecto al **cuidado del punto**, se tomarán todas las providencias de vigilancia por el sistema de turnos durante el día y la noche.

Sea esta la ocasión para insistir, una vez más, en que las correcciones del aparato **centrador** deben ser en lo posible perfectas, para que el cruce del retículo se encuentre en el mismo eje de colimación del anteojo; de lo contrario, las operaciones no corresponderán nunca a la exactitud que debe perseguirse en el resultado final.

### 8º.—El índice de fin de jornada considerado ahora como comienzo de jornada

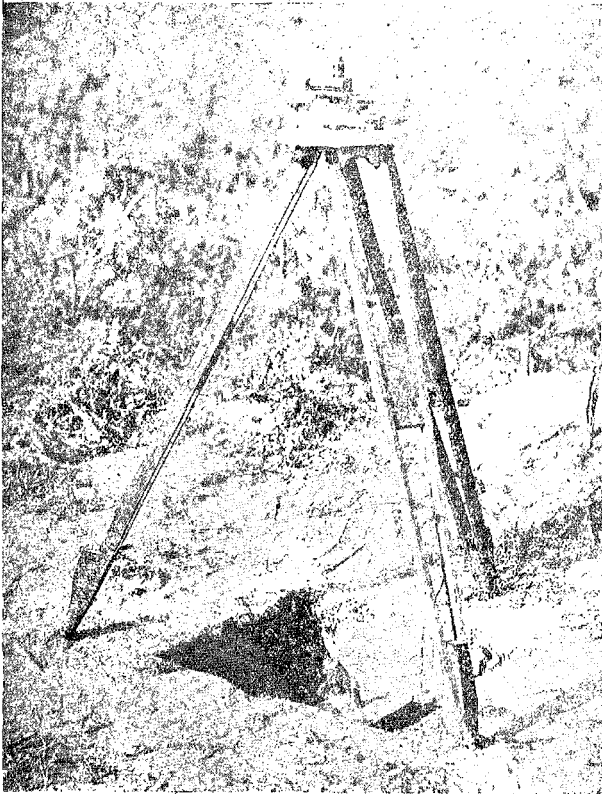
Por cuanto la abertura del campo del anteojo es muy pequeño, la instalación del **trípode-centrador** debe hacerse con sumo cuidado y poniendo en práctica todo cuanto se ha dicho a este respecto. Lo más importante en todo lo que vamos a exponer es el arranque del punto. Esta operación consiste en que la reinstalación del **instrumento-centrador** debe hacerse con referencia a la misma lectura de nivel anotada el día anterior, con el propósito de evitar errores al trasladar ahora el punto en tierra al **índice móvil** del trípode en la proyección de la vertical.

Precisemos estos dos conceptos: las operaciones de **fin de jornada** con el **aparato-centrador** consisten en trasladar a tierra el punto de referencia del **índice móvil** del trípode, y las de **comienzo de jornada**, en verificar lo contrario, pero, en ambos casos, en la proyección de la vertical.

El segundo traslado del punto del **índice en tierra** al cruce de los hilos del retículo del anteojo se efectúa por la coincidencia de éstos con los trazos del **índice** y en combinación con el nivel del soporte del anteojo, para que en todo esto se reproduzcan las mismas condiciones en que fue efectuado, el día anterior, el traslado del cruce de los hilos a su proyección en tierra sobre el índice de **fin de jornada**. Traslado así el punto en la forma indicada, se sustituye el anteojo con el eje soporte del **índice móvil**, se instala luego el **anteojo-alineador** y se da comienzo a la afinación sucesiva de los trípodes de los **índices móviles** en los puntos que ya deben estar señalados en tierra.

### 9º.—Instrumento Centrador

a) **TRÍPODE.** Lo característico del **trípode-centrador** consiste en que su cabeza circular lleva en su parte superior tres discos de 18 milímetros de radio por 12 milímetros de espesor, formando un triángulo equilátero, sobre los que se apoya el soporte (plataforma circular) del **anteojo-centrador**. Esta plataforma tiene dos aberturas: la una, en el centro, de 83 milímetros de diámetro, para el

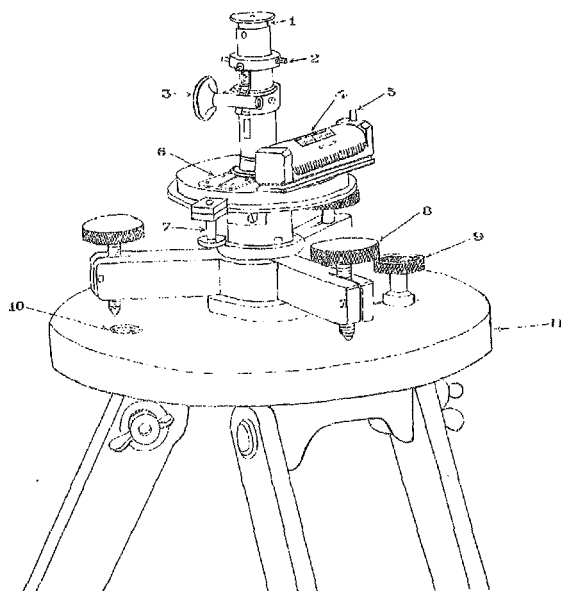


Instalación del índice de fin de jornada





## Instrumento Centrador



- 1 Ocular
- 2 Reticulo
- 3 Cremallera
- 4 Nivel
- 5 Tornillo de corrección del nivel
- 6 Flecha para orientar el indice en tierra
- 7 Tornillo de presión del disco
- 8 Tornillo nivelante
- 9 Tornillo de presión de la plataforma
- 10 Nivel astérico
- 11 Plataforma.



suficiente juego del anteojo-centrador en el punto extremo de la BASE o en los índices de fin de jornada, y la otra, longitudinalmente hecha para el ajuste del mecenazgo, sostiene en la cabeza del trípode.

5) **SOPORTE DEL ANTEOJO.** Se compone de cuatro piezas principales: de un disco limitado por un aro protector de la cabeza del trípode; de tres tornillos nivelantes; de un disco giratorio con un tornillo de presión y de un nivel.

El disco en el cual se apoyan los tres tornillos nivelantes, lleva un nivel esférico y, en su parte opuesta, una ranura de 6,5 centímetros de largo por 7 milímetros de ancho, puede desplazarse en el sentido que convenga, con sólo aflojar el tornillo de cierre. Los tres tornillos nivelantes son del mismo sistema que el de los niveles o teodolitos. La pequeña plataforma circular sobre la que se halla el nivel y una placa en la que está grabada la flecha de orientación, constituye el soporte del anteojo. Véanse las láminas XXI y XXII.

El anteojo es de imagen invertida, de estrecho campo y con un enfocamiento mínimo de objeto a la parte del objetivo. En su plano focal se encuentra el retículo formado por dos hilos entre sí perpendiculares. El sistema óptico del ocular es positivo o de "RAMSDEN".

c) **CORRECCIONES.**—Por cuanto las correcciones de nivel y las de las otras piezas del soporte del anteojo centrador son comunes a todos los instrumentos que llevan esta clase de accesorios, los concretaremos únicamente a dar las instrucciones necesarias para corregir el anteojo con el cual debe centrarse el punto; y son las siguientes:

1) Una vez puesto a punto el anteojo por medio de la cremallera y después de enfocado el retículo para referirlo a la señal en tierra, se hará la intersección del cruce de los hilos con la imagen del punto señal. Procúrese a este respecto que la señal de referencia sea un puntito, a ser posible, grabado en una placa metálica, y que dicho punto sea visto con el anteojo y con el máximo de nitidez.

2) Verificada la intersección de la ima-

gen de la señal con el cruce de los hilos, gírese el anteojo  $180^\circ$  y obsérvese si la coincidencia subsiste, coincidencia que debe ser constante cuando el anteojo ocupa la posición  $90^\circ$ . Esta operación supone que tanto la plataforma que descansa sobre la cabeza del trípode como el soporte del anteojo, están bien nivelados. Como de estas operaciones ya se ha hablado bastante en el capítulo del nivel "Particular", no insistimos más en ello; sin embargo, hacemos hincapié en que antes de nivelar el soporte del anteojo, se debe instalar el disco que lleva el nivel esférico en la cabeza del trípode, pero sin el montaje del soporte del mismo anteojo; para lo que basta abrir la llave de cierre formada por un mango que se encuentra por debajo del tubo de ocular del anteojo.

Cuando se indique el procedimiento para centrar el anteojo, se darán a conocer las normas que deben seguirse en orden a instalar con perfección el trípode.

3) En el caso de que la coincidencia del cruce de los hilos con la imagen de la señal no se verificara ni a  $180^\circ$  ni a  $90^\circ$ , póngase el anteojo en la posición  $180^\circ$ ; y sirviéndose de los tornillos que desplazan el chasis del retículo, tornillos que deben estar en la misma dirección de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , efectúese la corrección hasta que la imagen del punto señal se acerque, de la mitad de su desviación, al hilo perpendicular a los dos tornillos con los cuales está haciéndose la corrección. Sin cambiar la posición del anteojo, hágase lo propio con los dos tornillos que forman un ángulo recto con los anteriores.

4) Volver el anteojo a la primera posición y cerrar el tornillo de presión; aflojar el tornillo de cierre que descansa sobre la cabeza del trípode, y efectuar con el movimiento general del sistema, la centralización de la imagen del punto señal con el cruce de los hilos.

5) Cerrado que fuese el tornillo anterior, repítase lo indicado en el número 3 hasta que la imagen del punto señal se aproxime a la coincidencia con el cruce de los hilos.

6) Efectuar lo propio con los otros dos tornillos perpendiculares a los primeros.

Operaciones son éstas que deben repetir-

se el número de veces que fuesen necesarias hasta obtener la coincidencia más perfecta del cruce de los hilos del retículo con la imagen del punto-señal en tierra, durante la rotación del anteojo alrededor de su eje. No será fuera de propósito insistir una vez más en que esta corrección debe ser, en lo posible, perfecta, por depender justamente de ella el exacto arraque de las medidas de longitudes, a partir de sus respectivos orígenes; por lo que el observador debe verificar dicha coincidencia cada vez que trate de centrar el punto denominado "índice de jornada", efectuando las manipulaciones que acaban de indicarse. No se diga por esto que el instrumento es de difícil manejo; no. Lo que queremos decir es que nunca serán excesivas las precauciones que se tomen, si se ha de procurar la mejor corrección del instrumento.

7°. Por lo que respecta al desplazamiento relativo entre la imagen del punto señal y el cruce de los hilos, según que el ojo del observador se acerque o se separe del ocular, debe procurarse que el enfocamiento del retículo se haga con tal precisión, que la imagen del punto señal en tierra se encuentre siempre en el plano focal del sistema.

Sin otros requisitos es inútil emprender esta clase de trabajos, como los relacionados con la medición de una Base Geodésica.

#### 10°.—Gálibo

El gálibo se compone de las siguientes piezas: de un hilo invar, de un índice de referencia, de un mosquetón contiguo al gancho, de una polea y de una masa de 4 Kg.

1°.—HILO.—La aleación es de níquel y acero en una proporción igual a la del hilo fundamental, unidad de medida.

2°. INDICE Y COMPROBACION.—El índice del gálibo es un pequeño cilindro de bronce perforado en su eje y por el cual atraviesa el hilo Invar. En su parte media hay una ranura circular y en sus extremos dos tornillos cónicos que sirven para ajustar el hilo. Véase la lámina XXIII.

La comprobación se efectúa de esta manera: en un terreno llano se mide con una cinta métrica una longitud de 24 m y se instala

en sus extremos dos trípodes con sus respectivos índices de referencia.

Arreglados que fuesen los trípodes, esto es, obtenida la verticalidad de los ejes en los cuales se enchufan los índices móviles, se instala en seguida el hilo fundamental de medida. Las plataformas de los trípodes deben moverse en el sentido longitudinal del hilo, con el objeto de que los índices móviles correspondientes a las regletas del hilo coincidan con los cerros de dichas regletas, o con una de sus divisiones, de manera que su diferencia sea siempre cero. Esto nos indicará que entre los dos índices hay 24 m. Se retiran entonces el hilo invar y los índices móviles, para colocar en uno de los trípodes el anteojo alineador que lleva un gancho y, en el otro, una polea que reemplaza al índice móvil. Se instala el gálibo, después de haber aflojado los dos tornillos extremos a y b, del índice del hilo y se lo contrasta, de esta manera:

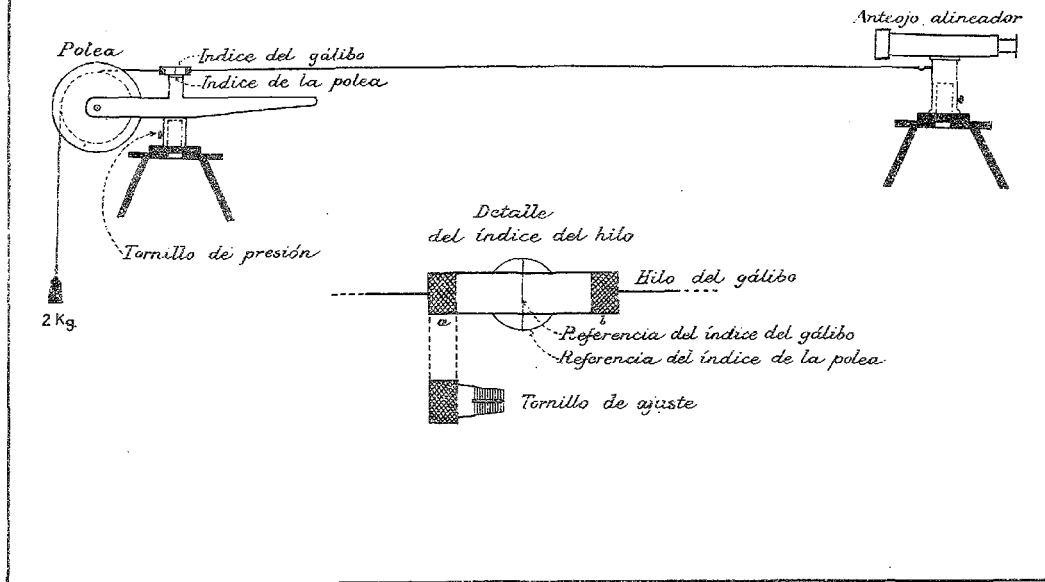
Como entre los centros de los dos trípodes hay 24 m, se efectúa el contraste cerrando los tornillos laterales de presión del índice del gálibo, en el momento en que su ranura central coincide con el índice de referencia de la polea. Es así cómo el gálibo nos dará entonces un valor aproximado de la medición de un tramo de la Base. Esta operación previa tiene por objeto instalar el hilo invar, de modo que sus regletas queden siempre en estado libre de lectura.

**PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE AL GALIBAR.** La principal entre todas consiste en que su índice no se desplace y, a la vez, en que no sufra choque o presión contra el índice de la polea; pues, si los tornillos de cierre presionasen demasiado el hilo del gálibo, éste se deformaría con menoscabo de las condiciones de su estabilidad molecular. El contraste del gálibo debe comprobarse con bastante frecuencia con el hilo fundamental en el curso de las mediciones.

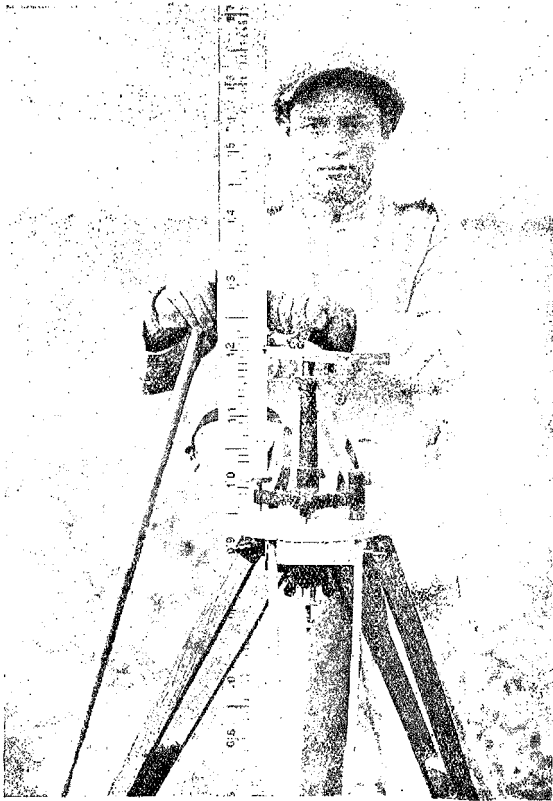
Los choques del gálibo se evitan colocando el hilo en la polea, cuando ésta se halla un tanto desviada de la alineación y su índice un tanto separado del índice de la polea.

Esto supuesto, la coincidencia se efectúa desplazando la plataforma del trípode hacia el anteojo alineador o hacia su parte opuesta: en el primer caso, la coincidencia se realiza

Instalación del Gálibo  
para la medición aproximada de un tramo







Instalación de la Pinula y de la Mira con lámina "Invar"





enseguida, por cuanto la polea no ofrece ninguna resistencia; y en el segundo caso, es necesario levantar un poco la pesa para que dicha plataforma pueda desplazarse hacia la polea, pero sin tensión alguna del hilo. Por efecto de la pesa y de la fuerza que se emplearía para mover la plataforma hacia la polea, no sólo se pondría en peligro la estabilidad molecular del hilo, sino también que se echaría a perder la instalación de los trípodes, por más que sus piernas estuviesen bien clavadas en el suelo.

Se principia por levantar la pesa para poder llevar, previo desplazamiento de la plataforma, un centímetro más atrás el **índice de la polea** con respecto al **índice del hilo**.

Se ejecuta la coincidencia moviendo la plataforma hacia adelante y sin preocuparse de la acción de la pesa. Esta coincidencia debe ser sólo aproximada, porque, como ya se ha dicho, no se trata de una medición absolutamente precisa, sino de preparar las lecturas de las regletas con respecto al **índice movable**, como si se tratara de obtener que el medio de cada una de las regletas se hallase enfrente de su respectivo índice. Esta es la razón por la cual se principia por medir a cinta y en la alineación tramos aproximados de 21 metros, a fin de poder instalar en sus respectivos extremos los trípodes. Instalados que fuesen los trípodes y obtenida la verticalidad de sus ejes en las plataformas, se hará con el **gálbo** una segunda aproximación en la medición de los tramos de 24 m; y por último, se medirán éstos con el **hilo invar**.

3°—**MOSQUETON**.—La colocación del **hilo-gálbo** en el gancho del **anteojo-alineador** no debe hacerse indistintamente, pues, si es necesario colocar en dicho gancho el extremo del **hilo-gálbo** que lleva el mosquetón, es porque el operador, encargado de engancharlo en el **anteojo-alineador**, debe hacerlo siempre del lado del mosquetón, que es la primera parte del **gálbo** que aparece al desenrollar el hilo de su propio tambor. El enrollamiento del **gálbo** en el tambor debe entoncez hacerse procurando que el **mosquetón** quede al último.

4°—**POLEA**.—Lo característico de esta polea consiste en formar ésta una sola pieza con su propio **índice de referencia**; por lo que to-

das las operaciones de coincidencia indicadas en el párrafo anterior son inmediatas, debido a que el eje vertical de la plataforma del trípode es, a la vez, eje de sustentación de la polea y de su respectivo índice de referencia, llamado por este motivo **índice de la polea**. A continuación de este **índice** y en la parte inferior hay un tornillo de presión para fijar la polea; y en la parte opuesta, un brazo de palanca que sirve, a la vez, para equilibrar todo el sistema y levantar lentamente el **índice del gálbo** sobre el **índice de la polea**.

En el caso de que el **índice del gálbo** quedase en un nivel inferior al del **índice de la polea** por efecto de la inclinación del hilo, su peripóngase aquél sobre éste, pero sin tocar para nada el hilo; ciérrase suavemente el tornillo de presión para que la polea no gire alrededor del eje de sustentación.

5°—**PESA**.—Esta pesa tiene por objeto conservar en tensión el hilo enganchado en el **anteojo-alineador**. La colocación del **gálbo** en la polea se efectúa de esta manera: en gancho que fuese en el **anteojo alineador** el extremo del **gálbo** que lleva mosquetón, el encargado de instalar el trípode y verificar la coincidencia de los dos índices en la alineación del tramo, previas señales acordadas entre los operadores, sostendrá la polea sirviéndose sólo del brazo de la palanca; y el encargado de la pesa que debe ya estar enganchada en el hilo, a la voz "engancha", colocará con cuidado el hilo en la polea y bajará lentamente la pesa, de manera que su suspensión se realice sin que el hilo sufra ningún choque ni la más ligera sacudida. Procúrese enseñida amortiguar las oscilaciones de la pesa.

Una vez que la pesa esté como inamovible, el primer operador verá si el **índice del gálbo** se encuentra o no entre el **índice de la polea**, más o menos, a 0,30 m del **índice del gálbo**, pero entre éste y la polea, por cuanto esta posición relativa entre los dos índices, como ya se dijo, es más conveniente para el fácil desplazamiento de la plataforma del trípode en sentido opuesto a la polea y sin resistencia de la pesa que mantiene el hilo en tensión. Obtenido este resultado, el primer operador cerrará entonces el tornillo de presión para efectuar libremente estas dos coincidencias: la de los índices y la de la alineación.

6°—**RETIRADA DEL GALIBO.**—Verificadas las dos coincidencias anteriores, el operador principal ordenará que se levante la pesa con el mayor cuidado posible. Una vez que el hilo se baile fuera de la garganta de la polea, se hará el desenganche del otro extremo del hilo.

7°—**ENROLLAMIENTO DEL HILO.**—

El enrollamiento se hace procurando que el hilo caiga con naturalidad en la garganta del tambor; para lo que el mismo encargado de la pesa, debe avanzar hacia el operador que mantiene el otro extremo del hilo, a medida que vaya enrollándolo. En una palabra, el encargado de enganchar el hilo del anteojo-alineador debe mantenerse firme cada vez que se trate de desartrollarlo o enrollarlo en el tambor. Procúrese que el enrollamiento no sea muy flojo ni muy ajustado.

11°.—**Miras de cinta metálica "Invar"**

Estas miras tienen la ventaja de ser consideradas como **invariables** entre 0° y 20° C. En efecto; si la aleación del 36% de níquel y 64% de acero da un coeficiente de dilatación despreciable para 1° de temperatura y 1 m. de longitud, veamos sin embargo cuál sería para 1° de temperatura el error total de la mira cuya longitud es 3 m. El coeficiente de dilatación (Ch. Guillaume) es

$$(0.877 \pm 0.00127) \cdot 10^{-6}$$

luego el error que se cometería por 1° de error en la temperatura, no sería sino de 2,6  $\mu$

La mira, en estas condiciones, ha aumentado, en su longitud total, un **centésimo de milímetro**; cantidad despreciable para las correcciones de inclinación.

A).—**Corrección de las miras**

1° Instalado el anteojo nivel, **comprobar** con el mayor cuidado posible la verticalidad del hilo perpendicular al hilo nivelador del anteojo.

2° Instalar la mira en suelo firme, apoyar los bastiones en los manubrios y centrar el nivel estérico.

3° El observador, guiándose con el hilo vertical del retículo, dará las señales conve-

nientes para que el portamira (primer Ayudante) incline la mira hacia su derecha o izquierda.

4° Después de esta operación, el segundo Ayudante situado en una dirección perpendicular a la del observador y el primer Ayudante, guiará a este último sirviéndose de una plomada; para que incline la mira del lado conveniente, hasta que uno de sus bordes longitudinales coincida con la dirección de la plomada.

El portamira ocupará el vértice del ángulo recto formado por estos lados: instrumento y mira, plomada y mira.

5° Hecho esto, cualquiera de los observadores que se encuentre en uno de los lados del ángulo recto, procederá inmediatamente a centrar la burbuja por medio de los tornillos de corrección; para lo cual, el portamira debe mantener con firmeza la regla. Se habrá terminado con esto la primera serie de correcciones.

6° Repetir hasta aquí todo lo indicado en los incisos anteriores, tantas veces cuantas fuesen necesarias hasta terminar la corrección del nivel estérico.

B).—**Advertencias Generales**

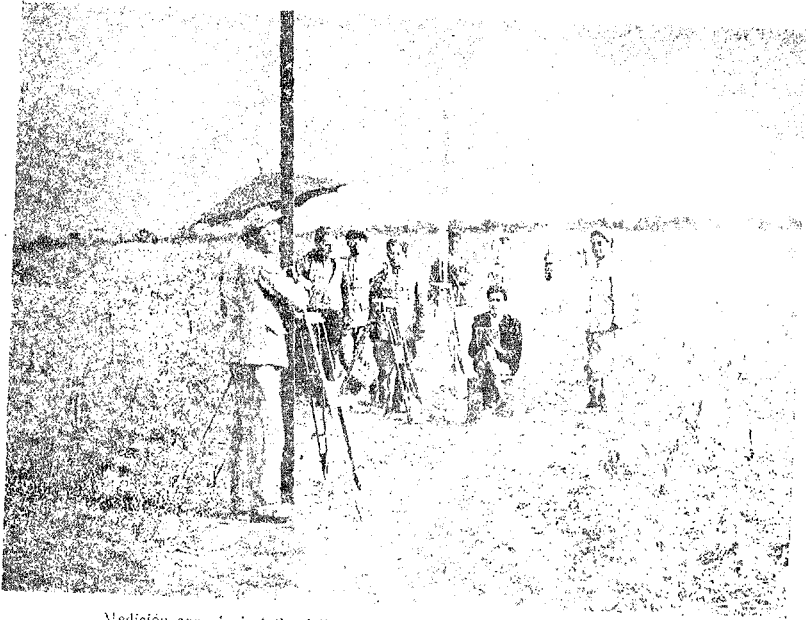
1°. No tocar para nada la **lámina invar**, entre otras razones, para conservar la nitidez de las cifras y trazos. Véase las láminas XXIV y XXV.

2°. En el caso de estar empolvada la lámina, se la limpiará con brocha fina y seca.

3°. Los portamiras deben llevar guantes de hilo para el manejo de las miras.

4°. Como durante las mediciones de los tramos y después de hecha la nivelación no hay necesidad de las miras, deben éstas inmediatamente guardarse en sus respectivos estuches.

5°. Depositar las miras en lugares **absolutamente secos**, con el objeto de evitar el resquebrajamiento de la pintura que se produce con el exceso de humedad y los cambios de temperatura. Este resquebrajamiento altera la exactitud de las divisiones de la regla.



Medición con el nivel Barfélemy de la inclinación del hilo "Inyar" en dos tramos sucesivos



CAPITULO VII

**ESTUDIO DEL NIVEL DE PRECISION**

**"BARTHELEMY"**



## 1º PARTES PRINCIPALES

### a). Base de sustentación del anteojo.

La parte central de los tres brazos de los tornillos nivelantes lleva un pequeño eje cónico, en el cual, por enchufe y un tornillo de presión, se ajusta todo el sistema de la base de sustentación del mismo instrumento. Véase la lámina XXVI.

Sobre el disco y contiguo al tornillo de presión que inmoviliza el sistema, hay un nivelito esférico, y en la dirección vertical de este nivel, un prisma de reflexión total. Por medio de este sistema el observador, sin cambiar de sitio, puede no sólo darse cuenta de la verdadera posición de la burbuja del nivel esférico, sino también efectuar las lecturas de mira y de nivel en el momento preciso en que el eje del instrumento ocupa la **posición vertical**.

Hay terrenos que no garantizan la estabilidad de instrumentos tan sensibles como el nivel "Barthélemy", porque hasta que el observador muda de sitio para que oscile la burbuja del nivel. Esta dificultad se ha obviado justamente por medio del prisma de reflexión total y del **índice de nivelación** que indican la posición de la burbuja en el momento de efectuarse las lecturas de mira.

El soporte del anteojo se compone de dos brazos: el **fijo** y el **móvil**. En el brazo fijo hay estas tres piezas principales: el tornillo nivelador, el **índice de nivelación** y el **eje de rotación del brazo móvil**. En el brazo móvil se encuentran cinco piezas: los **collares** para los **anillos** del anteojo; el **índice móvil** del tornillo de nivelación; los **dos toques** para corregir la horizontalidad del hilo nivelador en las dos posiciones del anteojo; la **llave de cierre**

del nivel y los dos tornillos para condicionar el **índice de nivelación**.

### b). Nivel independiente con dispositivo prismático.

La regla en la que se halla instalado el nivel, tiene en sus extremos la forma de caballete, para que todo el sistema descansa libremente sobre los dos anillos del anteojo, sin tocar los collares. En uno de los extremos está marcado el número 1 y en el otro el 2, números que deben combinarse con los del anteojo en las dos posiciones del nivel.

La regla—base del nivel soporta también el montaje del nivel y el asa de los prismas. Los tornillos de corrección del nivel están situados en el extremo del estuche de la redoma: el superior sirve para *corregir el paralelismo del eje del nivel con el eje óptico del anteojo*, y los dos laterales, para *colocar dichos ejes en el mismo plano vertical*. Véase el esquema A de la lámina XXVI.

## 2º. CORRECCIONES

La llave que sirve para fijar el nivel en los dos anillos del anteojo, debe quedar siempre abierta durante las correcciones del instrumento y las observaciones de campo. La llave de cierre se encuentra en la *parte central del brazo móvil* y sirve sólo para los casos de transporte.

### A). Corrección del nivel esférico.

1º—Ajustar el tornillo de presión de todo el sistema.

2º—Por medio de los tres tornillos nivelantes centrar la burbuja del nivel esférico.



3º -Comprobar la operación anterior en cualquiera posición del sistema.

4º - Cuando la burbuja no conserve la posición inicial en las distintas posiciones que puede tomar el sistema, se la corregirá con sus propios tornillos.

Se advierte que la corrección del nivel esférico es la operación final de las demás correcciones instrumentales, por cuanto debe obtenerse previamente la horizontalidad del disco en el que se encuentra el nivel esférico, a fin de poder efectuar dicha corrección.

#### B). Corrección del eje del nivel y del eje óptico, de manera que ambos se encuentren en un mismo plano.

El espacio libre entre los caballetes y los collares sirve para inclinar un poco el nivel hacia un lado u otro del observador, de manera que los caballetes descansan siempre del mismo lado del collar. Efectúense las lecturas de nivel correspondientes a cada inclinación. Cuando estas dos lecturas son iguales, los dos ejes se encuentran en un mismo plano; en el caso contrario, la corrección se efectúa por medio de los dos tornillos laterales, alojando el uno y ajustando el otro, hasta que la burbuja ocupe la misma posición en las dos inclinaciones del nivel. Estas operaciones son sucesivas y se hacen por series.

#### C). Paralelismo del eje del nivel con el eje óptico.

1º -Centrar la burbuja sirviéndose de los dos tornillos paralelos al eje del anteojo, de manera que sus dos extremos, vistos a través de los prismas, sean simétricos respecto de la línea negra divisoria que aparece en el centro de la imagen y que es equidistante de la división central de la redoma del nivel. El manejo de los prismas se indicará luego.

2º -Invertido el nivel, de manera que el número 1 de su caballete quede del lado del ocular, obsérvese si la burbuja ocupa la posición anterior; en el caso contrario, corríjase la primera semidiferencia de la desviación con el tornillo propio de corrección, y la segunda, con el tornillo de nivelación.

3º. Repetir los dos números anteriores las veces que fuesen necesarias hasta obtener el máximo de corrección y con un error tolerable de 1 a 2 décimos de parte de nivel cuando se trata de niveles de precisión.

Estas correcciones deben hacerse indefectiblemente a la sombra y a una temperatura más o menos constante, para evitar las variaciones de la amplitud de la burbuja que se producen con los cambios de la temperatura. Procúrese, además, que los extremos del caballete no toquen los collares en las inversiones del nivel, y que éstas se hagan con la mayor delicadeza posible para el mejor éxito de la corrección. En una palabra, piérdase el tiempo que se perdiera, y no se malogren los trabajos con instrumentos mal corregidos, puesto que la bondad científica de los resultados depende únicamente de la buena corrección del instrumento y de la destreza del operador.

#### D). Horizontalidad de los dos ejes anteriores.

1º -Abrir el tornillo de presión.

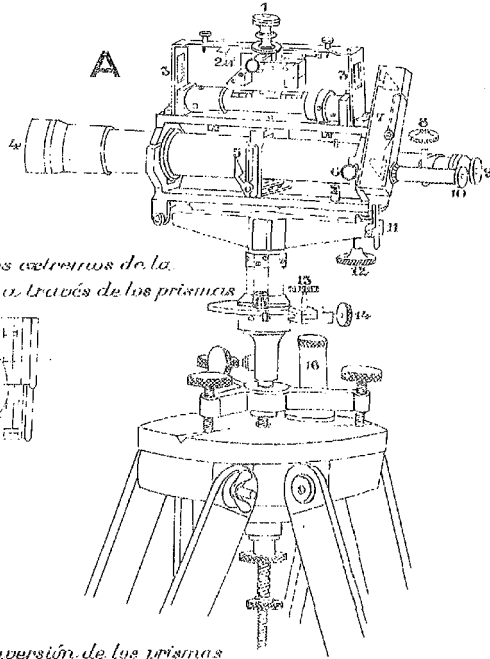
2º -Colocar todo el sistema paralelamente a dos tornillos y por medio de éstos centrar la burbuja.

3º -Girar el anteojo 180º y observar si la burbuja está centrada: en el caso afirmativo, el eje óptico ocupará la posición horizontal; en el caso **negativo**, corríjase la una semidiferencia de la desviación con el **tornillo nivelador**, y la otra, con los dos tornillos nivelantes. La corrección con los dos tornillos nivelantes se ejecuta cuando el anteojo ocupa la primera posición.

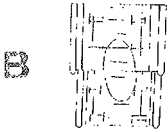
Es de esta suerte cómo se gana tiempo en las correcciones, ejecutando simultáneamente la corrección y la centralización de la burbuja, para nuevamente volver el anteojo a la segunda posición y comenzar otra serie de correcciones.

4º Efectuada la segunda serie, hágase tomar el anteojo la posición 90º con respecto a la primera, de manera que ocupe el plano vertical del tercer tornillo nivelante, y céntrese la burbuja. Con esta manipulación se habrá concluido el primer ciclo de las correccio-

# Nivel Berthélemy



*Imagen de los extremos de la burbuja vistos a través de los prismas*



- 1 Tornillo de inversión de los prismas
- 2 Prismas
- 3 Ventanillas para el índice de nivelación.
- 4 Objetivo
- 5 llave de cierre del nivel.
- 6 Fijador de la montura del índice de nivelación.
- 7 Índice de nivelación (sist. prismático)
- 8 Tornillo de la cremallera del ocular
- 9 Ocular del anteojo
- 10 Tubo de observación de la burbuja por medio del sistema prismático (índice de nivelación)
- 11 Índice de corrección
- 12 Tornillo de nivelación.
- 13 " " presión para inmovilizar el sistema.
- 14 " " monitórero torçional.
- 15 Nivel esférico
- 16 Cápsula protectora del eje del triángulo



res relativas a la horizontalidad de los dos ejes.

Este ciclo de operaciones se repetirá tantas veces cuantas fuesen necesarias hasta que la burbuja permanezca como inamovible o fija, cualquiera que fuese la posición del sistema.

#### E). Corrección del índice horizontal

El índice del horizonte está formado por dos varillas: la una fija y la otra móvil; pero ambas a dos son solidarias del brazo móvil de los collares. Al subir o bajar el brazo móvil de los collares, sirviéndose del tornillo nivelador, la plaquita móvil del índice se desplaza, bajo la acción de un resorte antagonístico, a un lado u otro del índice fijo que debe estar en coincidencia con el índice móvil cuando el eje óptico señala el horizonte.

De aquí se deduce: que habiéndose efectuado las correcciones señaladas en el párrafo (D), relativas a la horizontalidad del eje óptico, se debe efectuar enseguida la coincidencia de dichos índices, sirviéndose para ello del tornillo de corrección que está colocado en una plancha metálica, solidaria del brazo fijo del instrumento. Por medio de este tornillo se varía la tensión del resorte y se produce el cambio de posición del índice móvil. La corrección es sumamente fácil, y se la obtiene efectuando la coincidencia de los dos trazos.

#### F). Corrección del eje de colimación

Esta corrección consiste en que el cruce de los hilos centrales del retículo se halle en el mismo eje óptico del anteojo; mejor dicho, que éste eje pase por la intersección de los hilos centrales del retículo. He aquí el procedimiento de corrección:

1.<sup>o</sup> Guárdese en el estuche la montura completa del nivel, y déjese únicamente en los collares el anteojo, después de que éste se ha de bien nivelado.

2.<sup>o</sup> Señálese en el muro de un edificio que se halle a más de cien metros de distancia del instrumento, un punto inconfundible, cuya imagen pase por el cruce de los hilos del retículo.

3.<sup>o</sup> Hágase girar el anteojo alrededor de su propio eje y efectúese al mismo tiempo la siguiente observación: si girando el anteojo el cruce de los hilos coincide siempre con el punto señalado en el muro, es porque el eje óptico pasa por la intersección de los hilos centrales del retículo; y cuando esta coincidencia no se verifica, el cruce de los hilos se halla fuera del eje y describe entonces una circunferencia en las proximidades del punto señalado en el muro.

1.<sup>o</sup>—La corrección se obtiene así:

a). Gírese el anteojo de manera que uno de los pivotes reguladores de la horizontalidad del hilo descaese sobre el punto de apoyo.

b). Señálese en el muro un punto, de manera que su imagen coincida con la intersección de los hilos.

c). Gírese el anteojo 180° alrededor de su eje, hasta que el pivote contrario a la horizontalidad del hilo vaya a su respectivo tope.

d). Efectúense las correcciones con los tornillos reguladores contiguos al ocular y ciérrase el tornillo de presión; entonces, por medio de los dos tornillos horizontales, se desplazará el chasis del retículo de manera que la imagen del punto se acerque al hilo vertical, de la mitad de lo que le falta para llegar; y por medio de los dos tornillos verticales, se acercará también al hilo horizontal la imagen del mismo punto, y siempre de la mitad de lo que le falta para su corrección.

e). Señálese en el muro otro punto que intercepte el cruce de los hilos del retículo, y repítanse las operaciones anteriores hasta obtener la coincidencia perfecta de la imagen del último punto señalado con la intersección de los hilos, cuando el anteojo gire alrededor de su eje óptico.

#### g). Corrección de la horizontalidad del hilo nivelador.

1.<sup>o</sup> Nivelado que fuese el anteojo, señálese en el mismo muro otro punto fijo de manera que intercepte el hilo horizontal.

2.<sup>o</sup>— Ciérrase el tornillo de presión, y por medio del tornillo tangencial prodúzcase el

movimiento relativo de la imagen del punto que debe seguir por el hilo llamado "horizontal", cuando éste ocupa su verdadera posición; en el caso contrario, efectúese la corrección por medio del respectivo tornillo regulador que se encuentra fijo en el brazo móvil de los collares. Esta corrección se hace en las dos posiciones del anteojo, esto es, a 0° y a 180 y alrededor de su eje.

Las correcciones (F) y (G) deben efectuarse cuando las condiciones atmosféricas sean favorables a la estabilidad de las imágenes de los puntos observados.

#### h) Determinación de la estadia

1º.—Mídase en un terreno llano y, en lo posible horizontal, una longitud de **cientos** metros; si no hay terreno apropiado, prepáreselo.

2º.—Instálese en uno de sus extremos el aparato y, en el otro, la mira cuya corrección haya sido efectuada previamente.

3º.—Nivélase el instrumento.

4º.—Efectúense las lecturas de mira y obténgase el **número generador estadimétrico**. Si este número es inferior o superior a 100, se puede dejar en 100, siempre que el anteojo sea **analítico**, es decir, que se disponga de la tercera lente de conexión por medio de la cual se altera la proporcionalidad de las líneas de los triángulos semejantes.

Cuando la medición a cinta se efectúa en terreno algo inclinado, la corrección de la estadia se calcula así:

$$\delta h = \frac{1}{2} \frac{d^2}{L}$$

en la que d representa la inclinación del terreno sobre el horizonte, es decir,

$$\sin d = \frac{h}{m}$$

(h=lectura de mira con el hilo nivelador, m=altura del instrumento y L=longitud medida en el terreno).

$\delta h$  es **positivo, negativo o nulo** cuando d es respectivamente **positivo, negativo o nulo**.

80 ———

#### i) Dispositivo de doble refracción, conocido con el nombre de "Índice de Referencia".

Se compone de dos brazos que forman un ángulo. En uno de ellos, el de la izquierda, hay dos prismas de reflexión total; el uno dando frente a la ventanilla del asa de los prismas, y el otro, al tubo de observación que lleva un pequeño orificio.

Este dispositivo se engancha en el collar que queda del lado del ocular, para que el operador pueda hacer al mismo tiempo las lecturas de mira y el mantenimiento de la burbuja en su centro. Efectuada la lectura de mira, se comprobará cuidadosa si la burbuja del nivel esférico señaló la posición vertical del instrumento. Estas tres operaciones deben, si cabe la expresión, concurrir en **unidad de acto**, a fin de mantener estable el instrumento en el instante en que se hagan las lecturas de mira.

Los detalles de las observaciones que deben efectuarse con el nivel "Barthélemy" para medir las inclinaciones del hilo "invar" en cada uno de los tramos de la medición de la "Base Geodésica", se indicarán en capítulo aparte, por tratarse de una nivelación que reviste el carácter de **alta precisión** en el cálculo de la verdadera inclinación del hilo "invar" respecto del horizonte. He aquí la razón por la cual insistimos una vez más en la perfecta corrección del nivel.

Cuando se trata de trabajos que no revisten el mismo grado de precisión, no hay necesidad de emplear el **índice de referencia** del nivel.

#### j) Corrección de la puesta a punto del retículo.

El plano del retículo debe coincidir con el plano focal del sistema óptico del ocular.

La corrección se hace por medio del sistema óptico del ocular, desplazándolo hacia adentro o en sentido contrario, hasta que el punto observado, en el momento de enfocar el retículo, permanezca fijo, por más que el observador dé a su ojo movimientos laterales.

### 3° MANIPULACION DE LOS PRISMAS DEL NIVEL

Las lecturas de nivel serían exactas, siempre que se evitaran, en el curso de las operaciones, el desplazamiento de la burbuja y los errores accidentales que afectan a los niveles.

Estos inconvenientes se obvian con el aditamento del dispositivo que contiene dos prismas isósceles, cuyas caras (las hipotenusas) son estañadas. Estos prismas están colocados a diferentes alturas, para que las imágenes de los extremos de la burbuja sean entre sí independientes.

La cara vertical del prisma que está más distante del ocular, es de forma convexa. Los dos prismas, por medio de dos cremalleras y un piñón, pueden acercarse o separarse del medio del nivel, con el objeto de aumentar o disminuir la imagen de la burbuja.

El asa que mantiene los prismas lleva en sus extremidades dos ventanillas para las observaciones de la imagen de la burbuja, vista del lado del ocular y al través de los mismos prismas.

Se puede invertir el nivel sirviéndose de un botón superior o de los dos dedos previamente apoyados en las plaquitas situadas en las extremidades de las cremalleras que, después de efectuar, juntamente con los prismas, una semirrevolución, van a dar en unos topes.

Debido a esta semirrevolución de los prismas, el más alto debe quedar siempre dando frente a la ventanilla y mirando al ocular, para que el operador pueda, sin moverse de su sitio, efectuar las observaciones de nivel.

- a) Forma de las imágenes de los extremos de la burbuja, vistas al través de los prismas.

A causa de la convexidad de la cara vertical del prisma, las imágenes de la parte visible de la redoma, así como también la de sus trazos y cifras romanas, se ven con dimensiones iguales, tal como aparece en el esquema (B) de la lámina XXVI.

### b) Ventajas de los prismas.

Estas ventajas consisten en poder compararse de un solo golpe de vista las extremidades de la burbuja con los trazos equidistantes y grabados en la redoma, y suprimir, por consiguiente, los errores que se producen cuando se trata de establecer la coincidencia entre los mismos trazos de referencia, una vez que la burbuja ya no es vista oblicuamente.

### c) Amplitud de la burbuja

Por medio del botón de la cremallera, se puede obtener que los extremos de la burbuja sean vistos no muy separados del medio de los prismas. La centralización de la burbuja se opera con el tornillo de nivelación, hasta que sus extremos queden a igual distancia de los trazos correspondientes. La longitud de la imagen de la burbuja, hasta ahora aceptada, debe ser entre uno y dos centímetros, para que el índice de referencia del nivel la reproduzca íntegramente.

### 4° MOMENTO EN QUE DEBEN EFECTUARSE LAS LECTURAS DE MIRA

#### Primera lectura

- a). Instalar el instrumento y la mira;
- b). Enfocar el anteojo y los hilos del retículo;
- c). Asegurarse de la centralización del nivel esférico;
- d). Acto continuo, centrar con el tornillo de nivelación la burbuja del nivel, mirándola por el índice de referencia;
- e). Centrar la burbuja y leer inmediatamente la mira; y
- f). Comprobar luego si el nivel esférico señala la verticalidad del instrumento.

#### Segunda lectura:

- a).—Girar el anteojo 180° alrededor de su eje;
- b).—Invertir el nivel con sumo cuidado; y

c).--Ejecutar todo lo indicado en la primera lectura desde el inciso (c) hasta el (f).

### 5º.-- RAZON CIENTIFICA DE ESTE METODO

Teóricamente, el eje óptico forma con el hilo nivelador un plano horizontal, una vez efectuadas las correcciones correspondientes; pero en la práctica hay que convenir en que tal horizontalidad no existe, entre otras causas: por la desigualdad de los collares que producen los errores más graves; por la des-corrección de las constantes instrumentales a causa de los cambios de la temperatura; por el estado higrométrico que tanto influye en la tensión de los hilos, etc., etc.

Todas estas incorrecciones quedan salvadas con sólo la aplicación del método que acaba de exponerse, por cuanto se trabaja, no con los planos reales de referencia, sino con los ideales obtenidos por el cálculo, como resultado de las dos posiciones del anteojo y de las inversiones del nivel al hacer las dos lecturas de mira; pues, el mantenimiento de la burbuja en su centro por medio del tornillo nivelador que desplaza, a su vez, el eje óptico del anteojo en las dos series de observaciones, indicando está la realización efectiva del plano ideal de referencia en el horizonte. Es así como en el instante de las mediciones se corrigen automáticamente todos los **errores-residuos** que no se hayan descubierto ni podido eliminarse.

Quienquiera puede convencerse de esta verdad con sólo tener presente que las correcciones efectuadas en un día jamás son las mismas al día siguiente; por manera que, la corrección de un instrumento no tiene por objeto eliminar en absoluto los errores instrumentales, sino reducirlos al mínimo de su valor.

La corrección de la altura de mira se obtiene en los instrumentos de nivel fijo, aplicando la siguiente igualdad:

$$A, h = \frac{S}{C} (obj_1 + ocl)_1 - (obj_2 + ocl)_2 ;$$

en la que **S** representa la distancia del instrumento a la mira y **C** la **constante de nivelación**.

82 . --

En el caso presente del nivel "Barthélemy" y aplicando el método anterior, tenemos,

$$(obj_1 + ocl)_1 = (obj_2 + ocl)_2 ;$$

luego

$$(obj_1 + ocl)_1 - (obj_2 + ocl)_2 = 0 ;$$

por consiguiente, no hay necesidad alguna de darse la molestia de hacer las lecturas de nivel en las dos posiciones del instrumento, tal como se hace en el "Otto Pennel", por cuanto

$$\Delta h = 0.$$

### 6º--REDUCCION AL HORIZONTE DE LA LONGITUD MEDIDA CON EL HILO "INVAR"

No será fuera de propósito advertir desde ahora que esta **reducción** al horizonte se hace en cada tramo. Véase la lámina XXVII.

En estas condiciones, supongamos que el nivel Barthélemy se halla instalado en **A**, y en **B** la pínula; además, que **m** sea la lectura de mira efectuada con el hilo nivelador y **m'** la de la misma mira, pero hecha con la **pínula**. Para obtener la **distancia** de los dos planos horizontales que interceptan la **mira** en los puntos **H<sub>2</sub>** y **H<sub>3</sub>**, basta hacer la diferencia entre las dos lecturas **m** y **m'**; mas, como los soportes o ejes verticales del nivel y de la pínula no son iguales, siendo el de ésta con 3,4 mm más alto que el de aquel, se debe previamente corregir la lectura **m'** de 3,4 mm, que es la diferencia de altura de los dos soportes; pero con **signo negativo**, a fin de que las operaciones se ejecuten como si los soportes del nivel y de la pínula tuviesen la misma altura. Por lo tanto, según la figura, tendremos,

$$(1) \quad m' - c - t ;$$

en esta virtud, la distancia efectiva entre los dos planos horizontales será:

$$(2) \quad m - t - h$$

Esta altura **h**, como puede demostrarse fácilmente, tiene que ser igual al segmento de

mira H1 H4, interceptado precisamente por los dos lados del ángulo  $\alpha$  que representa la inclinación del hilo A B sobre el horizonte.

Siendo esta medición del ángulo  $\alpha$  la que nos lleva al conocimiento íntimo de la medida del tramo, como si el hilo estuviese templado en el mismo horizonte, se encarece el mayor cuidado posible en la ejecución de todas estas operaciones, por tratarse de datos necesarios para el cálculo de la longitud de cada tramo en el horizonte.

### 1.ª--OPERACIONES

Representemos por

L, la longitud directamente medida con el hilo INVAR;  $L < 24$  m; por

L' la longitud reducida al horizonte; y por  $\delta$  el segmento de mira correspondiente al ángulo de inclinación.

En la práctica, sólo hay dos casos que pueden presentarse:

- 1.º  $L = L'$  ..... (hilo en el horizonte);
- 2.º  $L > L'$  ..... (hilo sobre o debajo del horizonte).

Lo que se trata entonces de averiguar es la diferencia,

$$L - L'$$

que expresa la **corrección** que debe hacerse con signo negativo a la longitud L, medida directamente, para obtener la longitud L' en el horizonte.

Según el trazado, tenemos:

$$L' = L \cos \alpha; \quad L > L'$$

luego

$$L - L' = L - L \cos \alpha = L(1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

Conforme a los principios trigonométricos, tenemos:

### 2.ª SERIE

$$\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$$

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha}{2} \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 1$$

$$\cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = \cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

Reemplacemos ahora el  $\cos^2 \frac{\alpha}{2}$ , deduci-

do de la segunda ecuación (primera serie) en la segunda: ecuación de la segunda serie, a saber:

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = 1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

de donde

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$1 - \cos^2 \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

por lo que la ecuación (1) se transforma en

$$L - L' = L \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

Cuando los ángulos  $\alpha$  no son pequeños, la fórmula de corrección que debe aplicarse con signo negativo es la (3); mas, como en la práctica acontece lo contrario, tenemos de hecho a efectuar el cálculo de

$$\sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

de esta manera:

$$\sin^2 \frac{\alpha}{2} = \sin \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} = \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} \sin^2 \alpha$$

pero

$$\sin \alpha = \frac{\delta}{L}; \quad \alpha = \frac{\delta}{L} \dots \dots \dots \alpha \text{ es pequeño}$$

luego

$$\frac{1}{4} \sin^2 \alpha = \frac{\delta^2}{4L^2}$$



Por fin, si reemplazamos este valor en la última ecuación, tenemos la fórmula práctica de corrección que es la siguiente:

$$L - L' = \pm L \cdot \frac{\delta^2}{4L^2} \pm \frac{\delta^2}{2L} \quad (4)$$

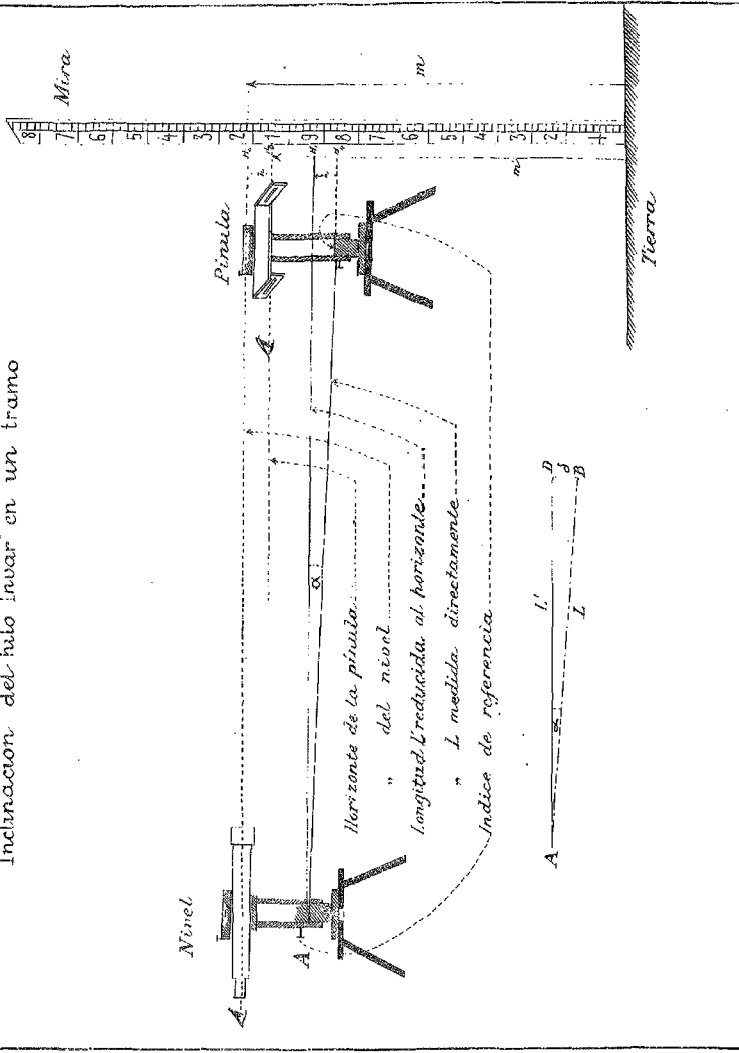
#### Advertencias importantes.

- 1ª Esta fórmula (4) no se la emplea sino en los casos en que los ángulos de inclinación son pequeños.
- 2ª Esta corrección es siempre **negativa** y aplicable a la longitud medida directamente con el hilo **INVAR**.
- 3ª Antes de efectuar el cálculo numérico, se reducen los valores obtenidos a las unidades de la misma especie.

4ª Como la instalación del nivel se hace en el intermedio de dos tramos, se tomarán en cuenta los valores relativos de  $m$  y  $m'$  para los efectos del cálculo final de la base geodésica, aplicando lo siguiente:

- a) Cuando  $m = m'$ , el hilo ha ocupado la posición horizontal; por consiguiente, la diferencia de nivel es **cero**.
- b) Cuando  $m > m'$ , la diferencia de nivel es **negativa**, en el sentido de que el punto observado, sea el de atrás o sea el de adelante, se encuentra en un plano inferior al del punto estación.
- c) Cuando  $m < m'$ , la diferencia de nivel es **positiva**; esto quiere decir que el punto observado, sea el de atrás, o sea el de adelante, se encuentra en un plano superior al del punto estación.

Inclinación del hilo 'Invar' en un tramo





CAPITULO VIII

**METODO EMPLEADO EN LA MEDICION DE  
LOS TRAMOS DE UNA JORNADA**



## 1°—ALINEACION DE LOS TRAMOS Y MEDICIONES CON EL GALIBO

En los capítulos anteriores nos concretamos únicamente a describir cada uno de los aparatos, a indicar su uso y manejo y, principalmente, a determinar las correcciones instrumentales, no sin haber hecho hincapié tanto en la importancia del centrador, al **principio y fin de una jornada**, como en el extremo cuidado que debe tenerse al efectuar la nivelación de los tramos, en orden a deducir los valores de la **inclinación del hilo** con los que se han de hacer las correcciones correspondientes.

Los procedimientos que deben seguirse en la alineación de los tramos y mediciones con el galíbo, son los siguientes:

a). Instalar el **aparato-centrador** con el **índice de fin de jornada**, tal como se indicó en su respectivo capítulo, y colocar luego el pivote en que se acondiciona el **anteojo-alineador**.

b) Dirigir el anteojo a la señal luminosa colocada en el mismo extremo de la Base, o en su prolongación, pero que de antemano se hayan hecho todas las operaciones para que este último punto se encuentre exactamente en la línea que une los dos extremos. En este caso la señal luminosa puede estar colocada un poco antes o un poco después del **Extremo de la Base**.

Hemos creído necesario indicar este último particular, debido a que ciertas circunstancias del trabajo exigen instalar la señal luminosa en la prolongación de la Base y no en el mismo punto extremo de ésta, para aprovechar que otras brigadas se encarguen de efectuar con el **Instrumento Universal** observaciones azimutales y ceritales, desde cada uno de los extremos de dicha Base a los puntos ligados con ella en el estudio de los triángulos.

Es por esto por lo que la División Geodésica Militar pudo llevar a cabo en el mismo tiempo en que se medían los tramos de la Base, los estudios relacionados con las observaciones azimutales y ceritales desde sus extremo a los vértices de la red triangular, ligada con dicho lado fundamental.

En previsión de que el punto luminoso fallase por cualquier causa o motivo, o su imagen fuese oscilante por las fuertes corrientes atmosféricas, en el momento en que se enfilaban los tripodes, se fijó en tierra un clavo de referencia, más o menos a 500 metros de distancia del aparato **centrador** y en la misma alineación. Es así cómo se salvaron los casos de emergencia cuando el punto luminoso llegaba a fallar, refiriendo la alineación de los tripodes al regatón del jalón colocado en el clavo que reemplazaba dicha señal luminosa. Decimos a la punta del regatón, porque así se evitaron los errores provenientes de la inclinación de éste con respecto a la vertical, errores que podían ser muy perjudiciales a los resultados de la alineación.

Como los efectos de la reverberación en los climas templados menoscaban siempre la exactitud en esta clase de trabajos, era necesario no perderlos de vista, a fin de no efectuar estudios geodésicos con imágenes oscilantes. Por otra parte, la instalación de un jalón variable entre 500 y 1000 metros, a contar desde el **anteojo-alineador**, es uno de los medios auxiliares más poderosos para no interrumpir los trabajos de alineación, cuando por una causa cualquiera se entorpece el servicio de la señal luminosa.

El Servicio Geográfico Militar dispuso de faros de luz de acetileno y de heliótrofos "Bertram", con el objeto de asegurar la señal luminosa; sin embargo, hubo ocasiones en que no se pudo contar ni con la luz de acetileno ni con la reflejada del sol, y se reemplazó el punto-señal con un jalón colocado a 500 o 1000 m de distancia.

c). Medir con la cinta una extensión de 24m a partir del **anteojo-alineador**; y señalarla con un clavo. Instalar el trípode marcado con el número 1. Este trípode debe llevar una plomada para la correspondencia con el punto extremo de los 24m medidos con la cinta. Una vez instalado el trípode en la señal de 24m y la plataforma de la cabeza en el horizonte por medio del nivel esférico, póngase vertical el eje o pivote del triángulo sirviéndose del nivel auxiliar; y luego, por detrás del trípode, suspéndase una pantalla de paño verde para que el principal operador pueda indicar fácilmente al encargado de instalar el trípode, que lleve la plataforma hacia la derecha o hacia la izquierda, hasta que el eje se encuentre justamente en la misma alineación. Vuélvase a verificar con el nivel auxiliar la verticalidad del eje del triángulo y compruébese la alineación cuantas veces sean necesarias, hasta que el hilo vertical del retículo coincida exactamente con el eje ideal del pivote del triángulo del trípode número 1. Véase la lámina XXVIII.

Procúrese que el tornillo de cierre de la plataforma circular no esté por completo ajustado, para poder efectuar el desplazamiento de la plataforma en que descansa el triángulo, en el sentido de la alineación y sin que su pivote pierda su posición vertical.

A raíz de esto, el primer tramo se mide con el **gálbo**, de esta manera: dos operadores tienen listo el **gálbo**; y a una señal convenida, el uno avanza hacia el **anteojo alineador** y el otro hacia la respectiva polea que ya debe estar instalada en el pivote del triángulo, procurando que el hilo sea extendido con el mayor cuidado para que no sufra ninguna sacudida o choque brusco, y su **índice de referencia** no choque tampoco con el **índice de la polea**. Extendido el hilo con la pesa, el operador encargado de la instalación de los trípodes, después de aflojar el tornillo de cierre del sistema, efectuará la coincidencia de los dos índices, desplazando la plataforma hacia adelante o hacia atrás en el sentido de la alineación.

Como esta coincidencia descorrige generalmente la operación anterior, esto es, la relativa a la alineación del pivote del triángulo, vuélvase de nuevo a controlarla colocando siempre la pantalla verde detrás del trípode,

de modo que se produzca el siguiente efecto: que el eje índice de la polea sea vertical y que esté situado en la alineación y en coincidencia con el índice del **gálbo**.

Hemos indicado que la pantalla debe ser de color verde, porque con este fondo se destaca muy bien tanto el color del acero del pivote del triángulo como el del bronce de que está formado el eje del índice de la polea.

En la zona de Yaruquí se observó que las mañanas, hasta las once, eran generalmente muy apropiadas para los trabajos de la alineación; y después de tal hora, las lluvias o los vientos impedían toda clase de trabajos.

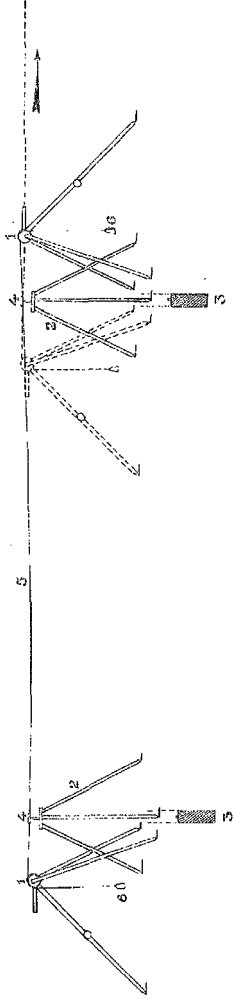
d).— Trasladar el **anteojo-alineador** al trípode N° 1 e instalar el trípode N° 2, repitiendo todas las operaciones indicadas en el inciso anterior.

e).— Concluida la instalación del trípode N° 2, trasládese a éste el **alineador** y dése comienzo a la instalación del trípode N° 3, y así sucesivamente hasta concluir la alineación y medición con el **gálbo** de 20 a 25 tramos, que representa el rendimiento correspondiente a tres horas más o menos de trabajo. Si las circunstancias de tiempo y lugar lo permiten, puede alinearse o galbarse el número de tramos que se quiera; pues hay casos en que se miden 10, 15, 20 etc., tramos; todo depende de las condiciones favorables del tiempo y de otras causas completamente inesperadas o imprevistas. La práctica nos ha enseñado que el mayor avance de las mediciones está en la posibilidad de disponer del mayor número de tramos preparados, sobre todo, cuando no se dispone de suficiente número de trípodes.

## 2°—ORDEN EN LA INSTALACION DE LOS TRÍPODES

Deben instalarse los trípodes en el orden ascendente de su numeración. Este orden tiene por objeto darnos a conocer, en el momento de la nivelación, cuál fue el número del trípode en que estuvo el nivel, cuáles los números de los trípodes de **atrás** y **adelante** del observador, a fin de anotar en el Registro, con los mismos números de orden, la inclinación del hilo en su respectivo tramo. Como en el Registro de la medición de la Base se anotan

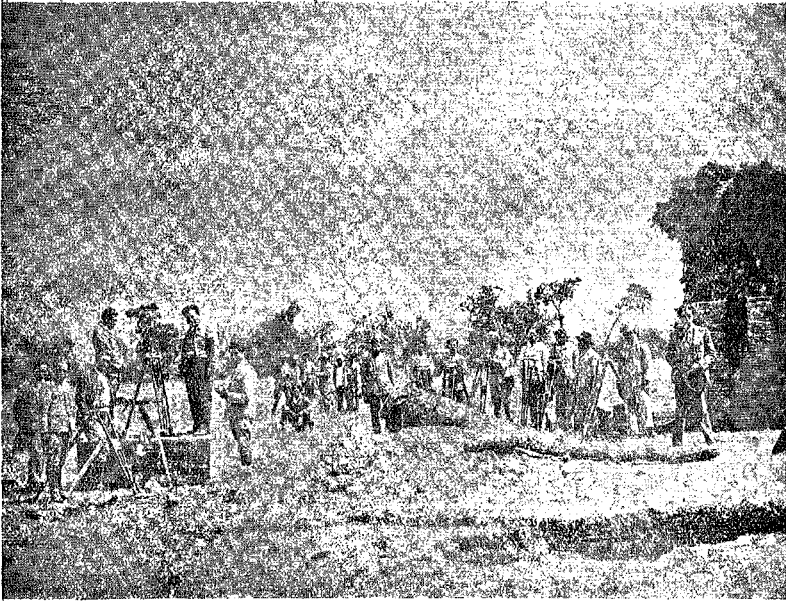
Medición sucesiva de los tramos con el hilo "Invar"



1. Tripode tensor
2. Tripode del índice móvil
3. Señal de referencia
4. Índice de referencia y regleta del hilo
5. Hilo "Invar"
6. Pesa de 10 Kg.

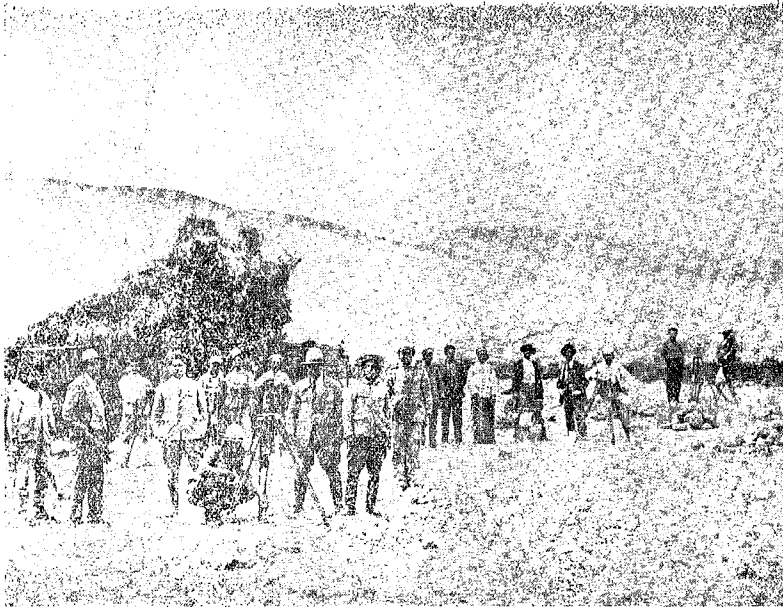






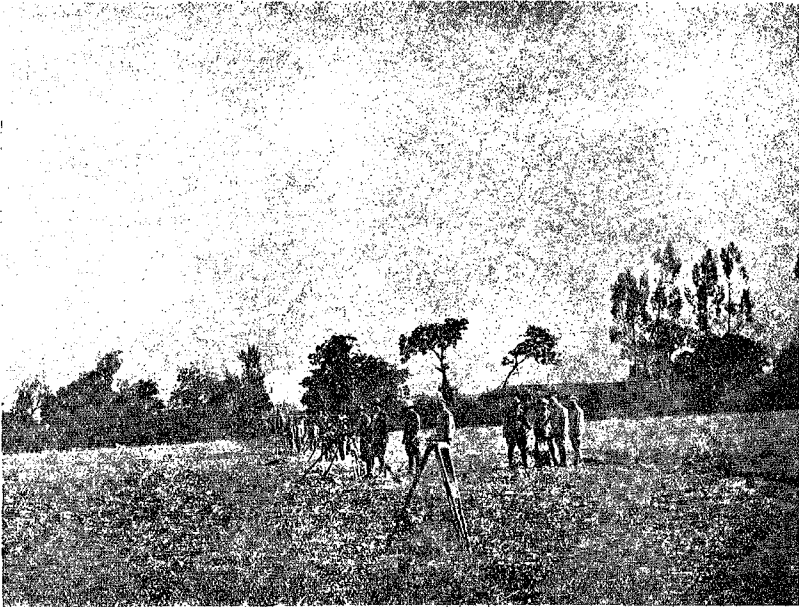
Arranque de la medición de la Base a partir de su Extremo Sur





El Tte. Gabriel Núñez instalando en tierra el índice de referencia





Desarrollamiento del hilo "Invar" de su tambor

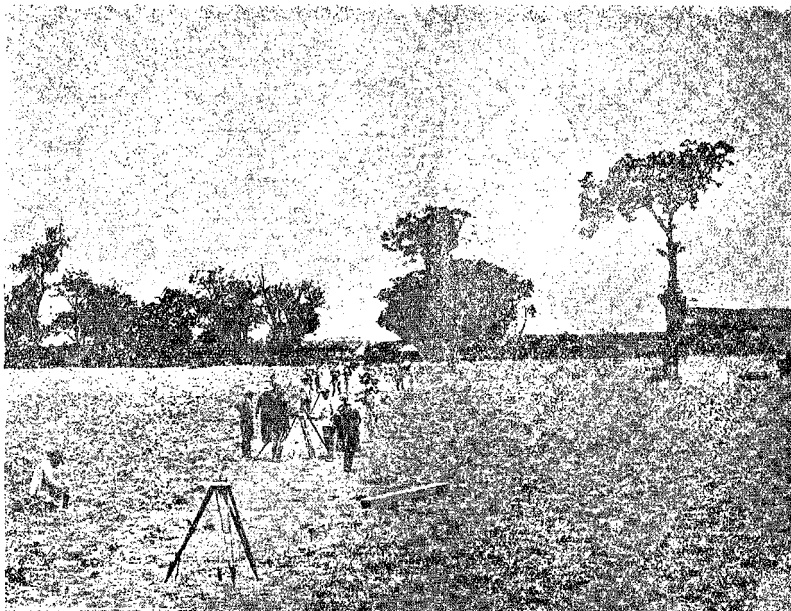




Los diferentes equipos ejecutando sus trabajos



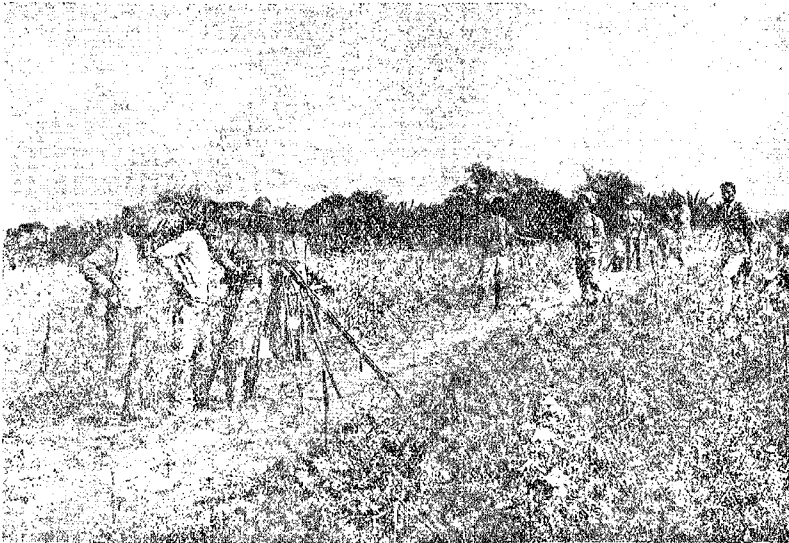




DETALLES:

- 1o. huella de la alineación de la Base;
- 2o. instalación de los trípodes que dividen los tramos, y
- 3o. medición de uno de éstos.





Medición de uno de los tramos de una jornada



los tramos por el número de orden de los tripodes, claro está que el orden de la numeración de éstos tiene que corresponderse con el anotado en el Registro de Nivelación para poder calcular los respectivos ángulos de inclinación.

Aun cuando cada uno de los Equipos cumpla con su cometido, subsanando en la práctica tantas dificultades que obedecen a múltiples causas, como: los accidentes del terreno, las condiciones especiales del medio ambiente, los cambios bruscos de las corrientes atmosféricas y de las variaciones térmicas producidas en las capas inferiores de la atmósfera; causas de error que varían según la zona en que se opera—fuerza será que insistamos en la finalidad de las ideas anotadas desde el comienzo del presente estudio; ideas que se relacionan con la precisión con que cada Equipo debe ejecutar su trabajo enderezándolo hacia un mismo punto: **la mayor exactitud posible en las mediciones de los tramos de la Base.**

Nos incumbe, sin embargo, asegurar, con pleno convencimiento de los hechos, que los trabajos preliminares a la medición de los tramos deben ejecutarse con la mayor precisión posible para que se alcance con el hilo invar el máximo de exactitud en los valores. De lo contrario, sería la pretensión de obtener resultados exactos en las longitudes de los lados de una red que parte de una base medida directamente, y muy ilusoria la idea de querer comprobar, dentro de los límites del error tolerable, estudios de esta clase, refiriéndolos a bases medidas directamente y con toda exactitud, como las de Riobamba y San Gabriel.

### 3°—NIVELACION DE LOS TRAMOS

Conforme a lo que acaba de exponerse, los tramos fueron ordenados de la siguiente manera: Tripode-centrador, Tripode N° 1, Tripode. N° 2, ..... Tripode N° 8; y los tramos, así:

- Centrador C y Tripode N° 1;
- Tripode N° 1 y Tripode N° 2;
- Tripode N° 2 y Tripode N° 3;
- Tripode N° 3 y Tripode N° 4;

.....  
 .....  
 Tripode N° 7 y Tripode N° 8.

#### Procedimiento:

a).—Instalar el nivel Barthélemy en el tripode N° 1; una de las dos miras detrás del centrador y, la otra, detrás del tripode N° 2, conforme al análisis matemático relativo a la determinación especial del ángulo de inclinación. Véase la lámina XXVIII.

b).—Efectuar cuatro series de lecturas de mira, así: dos series directas de tres cada una, hacia adelante y hacia atrás. Cada lectura de mira debe corresponder a una nivelación; y las lecturas entre sí no pueden diferenciarse sino de un décimo de parte de nivel. Mayor diferencia no se admite. Estas lecturas de nivel se efectúan con el hilo nivelador; por consiguiente, no hay necesidad de hacer las lecturas con los hilos extremos simétricos del central, por cuanto la distancia entre dos tripodes queda ya determinada con la suficiente aproximación por medio del gallo. Este método simplifica la doble inversión del aparato Barthélemy, reduciéndola a una sola.

c).—Instalar la pínula en el tripode-centrador y efectuar una serie de tres lecturas de mira, debiendo cada lectura corresponder a una nivelación con el nivel de la misma pínula.

d).—Transportar la pínula al tripode N° 2 y efectuar la serie de lecturas indicadas en el inciso anterior.

e).—Instalar ahora el instrumento Barthélemy en el tripode N° 3 para efectuar todo lo indicado desde el inciso (a) hasta el inciso (d), a fin de conocer el ángulo de inclinación de los tramos correspondientes entre los tripodes 2 y 3, 3 y 4.

f).—Trasladar el instrumento Barthélemy al tripode N° 5 para conocer los ángulos de inclinación de los tramos comprendidos sucesivamente entre los tripodes 4 y 5, 5 y 6.

g).—Como los tripodes de que pudo disponerse no fueron sino ocho, la formación de los tramos queda concluida con la instalación del instrumento Barthélemy en el tri-

pode N.º 7, a fin de determinar el ángulo de inclinación de los tramos comprendidos entre los tripodes 6 y 7 del comprendido entre 7 y 8.

**Notas:** 1.ª—Para no equivocarse en las anotaciones del Registro, se procurará siempre que el número de tramos de una jornada sea siempre **par**, con el objeto de que las lecturas de mira sean, por decirlo así, completas hacia atrás y hacia adelante.

2.ª En el extremo del tramo final correspondiente a una jornada se instalará el **trípode-centrador** con sólo el eje en que se enchufa el índice. En este caso, el **trípode-centrador** funcionará como cualquiera de los otros tripodes hasta medir el último tramo, para después transformarlo en verdadero centrador con el antejo y poder fijar en tierra el índice llamado **fin de jornada**.

3.ª—Como el número de tramos a medirse no puede fijarse de antemano, las mediciones de una jornada comprenderán cierto número de ellos, según las previsiones que se hagan conforme avance el trabajo y siempre que las condiciones del tiempo permanezcan favorables.

4.ª—De lo anterior se deduce: que a la Brigada de Nivelación le corresponde prever todas las circunstancias que influyan en la determinación del número de tramos. Si alguna tempestad de viento o lluvia se acerca, o si las reverberaciones por el excesivo calor producen fuertes oscilaciones en las imágenes, el Jefe de la Brigada ordenará inmediatamente la instalación del **trípode-centrador**, y se terminarán así las operaciones de **fin de jornada**.

5.ª Si las condiciones del medio ambiente son aún favorables, se continuará con la formación de los demás tramos, aprovechando los tripodes que estuvieren desocupados. Se observará en todo esto el orden riguroso de la numeración de los tripodes y las instrucciones dadas en los incisos (a) y (b). Por manera que la medición de los tramos puede seguir o proceder a la nivelación, aun cuando no se disponga del suficiente número de tripodes, con sólo poner en práctica el sistema que se ha adaptado en su instalación.

## 4.ª—MEDICION DE LOS TRAMOS

1.ª Avanzada que fuese la nivelación, se instalarán los **trípodes-tensores** a suficiente distancia de los tripodes de los **índices móviles**, de manera que los cordones de suspensión de las pesas tengan buen juego en sus respectivas poleas. Véanse las láminas XXXVIII, XXXI, XXXII, XXXIII y XXXIV.

2.ª Asegurada la instalación de los **trípodes-tensores**, el Jefe del Equipo ordenará, con la palabra **atención**, enganchar las pesas que deben mantenerse con la mano, hasta que dadas las voces preventivas: **uno, dos, tres**, los encargados de las pesas, las suspendan simultánea y pausadamente, para que el hilo no sufra ninguna sacudida capaz de alterar su estabilidad molecular.

3.ª Los encargados de las lecturas de las regletas en combinación con los de los **trípodes-tensores**, aproximarán con cuidado las regletas a los **índices móviles** que deben estar ya colocados en los ejes de los triángulos; bien entendido que los chañanes deben dar frente a la arista de las regletas. La coincidencia definitiva de la arista con el borde saliente del chañán del **índice**, se efectúa por desplazamientos combinados entre el mosquetón que inclina la regleta, la polea que acerca la regleta al **índice móvil** y la **cremallera** que pone en el mismo plano la arista de la regleta con el borde superior del **índice móvil**. Por lo que se refiere a la inclinación del plano de la regleta con el plano horizontal del **índice móvil**, para alcezar la mejor luminosidad que facilite las lecturas, véase el capítulo correspondiente, donde se habla del **índice móvil** y de la **regleta del hilo invar**.

4.ª—Preparadas las regletas para las lecturas y cerrado el tornillo de presión del **índice** de referencia y el de las poleas, el Jefe del Equipo controlará que las pesas se hallen en estado de reposo antes de dar comienzo a las lecturas.

5.ª—Asegurada la inmovilidad de las pesas, el Jefe del Equipo, después de la palabra **atención**, anunciará estos tres instantes: **uno, dos, tres**. A la palabra "atención", los lectores se darán cuenta del centímetro y milímetro exactos, valores que deben retenerse de memoria; a la voz **uno**, apreciarán, a la es-

tima, la fracción aproximada del milímetro; a la palabra **dos**, buscarán la mayor apreciación; y a la palabra **tres**, darán de viva voz el valor correspondiente a dicho instante y de ambas regletas. Queremos decir con esto que las lecturas de las dos regletas deben hacerse ambas a dos en el instante señalado con la voz preventiva **tres**, advirtiéndose que los instantes anteriores anunciados con las voces **uno** y **dos**, no sirven sino para preparar la lectura exacta que debe hacerse en el instante preciso de la palabra **tres**.

Alguien podrá preguntar: ¿por qué tanta exigencia, o cuál es la causa a que obedezca esta norma de sincronización en las lecturas de las regletas? —Sencillamente, como uno de los encargados de los **trípodes-tensores** debe dar un pequeño giro a la polea para que los **índices móviles** señalen otras zonas de la regleta, se ha observado que la estabilidad del hilo no se produce sino después de algunos segundos de espera, sin la cual se harían lecturas correspondientes a posiciones no estables del hilo, es decir, **falsas**.

Esto es tanto más necesario cuanto que basta una pequeñísima corriente de aire para que se adviertan ligeros desplazamientos de las regletas con respecto a los **índices móviles**. Además, basta también que uno de los observadores cambie de sitio alrededor de los **trípodes-tensores**, para que se observe el mismo fenómeno; pues, es tan sensible el desvío momentáneo de las regletas con respecto a sus **índices**, que hay ocasiones en que se ignora cuál es la causa que lo produce.

De lo expuesto se infiere: que el personal que actúa en la medición, no debe cambiar, durante el tiempo de las lecturas, del lugar en el que se encontró al comienzo de estas operaciones. El Servicio Geográfico Militar organizó dos grupos de observadores que se alternaban en las lecturas de las series, a fin de corregir la influencia de la ecuación personal.

7º — A cada lectura debe preceder siempre la voz preventiva **atención** y luego las voces de mando **uno, dos, tres**. El anotador principiará por escribir en el registro la lectura de la regleta de atrás para luego hacerlo con la de adelante; por lo que los lectores deben dar los valores con voz clara y fuerte y en el orden que acaba de indicarse.

8º — Anotada la lectura, uno de los encargados de los **trípodes-tensores** dará a la polea un pequeño giro, hasta que los **índices movi-**

bles señalen otros valores de las respectivas regletas. Es así como se efectúan las mediciones con el **hilo invar** hasta terminar las dos series.

9º — El anotador tiene, además, la obligación de controlar las lecturas de las regletas, estableciendo las diferencias que no deben pasar de un **décimo de milímetro**; diferencias que alcanzan 0,2 mm no se aceptan. El Anotador exigirá en este caso la repetición de las lecturas. Las lecturas del termómetro profunda deben ser tres: la primera, al comenzar la primera serie; la segunda, al principio de la segunda serie, y la tercera, al fin de esta última, para calcular la dilatación del hilo de cada tramo en función del valor medio de la temperatura.

Las voces preventivas: **atención, uno, dos, tres**, se sustituyen en la práctica y con mejor resultado por medio de un pito, correspondiendo un sonido largo a la palabra **atención** y tres cortos, con intervalo de dos segundos, a las voces de mando **uno, dos, tres**.

## 5º—OPERACIONES FINALES A LA MEDICION DE UN TRAMO

Concluidas las series de las lecturas, el Jefe del Equipo ordenará:

1º — Aflojar los tornillos de presión de las poleas y deslizar éstas en sus respectivos ejes, pero del mismo lado para que las regletas queden en campo libre.

2º — Dadas las voces preventivas, los encargados de transportar las pesas, las sostendrán con la mano, cuidando de no levantarlas ni bajarlas, listas como quien dice, para recibirlas apenas se afloje el gancho; los de los **trípodes-tensores** se aprestarán al desenganche apenas pigan la correspondiente voz de mando; y los de transportar el hilo, sostendrán con la mano derecha, la regleta y una sección de los eslabones, sin tocar para nada la llave de cierre que une el cordón y la regleta, y con la izquierda, el cordón. Cuando todo esto esté listo, el Jefe del Equipo ordenará entonces desenganchar las pesas sirviéndose de las voces preventivas: **uno, dos, tres**. Actúan en este momento los encargados de los **trípodes-tensores**, abriendo el gancho que une las pesas y el cordón.



Cuando el jefe del Equipo haya dado este orden, un tercero individuo, situado entre los encargados de transportar el hilo, impedirá, valiéndose de una cinta de paño, que éste reciba el más ligero sacudimiento en el momento de desprender las pesas de los cordones, y ayudará a la vez a transportar el hilo sirviéndose de la misma cinta y sin que ésta se deslice.

3º El transporte del hilo debe hacerse con el mayor cuidado; para lo cual los operadores arriba mencionados deben colocarse dando el mismo frente y marchando con paso igual y en línea recta.

**Conclusión.** Es así cómo se habrá terminado la medición de un tramo; y repitiendo en el mismo orden las instrucciones dadas al respecto, se harán las mediciones del segundo y tercer tramo, y así sucesivamente. Una idea aproximada de lo que constituye los tramos y de la sucesión de éstos, hemos procurado materializarla en la lámina XXXIX.

#### 6º—ARROLLAMIENTO Y DESENROLLAMIENTO DEL HILO INVAR EN SU TAMBOR.

El enrollamiento debe hacerse engancharlo en la palanca correspondiente al mismo extremo de la regleta que estaba atrás de los tramos. El enrollamiento se opera con tres individuos: el primero gira lentamente el tambor; el segundo guía el hilo con el índice de la mano derecha, para que no se retire demasiado ni se superponga sobre sus espiras, y el tercero, sosteniendo el extremo de la otra regleta, avanza hacia el tambor. El enrollamiento no debe ser ni muy ajustado ni muy flojo. Concluida esta operación, el encargado del tambor untará con *grasa fina* las espiras del hilo, igualmente, las regletas que, después de engrasadas, deben envolverse con papel impermeable.

**El desenrollamiento se hace en sentido contrario al del enrollamiento.**

Cuando haya necesidad de reemplazar un hilo por otro, téngase cuidado de anotar su número en el Registro, a fin de calcular los tramos medidos con el nuevo hilo y en función de la **constante de corrección**.

#### 7º—ARRANQUE DE LAS MEDICIONES DE LA BASE EN UNO DE SUS EXTREMOS Y TERMINACION DE LAS MISMAS EN EL OPUESTO

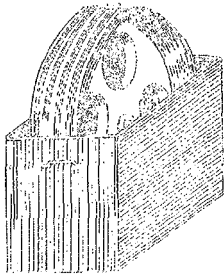
1º. **Arranque.**— Ante todo, recordamos que las construcciones de cal y canto protectoras del **punto-extremo** de la Base pueden ser altas o bajas con respecto al nivel del suelo. En el primer caso, la instalación del **trípode-centrador** implicaría una situación un tanto molesta en la medición del ángulo de inclinación, que según el procedimiento analítico matemático debe ser pequeño. En el segundo caso, esto es, si no hay ninguna construcción que sobresalga del suelo alrededor del punto, el procedimiento que debe seguirse en la medición del primer tramo, a partir del Extremo de la **Base**, en nada difiere del indicado para un tramo cualquiera. Tratemos, por consiguiente, del primer caso.

Instalado el **trípode-centrador** y verificada la coincidencia del cruce de los hilos del retículo del anteojo con la imagen del punto grabado en la placa metálica, arréglese los **trípodes-tensores** de manera que las gargantas de sus respectivas poleas se hallen más o menos en una misma alineación horizontal con las regletas, en la proyección del eje óptico del anteojo, enfocada que fuese su imagen; y hágase enseguida las lecturas de ambas regletas: la una con el **anteojo-centrador** y la otra directamente y con referencia al **índice móvil**.

Concluida la medición, se instala luego uno de los trípodes comunes cerca de la polea del **trípode-tensor** contiguo al **aparato-centrador** procurando que la garganta de la polea, el índice de este trípode auxiliar y el índice del trípode instalado en el extremo del primer tramo se hallen unos de otros en la misma línea de prolongación. Como se supone que los demás trípodes han sido ya instalados en la línea ideal de la Base y se han efectuado las respectivas galibaciones, tal como se indicó en el capítulo anterior, se da entonces comienzo a las operaciones de nivelación de cada uno de los tramos.

2º.—**Terminación.** Supongamos que el último tramo de la Base a medirse sea inferior a 2m. Pueden presentarse dos casos, según que la magnitud sobrante sea inferior

*Resaca de los hilos "través"*



*Estado de los ganchos para el enrollamiento de un hilo*



o superior a 8 m. Supongámosla superior a 8 m: en este caso, se la medirá con el hilo de 8 m y el sobrante con la cinta de 4 m, ejecutando todas las operaciones realizadas en el arranque del otro extremo de la Base con respecto a la instalación del **trípode-centrador** en dicho extremo y a la posición más o menos horizontal de la cinta en la zona del enfocamiento del anteojo.

Procúrese también que, a continuación del trípode tensor instalado más allá del Extremo de la Base, se halle otro trípode con su **índice**, pero en la línea ideal que pasa por la garganta de la polea del trípode-tensor y por el índice del trípode anterior al punto extremo de la Base, en orden a medir el ángulo de inclinación de la cinta de invar de 4 m.

La medición con la cinta se hace así: coincida una de las divisiones completas de los decímetros con la proyección del eje vertical del anteojo que pasa por el cruce de los hilos del retículo, siempre que el **índice móvil** anterior al Extremo de la Base se halle en la zona libre del decímetro subdividido en milímetros. Este procedimiento puede decirse

que es obvio, por cuanto la magnitud de la cinta comprendida entre el **índice móvil** y el **anteojo-centrador** tiene que ser igual a cierto número de decímetros, centímetros y milímetros y aun fracciones de milímetro, contados desde el **anteojo centrador** hasta el **índice móvil** del trípode instalado antes del **punto-extremo de la Base**. Esta magnitud medida con la cinta representa el valor del tramo final.

Si el último exceso fuese inferior a 8 m, se medirá un tramo completo de 8 m, para después medir con la cinta de 4 m y por **retroceso**, desde el índice final del último tramo hasta el eje ideal del anteojo prolongado, el segmento de cinta que hubiere de restarse del tramo final de 8 m.

En todas estas operaciones hay que tomar siempre en cuenta las dificultades que suelen entorpecer la instalación de los trípodes en las proximidades de los extremos de la Base; dificultades que deben obviarse de una manera conveniente y combinando el hilo de 8 m con la cinta de 4, por medio de la suma o por simple diferencia.



CAPITULO IX

CASOS QUE PUEDEN PRESENTARSE EN  
LA MEDICION DE LOS TRAMOS



1er. CASO: TRAMO = 24 m.

Longitudes supuestas invariables (24 m = long del hilo INVAR)

$$A_1 B_1 = A_2 B_2$$

(Véase la lámina XXXVI)

Si el índice  $a_1$  se pone en coincidencia con la división  $3^{\text{mm}}, 70$  de la regla N y el  $b_1$  con la división  $3^{\text{mm}}, 70$  de la regla S, extremos de una longitud invariable del hilo *invar*, equivale a un desplazamiento del segmento  $A_1 B_1$  que representa 24 m. de su posición primitiva a la posición  $A_2 B_2$ , de manera que el extremo  $A_1$  ocupe la posición  $A_2$  y el  $B_1$  su correspondiente  $B_2$ . Como los segmentos  $A_1 B_1$  y  $A_2 B_2$  son

*iguales* por construcción, las lecturas de las dos reglas tienen que ser también *iguales*; de aquí se deduce que habrá siempre 24 m de índice a índice (de los móviles), cuando la suma algebraica de las dos lecturas hechas en las reglas N y S sea *igual a cero*. Para lo que vamos a representar las lecturas de la regla N por el signo + y las del S por el signo - :

$$\begin{array}{r} \text{Regla N} = + 3^{\text{mm}}, 70 \\ \text{Regla S} = - 3^{\text{mm}}, 70 \\ \hline \Sigma = 0, 00 \end{array}$$

Resultado que debe anotarse en el registro: tramo = 24,0000 m

2º CASO: TRAMO < 24 m.

$$\begin{array}{r} \text{Regla N} = + 3^{\text{mm}}, 40 \\ \text{Regla S} = - 1^{\text{mm}}, 17 \\ \hline \Sigma = + 2^{\text{mm}}, 23 \end{array} \quad \begin{array}{r} 24^{\text{m}}, 0000 \\ - 0, 0223 \\ \hline \text{Resultado } 23, 9777 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Regla N} = + 6, 70 \\ \text{Regla S} = - 4, 47 \\ \hline \Sigma = + 2, 23 \end{array} \quad \begin{array}{r} 24, 0000 \\ \text{Corrección} = - 0, 0223 \\ \hline \text{Tramo} = 23, 9777 \text{ m} \end{array}$$

El signo + de la suma algebraica representa únicamente que se ha medido un tramo inferior a 24 m con 2,23<sup>mm</sup> de diferencia; es decir, que la cantidad que debe anotarse en el registro es 23<sup>m</sup>, 9777.

3er. CASO: TRAMO > 24 m.

$$\begin{array}{r} \text{Regla N} = + 3, 50 \\ \text{Regla S} = - 3, 50 \\ \hline \Sigma = 0, 00 \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Regla N} = + 4, 00 \\ \text{Regla S} = - 1, 00 \\ \hline \Sigma = 3, 00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24, 0000 \\ + 0, 0300 \\ \hline \end{array}$$

Resultado del tramo = 24,0300 m

El signo - de la suma algebraica expresa únicamente que se ha medido un tramo superior a 24 m con 0.03 m de diferencia por exceso; luego la cantidad que debe anotarse en el registro es 24<sup>m</sup>, 0300.

NOTAS: 1º. -La flecha indica el sentido del recorrido en las mediciones que se hicieron en Yaruquí: de S a N *la ida* y de N a S *el regreso*.

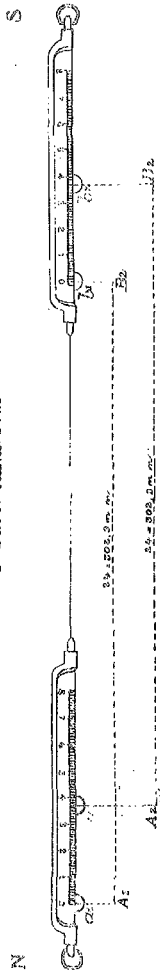
2º. El signo de las lecturas de las reglas en el regreso: las del S. llevan el signo + y las del N el signo -



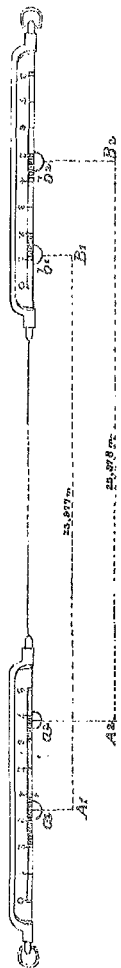


# lectura de las regietas

I Cabo: buceo = 24 m.



II Cabo: buceo = 24 m.



III Cabo: buceo = 24 m.





CAPITULO X

**RESUMEN DE LAS MEDICIONES DE LA  
EXTENSION DE LA BASE DE YARUQUI**



Ida

Cálculo de la inclinación del hilo "invar"

Nivelación de la Base

Fecha 1931	Estaciones	DESNIVEL DEL HILO				Corrección de inclinación	
		Adelante		Atrás		Adelante	Atrás
		Tramos	+ m/m	Tramos	m/m	m/m	m/m
Agosto 27	1			1-C	82.575	8.241	8.119
Agosto 28	3	2-3	74.243	3-1	62.885	18.170	11.551
	4	4-5	62.173	4-3	93.410	6.119	8.054
	6	6-7	119.631	6-5	54.350	14.561	29.875
	8	8-1	74.423	8-7	83.602	1.097	11.476
	1	1-C	44.348				
Agosto 29	1	1-2	65.515	1-C	73.136	8.056	11.163
Sibre. 2	C			C-2	25.586		4.368
	1	1-2	75.424	1-C	104.335	11.795	22.075
	3	3-1	62.211	3-2	83.594	8.065	5.982
	5	5-0	126.731	5-4	45.702	33.463	4.351
	7	7-5	80.473	7-6	69.369	13.452	10.028
	1	1-2	128.510	1-8	78.319	10.028	12.782
	3	3-4	101.240	3-2	73.185	21.347	11.160
	5	5-6	76.708	5-4	75.202	12.276	11.785
7	7-C	47.290	7-6	55.061	4.632	6.317	
Sibre. 3	1	1-2	71.473	1-C	51.419	10.631	5.513
	3	3-4	56.431	3-2	49.353	6.635	5.074
	5	5-6	51.498	5-4	44.361	5.529	4.098
	7	7-8	60.073	7-6	49.410	7.519	5.084
	1	1-2	51.318	1-8	51.013	5.493	5.424
	3	3-4	59.423	3-2	61.419	7.357	7.860
	5	5-6	57.381	5-4	55.502	6.856	6.417
	7	7-8	50.881	7-6	55.527	5.395	6.427
C			C-8	37.602		2.945	
Sibre. 4	1	1-2	41.268	1-C	66.485	3.549	6.629
	3	3-1	45.350	3-2	46.385	1.281	4.481
	5	5-6	51.648	5-4	26.777	5.428	1.491
	7	7-8	60.890	7-6	74.735	7.716	11.649
	1	1-2	59.299	1-8	36.352	7.332	6.602
	3	3-4	62.373	3-2	69.359	8.112	9.094
	5	5-6	46.836	5-4	52.477	4.574	5.737
	7	7-8	43.581	7-6	61.436	3.650	7.865
	C			C-8	55.126		6.311
Sibre. 5	1	1-2	45.607	1-C	48.535	4.333	4.968
	3	3-4	68.805	3-2	53.157	9.877	5.888
	5	5-6	86.531	5-4	29.002	15.500	13.304
	7	7-8	70.165	7-6	28.594	13.046	12.870
	1	1-C	52.074	1-8	60.370	5.953	7.598
Sibre. 9	1	1-2	52.865	1-C	66.193	5.814	7.556
	3	3-4	32.574	3-2	40.977	2.210	3.502
	5	5-6	28.990	5-4	34.094	1.752	2.421
	7	7-8	20.340	7-6	25.035	862	1.400
	1	1-2	46.240	1-8	51.810	4.451	5.597
3	3-4	27.320	3-2	27.960	1.557	1.629	
5	5-6	36.448	5-4	38.660	2.767	3.114	

Fecha 1981	Estaciones	DESNIVEL DEL HILO				Corrección de inclinación	
		Adelante		Atrás		Adelante m/m	Atrás m/m
		Tramos	m/m	Tramos	m/m		
Stbre. 10	1	1-2	46.081	1-0	38.110	4.420	3.028
	1	1-C	57.498	1-8	43.426	6.883	3.938
	1	1-2	17.074	1-C	50.111	4.734	7.780
	3	3-4	37.265	3-2	72.010	6.833	10.798
	5	5-6	59.740	5-4	53.960	7.434	6.325
Stbre. 17	1	1-2	40.614	1-0	38.393	5.333	7.105
	1	1-C		1-8	52.178		3.837
	3	3-4	38.515	3-2	43.627	4.098	1.221
	5	5-6	59.704	5-4	58.236	3.354	7.662
	7	7-8	35.748	7-6	26.802	2.650	1.990
Stbre. 18	1	1-2	20.768	1-0	23.210	1.850	1.151
	1	1-C	20.815	1-8	32.852	0.993	2.228
	3	3-4	49.343	3-2	17.469	1.791	0.630
	5	5-6	39.973	5-4	39.976	3.447	3.494
	7	7-8	49.283	7-6	11.660	3.650	3.520
Stbre. 19	1	1-2	34.810	1-0	50.277	6.201	7.325
	1	1-C	59.981	1-8	31.627	9.793	1.901
	3	3-4	51.373	3-2	52.111	5.501	3.091
	5	5-6	13.415	5-4	48.485	3.832	4.860
	7	7-8	41.841	7-6	45.400	3.644	4.393
Stbre. 19	1	1-2	57.190	1-0	35.260	5.671	2.360
	1	1-C	57.745	1-8	42.235	2.661	1.047
	3	3-4	25.590	3-2	41.385	1.365	3.570
	5	5-6	30.581	5-4	15.635	1.948	5.00
	7	7-8	13.466	7-6	23.400	371	1.447
Stbre. 19	1	1-2	15.665	1-0	5.400	173	62
	1	1-C	30.406	1-8	31.694	1.927	2.597
	3	3-4	33.598	3-2	22.460	2.362	1.931
	5	5-6	37.732	5-4	39.027	2.666	1.883
	7	7-8	9.952	7-6	17.135	170	613
Stbre. 23	1	1-2	28.995	1-0	27.661	1.748	1.525
	1	1-C	30.015	1-8	34.735	1.875	2.515
	3	3-4	38.373	3-2	41.210	3.065	3.438
	5	5-6					
	7	7-8					
Stbre. 24	1	1-2	23.341	1-0	39.069	3.913	3.181
	1	1-C	30.415	1-8	33.727	2.719	2.360
	3	3-4	52.115	3-2	35.777	5.651	5.19
	5	5-6	31.306	5-4	35.785	2.041	2.337
	7	7-8	16.715	7-6	14.394	4.548	3.9
Stbre. 24	1	1-2	22.565	1-0	38.534	1.662	3.091
	1	1-C	11.973	1-8	58.583	3.673	7.141
	3	3-4	64.160	3-2	28.685	8.637	1.014
	5	5-6	48.300	5-4	34.344	4.875	2.179
	7	7-8	59.473	7-6	46.860	5.395	4.577
Stbre. 24	1	1-2	41.208	1-0	42.610	3.539	3.668
	1	1-C	31.223	1-8	12.052	2.031	1.685
	3	3-4					
	5	5-6					
	7	7-8					
Stbre. 24	1	1-2	51.110	1-0	31.943	5.448	2.420
	2	2-3			8.552	1.499	

# Regreso

## Cálculo de la inclinación del hilo "invar" por tramos

### Nivelación de la Base.

Fecha 1931	Estaciones.	DESNIVEL DEL HILO				Corrección de inclinación	
		Adelante		Atrás		Adelante	Atrás
		Tramos	- m/m	Tramos	+ m/m	- m/m	+ m/m
Sept. 26	1	1-2	45.685	1--C	52.418	1.150	5.719
	3	3-4	37.244	3--2	44.515	2.829	1.257
	3	5-6	27.835	5--4	49.365	4.707	3.395
	2	7-8	32.620	7--6	46.190	3.761	4.564
	1	1--2	25.160	1--8	43.515	4.249	2.946
	4	3-4	48.050	3--2	13.815	3.620	4.998
	5	5-6	58.94	5--4	14.635	2.030	3.002
	7	7-8	63.627	7-6	22.531	3.429	1.057
	1	1-2	1.200	1-8	37.398	3	6.870
	3	3-C	43.535	3-2	41.749	3.049	985
Sept. 30	1	1-2	26.319	1-C	44.475	1.144	1.054
	3	3-4	40.352	3--2	23.174	3.399	1.119
	3	5-6	38.793	5--1	46.915	3.134	4.589
	2	7-8	31.060	7--6	10.657	2.009	3.445
	1	1-2	33.002	1-8	43.300	4.270	3.907
	3	3-4	25.119	3--2	35.064	1.311	2.605
	5	5-6	27.102	5-1	47.390	1.529	4.682
	7	7-8	19.135	7-6	20.349	3.357	863
	1	1-2	23.666	1--8	32.406	1.102	2.185
	3	3-4	22.910	3--2	30.875	1.093	1.978
5	5--C	9.135	5--4	17.723	174	654	
Octubre 19	1	1-2	18.862	1-C	12.215	736	9.311
	3	3-4	20.019	3--2	39.798	1.411	1.076
	5	5-6	18.135	5--4	23.190	3.028	1.120
	7	7-8	44.727	7--6	45.131	1.197	4.244
	1	1-2	37.694	1--8	46.565	2.058	4.521
	3	3-4	24.552	3--2	39.340	4.136	3.235
	5	5-6	19.735	5--4	52.329	3.287	5.710
	7	7-8	38.135	7-6	15.673	7.042	4.348
	1	1-2	37.494	1--8	52.290	2.931	5.632
	3	3--C	52.719	3--2	17.881	3.789	1.774
Octubre 3	1	1-2	23.110	1-C	58.065	3.974	7.620
	3	3-4	22.091	3--2	37.890	3.689	4.993
	5	5-6	24.369	5--4	32.040	1.288	2.140
	7	7-8	30.377	7-6	19.089	1.925	750
	1	1-2	27.836	1--8	25.790	1.614	1.385
	3	3-4	30.952	3--2	37.665	1.995	2.960
	5	5-6	62.443	5--4	35.810	8.119	2.675
	7	7-8	48.627	7-6	19.315	1.920	3.393
	1	1-2	59.135	1--8	55.440	5.232	6.380
	3	3-4	60.660	3-2	55.015	7.075	6.307
5	5--C	56.441	5-1	47.415	6.642	4.670	
Octubre 3	1	1-2	45.869	1--C	80.681	1.394	13.569
	3	3-4	94.660	3-2	58.139	8.776	7.041
	5	5-6	55.735	5--4	26.906	0.474	7.506
	7	7-8	34.385	7-6	49.506	2.493	4.566
	1	1-2	27.285	1--8	35.415	5.553	2.612
	3	3-4	45.185	3--2	24.030	1.255	1.295
	5	5-6	28.452	5--4	51.493	1.666	5.524
	7	7-8	29.986	7--6	29.840	1.873	905



Fecha 1931	Estaciones	DESNIVEL DEL HILO				Corrección de inclinación	
		Adelante		Atrás		Adelante m / n	Atrás m / n
		Tramos	m / n	Tramos	m / n		
Octubre 3	1	1-2	34.710	1-8	35.023	2.425	2.702
	3	3-4	53.009	3-2	37.231	6.317	2.890
	5	5-C	47.485	5-4	59.043	4.696	7.255
Octubre 6	1	1-2	70.210	1-C	71.715	10.260	10.710
	3	3-4	93.177	3-2	70.040	18.901	10.222
	5	5-6	74.327	5-4	76.039	6.515	11.500
	7	7-8	46.610	7-6	55.890	4.532	6.515
	1	1-2	47.994	1-8	51.265	4.802	5.515
	3	3-4	59.294	3-2	49.799	7.122	5.163
	5	5-6	49.835	5-4	49.950	4.136	5.198
	7	7-8	68.310	7-6	66.615	9.713	7.516
	1	1-2	66.560	1-8	59.745	7.649	6.704
	3	3-4	72.327	3-2	47.539	10.918	6.394
	5	5-C	49.927	5-4	51.765	1.993	5.597
Octubre 7	1	1-2	51.643	1-C	46.715	5.566	4.546
	3	3-4	48.645	3-2	36.540	4.933	2.780
	5	5-6	54.835	5-4	44.495	5.816	4.192
	7	7-8	53.610	7-6	36.490	5.787	6.620
	1	1-2	56.135	1-8	55.848	6.566	6.493
	3	3-4	53.135	3-2	61.815	5.953	7.657
	5	5-6	59.351	5-4	51.448	7.338	5.512
	7	7-8	49.560	7-6	52.123	3.430	5.600
	1	1-2	51.477	1-8	59.040	5.525	7.258
	3	3-C	57.244	3-2	49.815	6.829	5.168
	Octubre 8	1	1-2	37.560	1-C	61.015	6.898
3		3-4	60.069	3-2	55.140	7.518	6.336
5		5-6	98.510	5-4	81.915	20.225	13.979
7		7-8	34.277	7-6	32.240	0.137	14.090
1		1-2	84.325	1-8	32.310	14.793	14.892
3		3-4	428.970	3-2	63.381	34.690	8.368
5		5-6	66.619	5-4	71.315	4.794	6.970
7		7-8	26.402	7-6	109.656	9.246	11.487
1		1-2	72.310	1-8	61.756	1.452	25.051
3		3-4	75.702	3-2	43.815	10.908	7.940
5		5-C	75.702	5-4	43.815	10.908	7.940
7		7-8	111.726	7-6	89.515	11.943	5.185
1		1-2	64.510	1-8	64.365	20.028	16.682
3		3-4	74.427	3-2	87.773	8.677	8.624
5		5-6	38.560	5-4	39.131	11.541	16.029
6	6-7	16.865	6-5	49.039	4.910	7.289	
7	7-V				5.497		

Ida

# Medición de la Base Geodésica de Yaruquí

## De Sur a Norte

Fecha	Tramos	L <sub>i</sub>	t	Corrección de dilatación	Valor corregido de la dilatación	Corrección de inclinación	Horizonte L <sub>z</sub>	Sumas por jornadas	Observaciones
1931		m	+	m/m	m	m/m	m	m	
Agosto 27	C. 1	24 02273	19.5	0.866	21 02356	8.139	24.015407	47 991170	Hilo N° 4
	1. 2	23 98264	28.5	1.170	23 08506	8.221	24.993772		
Agosto 28	2. 3	24 03170	14.0	0.370	24 034279	11.551	24.022728	230.001709	
	3. 4	24 00899	13.8	0.816	24 008828	18.170	23 991638		
	4. 5	23 97749	21.8	1.400	23 978300	8.054	23 990336		
	5. 6	24 02795	22.3	0.222	24 028902	6.149	24 027753		
	6. 7	23 99992	21.4	0.883	23 999803	29.815	23 970888		
	7. 8	23 99887	21.1	0.871	23 999747	14.561	23 995180		
	8. 1	24 00129	23.2	0.958	24 002248	11.170	23 990772		
	1. C	23 99927	23.3	0.962	24 000232	0.997	23 999135		
Agosto 29	C. 1	23 98753	16.0	0.696	23 988226	11.163	23 947063	71 835115	
	1. 2	23 99530	24.5	1.019	23 995100	8.956	24 955144		
	2. C	23 93333	23.7	0.75	23 934306	1.308	24 932938		
Sibre. 2	C. 1	24 00455	14.3	1.005	24 004655	22.075	23 980360	383.844561	Hilo N° 4
	1. 2	23 93607	12.2	0.417	23 937012	11.793	23 975217		
	2. 3	24 00713	18.5	1.430	24 008300	5.082	24 002378		
	3. 4	23 93591	20.1	1.358	23 936563	8.065	23 981498		
	4. 5	24 00073	20.1	2.300	24 002499	1.351	23 979949		
	5. 6	23 99731	20.3	1.381	23 998324	33.463	23 975461		
	6. 7	23 99075	35.5	1.070	23 992720	10.028	23 983162		
	7. 8	24 00011	26.5	2.010	24 001159	13.452	23 997707		
	8. 1	23 99150	28.0	2.163	23 991063	12.752	23 986881		
	1. 2	24 01115	27.7	2.142	24 013392	10.028	24 003264		
	2. 3	23 99324	28.2	2.256	23 996076	11.260	23 983416		
	3. 4	24 00424	20.0	2.010	24 006950	11.317	23 985643		
	4. 5	23 99263	25.7	1.985	23 994015	11.785	23 982343		
5. 6	23 99585	27.0	2.086	23 997930	12.478	23 986688			
6. 7	23 99474	27.5	2.125	23 997845	6.117	23 990528			
7. C	24 03244	26.0	2.012	24 032457	4.652	24 029800			
Sibre. 3	C. 1	23 97918	15.8	1.220	23 980400	5.313	23 971887	407.870381	Hilo N° 3
	1. 2	24 01050	18.1	1.399	24 011809	10.637	24 001262		
	2. 3	23 99079	22.1	1.708	23 992168	5.074	23 993424		
	3. 4	23 99523	21.5	1.661	23 997801	6.035	24 001256		
	4. 5	24 00686	21.0	1.623	24 008283	1.098	24 004385		
	5. 6	23 98273	21.8	1.761	23 983161	5.320	23 978062		
	6. 7	24 00817	22.2	1.716	24 009886	5.681	24 004802		
	7. 8	23 99033	20.6	1.592	23 992922	7.310	23 990103		
	8. 1	23 99333	24.0	1.854	23 995181	5.242	23 989760		
	1. 2	24 00003	23.5	1.816	24 000740	2.693	23 995251		
	2. 3	23 99553	26.2	2.250	23 997786	7.366	23 989226		
	3. 4	23 99538	28.0	2.163	23 997543	7.357	23 990186		
	4. 5	23 99524	28.0	3.001	24 001104	6.117	23 992187		
5. 6	24 01052	25.5	1.071	24 011497	6.856	24 005835			
6. 7	23 98254	26.0	2.008	23 984548	0.422	23 978121			
7. 8	23 99208	24.0	1.854	23 994834	5.395	23 989439			
8. C	23 99889	26.5	2.048	24 000936	4.915	23 997993			

Fecha	Tramos	L.	t	Corrección de dilatación	Valor corregido de la dilatación	Corrección de inclinación	Horizonte L.	Sumas por jornadas	Observaciones			
		m	+	m/m	m	m/m	m	m				
Sibre 4.	C. 1	23 02182	12.7	0.981	23 02180	6.649	23 026182	107.804140	Hilo N° 3.			
	1. 2	23 01157	12.5	0.966	23 004536	3.543	23 088987					
	2. 3	21 02337	13.5	0.913	20 000413	4.381	21 000342					
	3. 4	21 00321	17.7	1.368	20 009898	1.251	21 005222					
	4. 5	23 08517	16.7	1.221	23 000710	1.491	23 089216					
	5. 6	21 00219	16.0	1.236	20 001726	5.428	23 006268					
	6. 7	23 07484	16.7	1.220	23 071199	11.549	23 002470					
	7. 8	21 02281	17.3	1.351	21 021391	7.716	24 004438					
	8. 1	24 00550	18.7	1.425	24 006315	6.602	24 002313					
	1. 2	23 07810	19.7	1.521	23 079621	7.332	23 072289					
	2. 3	21 003538	21.0	1.528	21 004338	9.994	24 000634					
	3. 4	23 07857	21.2	1.814	23 078384	8.172	23 076272					
	4. 5	23 03810	22.7	1.754	23 000534	5.737	23 004217					
	5. 6	23 03985	22.0	1.700	23 008550	4.374	23 009076					
6. 7	23 09130	22.0	1.854	23 073431	7.805	23 055280						
7. 8	23 07938	22.0	1.600	23 081379	3.600	23 077410						
8. 1	C. 23 09836	20.5	1.584	23 099971	6.331	23 093673						
Sibre 5.	C. 1	23 09715	15.0	1.150	23 098539	2.908	23 097621	230.800305	Hilo N° 3.			
	1. 2	23 05256	15.0	1.150	23 000970	4.333	23 006486					
	2. 3	23 05283	16.0	1.246	23 000760	5.888	23 084878					
	3. 4	24 00059	15.0	1.391	23 006301	0.877	23 005202					
	4. 5	23 00028	19.0	1.668	23 000553	15.304	23 082216					
	5. 6	23 00333	16.3	1.537	23 000707	28.100	21 005148					
	6. 7	23 09085	20.5	1.584	23 097031	12.859	23 083361					
	7. 8	21 00128	20.0	1.535	21 000703	13.046	24 003700					
	8. 1	23 08621	19.5	1.500	23 087046	7.568	23 080148					
	1. C.	23 08428	19.5	1.500	23 085950	5.655	23 080333					
	Sibre 9.	C. 1	23 07415	16.8	0.886	23 071639	7.356			23 097080	431.004512	Hilo N° 4.
		1. 2	24 03291	15.5	1.110	24 033150	5.814			24 027646		
		2. 3	23 07247	16.0	0.525	23 072895	3.502			24 009303		
		3. 4	23 09087	16.5	0.512	24 000124	2.200			23 097902		
4. 5		21 00451	17.0	0.592	20 000470	3.421	22 000681					
5. 6		23 08860	16.5	0.608	23 000368	17.322	23 087516					
6. 7		24 01181	15.0	0.633	24 012643	1.400	24 011668					
7. 8		24 00218	20.0	0.658	24 002348	8.62	24 000726					
8. 1		23 07860	17.0	0.558	23 070067	3.397	23 073051					
1. 2		24 00195	20.0	0.638	20 000000	4.452	23 008184					
2. 3		23 09326	21.0	0.600	23 000170	1.629	23 007441					
3. 4		23 09475	24.5	0.845	23 001555	1.527	23 002008					
4. 5		23 09743	24.0	0.730	23 000210	3.114	23 095705					
5. 6		24 00237	23.5	0.774	24 000144	2.707	24 000376					
6. 7	23 07020	23.0	0.753	24 000055	1.608	23 070927						
7. 8	24 01045	23.0	0.737	20 000007	4.420	24 010787						
8. 1	23 05120	26.0	0.842	23 050211	3.632	23 078312						
1. C.	24 01037	25.0	0.822	24 010393	6.823	24 007009						
Sibre 10.	C. 1	23 08320	16.5	0.517	23 083032	7.285	23 075016	215.024750	Hilo N° 2.			
	1. 2	21 00271	17.0	0.550	23 000000	1.235	23 098305					
	2. 3	21 01053	17.0	0.550	20 001080	10.728	21 000291					
	3. 4	23 09082	17.5	0.571	23 000723	6.833	23 098332					
	4. 5	23 09080	17.7	0.582	23 000482	6.528	23 070051					
	5. 6	24 00231	21.5	0.707	24 000007	7.432	23 000613					
	6. 7	23 09131	22.0	0.724	23 000063	7.105	23 080058					
	7. 8	23 09055	22.5	0.710	23 007390	5.338	23 091852					
	8. 1	C. 21 00059	23.0	0.756	24 011346	5.887	20 000459					

Fecha	Tramos	L <sub>1</sub>	L	Corrección de dilatación	Valor corregido de la dilatación	Corrección de inclinación	Horizonte L <sub>2</sub>	Sumas por jornadas	Observaciones
		m	m	+ m/m	m	m.m	m	m	
Sept. 17	C. 1	21 60990	13.0	0.337	24 001 457	1.444	23 997913		Hilo N° 1.
	1. 2	23 01879	13.5	0.349	23 982196	1.668	23 979918		
	2. 3	24 00473	20.0	0.374	24 005304	7.004	24 008040		
	3. 4	24 01017	20.0	0.374	24 014344	5.354	24 005199		
	4. 5	23 99985	22.0	0.410	23 993101	7.499	23 991762		
	5. 6	24 02664	24.5	0.451	24 027080	4.659	24 021436		
	6. 7	24 00276	24.5	0.493	24 003102	4.451	24 000211		
	7. 8	23 99082	20.5	0.281	23 991201	1.650	23 989351		
	8. 1	24 00838	19.0	0.236	24 008736	2.248	24 006488		
	1. 2	23 99091	20.5	0.351	24 001294	0.693	23 999191		
	2. 3	23 99873	22.0	0.412	23 999102	0.640	23 998316		
	3. 4	24 00840	21.7	0.200	24 008205	1.791	24 007015		
	4. 5	23 99802	23.5	0.321	23 998741	3.413	23 998305		
	5. 6	23 99884	23.5	0.321	23 997461	3.447	23 998314		
	6. 7	24 00379	22.5	0.447	24 004211	3.529	24 000682		
7. 8	23 99839	24.0	0.449	23 998849	5.000	23 998379			
8. 1	23 97461	24.5	0.458	23 998068	7.323	23 967720			
1. 2	24 01888	26.0	0.487	24 016367	6.261	24 010160			
2. 3	24 01855	25.5	0.473	24 016022	2.004	24 010188			
3. 4	24 00600	26.0	0.487	24 004387	0.753	23 997723	279 041 041		
Sept. 18	C. 1	24 01424	13.5	0.337	24 014377	3.791	24 008919		Hilo N° 1.
	1. 2	24 00945	16.0	0.299	23 998819	2.801	23 998138		
	2. 3	24 00480	18.0	0.327	24 005197	4.266	24 000901		
	3. 4	23 99027	19.5	0.355	23 990623	1.847	23 986723		
	4. 5	24 01491	20.0	0.354	24 015315	1.303	24 011912		
	5. 6	23 97727	21.0	0.393	23 975193	3.049	23 974914		
	6. 7	24 00134	21.0	0.393	24 001933	2.400	23 999343		
	7. 8	24 01874	20.0	0.375	24 018112	5.674	24 010244		
	8. 1	24 00516	20.7	0.481	24 005847	4.017	24 001200		
	1. 2	24 02260	21.0	0.397	24 022397	2.951	24 019136		
	2. 3	23 98741	22.4	0.421	23 987811	3.570	23 981261		
	3. 4	23 98708	24.0	0.449	23 981420	1.365	23 980164		
	4. 5	24 00057	23.5	0.423	24 000611	1.593	24 000482		
	5. 6	24 00221	24.0	0.410	24 002647	1.048	24 000741		
	6. 7	23 98290	23.5	0.420	23 983020	1.117	23 980783		
7. 8	24 00617	25.0	0.437	24 006902	3.111	24 000633			
8. 1	24 00879	25.0	0.465	24 008118	3.111	24 000196			
1. 2	23 98822	25.0	0.480	23 988366	1.775	23 988433			
2. 3	24 00560	26.4	0.420	24 005180	0.807	24 003679			
3. 4	23 99113	25.0	0.468	23 992018	0.947	23 989691	279 052 710		
Sept. 19	C. 1	22 08901	12.0	0.161	23 990102	1.081	23 989157		Hilo N° 1.
	1. 2	24 03822	14.0	0.267	24 038682	4.382	24 039420		
	2. 3	23 99175	11.0	0.169	23 990112	1.283	23 990733		
	3. 4	23 99194	13.0	0.281	23 990821	2.066	23 990863		
	4. 5	23 99236	13.5	0.290	23 990760	0.643	23 990237		
	5. 6	24 02288	16.3	0.300	24 022150	1.976	24 022286		
	6. 7	24 01420	17.5	0.328	24 012588	1.843	24 011693		
	7. 8	24 00282	17.5	0.328	24 003178	1.747	24 001136		
	8. 1	23 98866	20.0	0.351	23 990615	4.518	23 988360		
	1. 2	24 01061	20.0	0.356	24 010606	1.875	24 010891		
2. 3	23 99998	18.5	0.319	24 000370	3.848	23 996788			
3. 4	24 01770	19.5	0.365	24 018685	3.065	24 015900	287 982072		
Sept. 23	C. 1	23 98850	14.0	0.202	23 988862	3.781	23 985687		Hilo N° 1.
	1. 2	23 99175	13.2	0.247	23 991997	3.913	23 988084		

Fecha	Tramos	L <sub>1</sub>	t	Corrección de dilatación	Valor corregido de la dilatación	Corrección de inclinación	Horizonto L <sub>2</sub>	Sumas por jornadas	Observaciones
		m <sub>1</sub>	+	m <sub>2</sub> m	m	m/m	m	m	
Sete. 30	C. 1	23 99624	15.0	1.023	23 997803	4.084	23 993779		Hito N <sup>o</sup> 3
	1. 2	23 98511	20.5	1.583	23 985063	1.444	23 985449		
	2. 3	23 98399	22.0	1.699	23 981089	1.110	23 990570		
	3. 4	23 98228	20.3	1.586	23 982235	1.389	24 019447		
	4. 5	23 97723	20.5	1.583	23 978813	4.589	23 971224		
	5. 6	23 98332	21.0	1.643	23 983344	3.134	24 001760		
	6. 7	23 98569	22.0	1.699	23 990389	3.418	23 985444		
	7. 8	24 00349	21.0	1.623	24 007083	2.009	24 005474		
	8. 1	24 00107	21.0	1.613	24 001635	3.997	23 997786		
	1. 2	23 98476	23.0	1.776	23 986515	3.250	23 981460		
	2. 3	23 99092	23.0	1.639	23 990619	2.695	23 989951		
	3. 4	24 00041	22.5	1.749	24 000179	1.318	24 000815		
	4. 5	23 98394	23.0	1.737	23 983617	4.682	23 977975		
	5. 6	23 98102	23.0	1.779	24 018029	1.599	24 016500		
	6. 7	23 98437	23.5	1.878	23 983185	8.03	24 005324		
	7. 8	23 98657	23.0	1.776	23 985149	3.357	23 981986		
	8. 1	24 00875	24.0	1.855	24 008615	2.187	24 008438		
1. 2	23 98230	23.0	1.770	23 983770	1.976	23 982660			
2. 3	23 99304	23.0	1.777	24 003717	1.976	23 999733			
3. 4	24 00100	26.0	1.909	24 005031	1.097	24 003915			
4. 5	23 99906	24.5	1.893	23 997651	6.54	23 997290			
5. C	23 97411	24.5	1.893	23 996807	174	23 995829	547 869483		
Ocho. 1.	C. 1	23 99662	19.5	1.366	23 992420	0.311	23 991815		Hito N <sup>o</sup> 3
	1. 2	24 00399	18.5	1.430	24 010133	726	24 009591		
	2. 3	24 00925	18.7	1.415	24 009625	1.976	23 999778		
	3. 4	23 98379	20.0	1.511	23 983311	1.211	23 982623		
	4. 5	24 00533	18.0	1.311	24 006621	1.120	24 005801		
	5. 6	24 00925	18.0	1.391	24 010621	3.028	24 009013		
	6. 7	23 99335	17.5	1.332	23 994902	4.224	23 990638		
	7. 8	24 00053	19.2	1.484	24 002011	4.167	23 997847		
	8. 1	23 97844	19.5	1.595	23 979044	4.524	23 975124		
	1. 2	24 01342	18.7	1.476	24 014800	2.958	24 011908		
	2. 3	23 99225	17.1	1.367	23 993617	3.225	23 990352		
	3. 4	23 99965	18.0	1.360	23 999000	4.130	23 997900		
	4. 5	23 99322	18.0	1.301	23 993611	5.719	23 988032		
	5. 6	24 01139	19.0	1.360	24 011830	2.227	24 009572		
	6. 7	23 98697	19.0	1.368	23 990138	1.348	23 985790		
	7. 8	23 97592	21.5	1.667	23 997314	7.042	23 990539		
	8. 1	24 01754	21.2	1.649	24 010279	5.922	24 013587		
1. 2	23 97694	20.2	1.359	23 978840	2.931	23 975566			
2. 3	24 01153	20.0	1.346	24 013070	3.274	24 008302			
3. C	24 00399	20.5	1.384	24 001574	5.789	23 998785	470 022073		
Ocho. 2.	C. 1	24 00144	18.5	1.396	24 002638	7.020	24 005618		Hito N <sup>o</sup> 3
	1. 2	23 98164	18.0	1.358	23 981798	3.874	23 980924		
	2. 3	23 98034	20.5	1.484	23 980043	2.993	23 979239		
	3. 4	24 01143	19.0	1.459	24 012800	2.689	24 000219		
	4. 5	23 98579	19.5	1.506	23 982600	2.140	23 985136		
	5. 6	24 00650	20.0	1.516	24 006000	1.885	24 006728		
	6. 7	24 01007	23.0	1.728	24 011418	7.59	24 011089		
	7. 8	23 97044	21.5	1.619	23 972509	1.925	23 970574		
	8. 1	24 01310	23.7	1.811	24 014934	1.385	24 013547		
	1. 2	23 97280	22.5	1.816	23 999016	1.614	23 994602		
	2. 3	23 96480	25.2	1.915	23 966745	2.960	23 963784		
3. 4	24 011298	24.0	1.856	24 014830	1.095	24 012841			
4. 5	24 00608	23.7	1.832	24 007912	2.675	24 005237			

Fechas	Tramos	L <sub>1</sub>	i	Corrección de dilatación	Valor corregido de la dilatación	Corrección de inclinación	Horizonte I <sub>2</sub>	Sumas por jornadas	Observaciones
		m	±	± mm	m	m/m	m	m	
Sibre, 23	4 - 5	24.00440	11.0	0.262	24.004663	2.369	24.002293		Hilo N° 1.
	3 - 4	23.98591	14.5	0.271	23.985281	2.519	23.982562		
	4 - 5	23.99137	14.2	0.265	23.991636	2.519	23.991117		
	5 - 6	24.03152	14.0	0.252	24.031784	3.125	24.026131		
	6 - 7	23.96765	15.0	0.280	23.967940	2.381	23.965559		
	7 - 8	24.00255	16.0	0.290	24.002849	2.027	24.000868		
	8 - 1	24.00722	16.0	0.300	24.007520	3.200	24.007200		
	1 - 2	23.99194	16.5	0.300	23.991449	3.528	23.988601		
	2 - 3	24.00800	17.0	0.305	24.008918	3.694	24.005824		
	3 - 4	23.97973	18.0	0.337	23.979667	1.662	23.976015		
	4 - 5	24.01721	19.5	0.363	24.017005	2.145	24.010460		
	5 - 6	23.97997	19.5	0.363	23.979935	3.673	23.976662		
	6 - 7	23.99176	19.0	0.355	23.992135	1.244	23.990471		
	7 - 8	24.00237	19.0	0.350	24.002769	6.637	23.994890		
	8 - 1	23.99127	19.7	0.360	24.001639	4.875	23.990460		
	1 - 2	24.01189	20.0	0.375	24.015563	4.875	24.010390		
	2 - 3	23.98967	20.5	0.381	23.990033	4.377	23.985476		
3 - 4	24.00762	22.0	0.412	24.008032	5.365	24.002927			
4 - 5	23.99110	22.5	0.421	23.991321	3.668	23.987913			
5 - 6	23.99846	25.0	0.468	23.998928	3.330	23.995398			
6 - 7	23.99552	24.5	0.438	23.995918	3.685	23.992293			
7 - C	24.00047	24.5	0.450	24.000729	2.037	24.000869	575 862000		
Sibre, 24	C - 1	23.99212	20.0	0.374	23.992494	2.120	23.990368		Hilo N° 1
	1 - 2	24.00603	19.0	0.376	24.006386	5.148	24.000028		
	2 - C	24.3860	22.5		24.386000	3.499	24.37101	30.428507	

SUMA DE LA IDA: 4275.00249937

## Regreso

Sibre 26	C - 1	24.04850	17.4	0.711	24.049211	5.719	24.043492		Hilo N° 4
	1 - 2	23.98659	19.5	0.803	23.987304	4.350	23.982954		
	2 - 3	24.00719	23.0	0.950	24.008140	1.252	24.006888		
	3 - 4	24.00547	24.0	0.991	24.006461	3.880	24.003572		
	4 - 5	23.99442	23.5	0.979	23.995319	3.393	23.991815		
	5 - 6	23.99667	22.5	0.920	23.997597	4.766	23.992832		
	6 - 7	23.99355	25.5	1.032	23.994582	4.594	23.990073		
	7 - 8	24.00085	27.5	1.136	24.001986	5.764	24.000222		
	8 - 1	23.98017	26.7	1.102	23.980272	3.948	23.980326		
	1 - 2	23.99879	27.5	1.135	23.999315	4.220	23.995386		
	2 - 3	24.00764	25.2	1.010	24.008600	3.998	24.004682		
	3 - 4	23.98220	24.0	0.900	23.983250	4.810	23.980210		
	4 - 5	23.93923	25.0	1.020	23.940259	4.602	23.936507		
5 - 6	24.00571	23.0	1.002	24.006712	2.038	24.003956			
6 - 7	24.00015	24.7	1.020	24.001170	1.057	24.000113			
7 - 8	24.01299	24.0	0.917	24.013981	8.220	24.005532			
8 - 1	23.97321	24.0	0.900	23.974200	6.870	23.970330			
1 - 2	23.99771	23.7	0.978	23.998688	3	23.995685			
2 - 3	23.98160	24.7	1.019	23.982709	985	23.981722			
3 - C	23.99478	25.0	1.032	23.995812	3.949	23.991863	479.927187		

Fechas	Tramos	L	t	Corrección	Valor corregi-	Corrección	Horizonte	Sumas por	Observaciones
				de dilatación	do de la dilatación	de inclinación		jornadas	
		m	t	m/m	m	m/m	m	m	
Otbre. 2	5 - 6	24 00962	22.0	1.594	24 011331	8.110	24 003202		
	6 - 7	23 91748	25.0	1.947	24 010207	3.393	23 943314		
	7 - 8	24 02717	24.7	1.911	24 020387	4 920	24 024461		
	8 - 1	23 99953	21.0	1.523	24 001153	0 380	23 994773		
	1 - 2	24 01978	21.5	1.603	24 001443	5 232	24 016211		
	2 - 3	23 99293	21.0	1.851	24 014784	0 307	23 988277		
	3 - 4	23 99790	23.0	1.775	23 971475	7 675	23 963800		
	4 - 5	24 02401	23.0	1.439	24 025944	4 070	24 021295		
	5 - C	23 98955	25.0	1 930	23 982180	6 612	23 975838	527.873112	
	Otbre 3	C - 1	23 98530	10.5	1.566	23 986806	13 869	23 973237	
1 - 2		23 99668	20.0	1.545	23 997695	4 384	23 993341		
2 - 3		24 00099	21.0	1.623	24 000403	7 041	23 995577		
3 - 4		23 98280	20.0	1.583	23 981183	8 716	23 975007		
4 - 5		24 02628	20.5	1.856	24 027569	1 500	24 026300		
5 - 6		23 99020	25.5	1.815	23 992215	8 474	23 985741		
6 - 7		23 99511	21.2	1 629	23 996743	4 500	23 992742		
7 - 8		23 99511	21.0	1 623	23 997733	2 463	23 997270		
8 - 1		24 00390	20.0	1 846	24 005410	2 612	24 002854		
1 - 2		23 99585	22.5	1 737	23 993587	1 533	23 970034		
2 - 3		21 91195	21.0	1 855	21 917993	1 493	24 011610		
3 - 4		23 99584	20.7	1 590	23 991419	4 255	23 987184		
4 - 5		24 00150	19.2	1 484	24 003174	5 321	23 996650		
5 - 6		24 00817	21.7	1 677	24 010147	1 680	24 008461		
6 - 7		23 98160	23.0	1 630	23 984799	905	23 982885		
7 - 8		23 99371	27.0	1 686	24 000796	1 873	23 998923		
8 - 1		24 00830	15.0	1 933	24 010233	2 702	24 007531		
1 - 2		23 99340	15.0	1 631	23 986731	2 425	23 984506		
2 - 3	23 98241	23.7	1 810	23 984240	2 890	23 981350			
3 - 4	24 00040	24.5	1 895	24 002292	6 377	23 999970			
4 - 5	24 02629	20.5	1 918	24 008538	7 255	24 001283			
5 - C	24 00366	15.2	1 925	24 003987	1 690	24 000389	527.871746		
Otbre. 6	C - 1	23 99945	21.0	0.590	23 991130	10 710	23 980411		Hilo Nº 4
	1 - 2	24 00824	21.2	1 697	24 008137	10 266	23 998671		
	2 - 3	23 99537	22.0	1 723	23 996903	10 222	23 985871		
	3 - 4	23 99100	23.0	1 735	23 993741	18 901	23 943844		
	4 - 5	24 02847	25.0	1 823	24 029253	11 500	24 017206		
	5 - 6	24 01965	24.5	1 869	24 020456	6 315	24 008956		
	6 - 7	24 07375	23.0	1 788	23 974336	6 515	23 968023		
	7 - 8	23 96670	23.7	1 775	23 967508	4 537	23 963930		
	8 - 1	24 01204	23.0	1 737	24 013607	5 515	24 003182		
	1 - 2	23 99172	24.0	1 800	23 993598	4 802	23 977766		
	2 - 3	24 00767	24.5	1 800	24 008476	5 163	24 001313		
	3 - 4	24 00834	26.5	1 872	24 009212	7 222	24 001809		
	4 - 5	24 00285	21.0	1 812	24 003972	5 198	23 998474		
	5 - 6	23 98116	25.0	1 841	23 981981	5 136	23 976845		
	6 - 7	23 99137	21.7	1 811	23 992181	7 876	23 985465		
	7 - 8	24 01895	23.0	1 822	24 019772	9 713	24 010699		
	8 - 1	24 00975	25.7	1 815	24 010593	6 704	24 003501		
	1 - 2	23 97937	26.5	1 870	23 980240	7 049	23 977531		
2 - 3	24 01140	15.5	1 839	24 012230	6 894	24 005345			
3 - 4	23 99572	24.7	1 811	23 997531	10 918	23 946613			
4 - 5	24 02850	25.0	1 823	24 029343	5 597	24 023726			
5 - C	23 99425	27.0	1 887	23 995137	1 993	23 993144	527.740462		

Fecha	Tramos	L	t	Corrección de Abilatación	Valor corregido de la abilatación	Corrección de inclinación	Horizonte $L_c$	Sumas por jornadas	Observaciones
		m	m	m/m	m	m/m	m	m	
Octbre. 7	C. 1	24.03652	19.0	0.626	24.037120	4.346	24.032606		Hilo No. 2
	1. 2	23.95037	18.7	0.614	23.950984	5.566	23.951143		
	2. 3	24.01000	19.2	0.631	24.010655	4.780	24.007871		
	3. 4	23.97570	19.0	0.624	23.976324	4.933	23.974391		
	4. 5	24.01460	20.5	0.674	24.015354	4.102	24.011202		
	5. 6	23.99594	20.2	0.664	23.996604	5.816	23.990778		
	6. 7	23.98430	20.7	0.680	23.983950	6.069	23.977751		
	7. 8	24.00172	22.7	0.740	24.002466	5.757	23.996470		
	8. 1	24.00958	24.0	0.780	24.010330	6.493	24.004844		
	1. 2	23.99304	23.7	0.739	23.993819	6.506	23.977753		
	2. 3	24.00350	22.0	0.721	24.003314	7.957	24.001317		
	3. 4	23.97963	23.7	0.778	23.980408	5.953	23.974458		
	4. 5	24.00912	25.0	0.822	24.009902	5.572	24.004430		
	5. 6	24.00076	26.0	0.855	24.001015	7.338	23.994277		
	6. 7	23.99999	25.0	0.822	24.000812	5.660	23.993512		
	7. 8	23.98178	25.5	0.838	23.982618	3.430	23.979188		
	8. 1	24.01065	24.7	0.812	24.011462	7.258	24.004204		
1. 2	23.98120	24.0	0.808	23.982028	5.575	23.976593			
2. 3	24.00081	26.0	0.855	24.001665	5.166	24.002407	479.84600		
3. 4	23.99920	25.0	0.822	23.999112	6.870	23.984383			
Octbre. 8	C. 1	23.98198	19.0	0.572	23.983333	7.044	23.977444		Hilo No. 1
	1. 2	24.01200	22.0	0.712	24.013612	6.808	24.007714		
	2. 3	23.99383	22.5	0.724	23.994751	6.356	23.985797		
	3. 4	23.99326	22.5	0.729	23.993719	7.518	23.991700		
	4. 5	24.00002	21.7	0.700	24.000490	4.979	23.986447		
	5. 6	23.99084	22.5	0.721	23.992701	20.223	23.970529		
	6. 7	23.98959	22.7	0.725	23.990015	14.066	23.975919		
	7. 8	24.00182	22.2	0.716	24.002236	6.127	23.996699		
	8. 1	24.00778	20.7	0.688	24.008168	14.292	23.993879		
	1. 2	23.98311	21.2	0.706	23.983506	14.703	23.968773		
	2. 3	24.00258	19.7	0.669	24.002949	8.368	23.994281		
	3. 4	23.97022	20.2	0.678	23.970598	24.660	23.935066		
	4. 5	24.02480	20.2	0.678	24.025238	4.910	24.020319		
	5. 6	23.97297	21.7	0.696	23.973370	4.701	23.968585		
	6. 7	24.03780	23.0	0.731	24.028731	11.487	24.020744		
	7. 8	23.99779	23.0	0.695	23.997255	9.249	23.984009		
	8. 1	23.99883	16.0	0.487	23.999317	25.041	23.974266		
1. 2	24.00929	25.7	0.811	24.000671	7.152	23.999519			
2. 3	24.01043	24.0	0.740	24.010879	7.040	24.008939			
3. 4	23.96703	23.0	0.739	23.967460	10.966	23.956557			
4. 5	24.00736	23.0	0.731	24.007791	5.168	24.000623			
5. 6	23.99160	22.5	0.721	23.992111	11.923	23.980168			
6. 7	24.00635	24.5	0.750	24.006809	16.688	23.990121			
7. 8	23.97843	23.7	0.723	23.978873	26.028	23.952845			
8. 1	24.01021	24.0	0.750	24.010660	8.624	24.011070			
1. 2	23.97320	23.7	0.723	23.973633	8.677	23.970660			
2. 3	23.98452	24.7	0.763	24.010671	16.049	24.000944			
3. 4	23.97786	24.7	0.762	23.978299	21.817	23.969727			
4. 5	23.98478	24.5	0.758	23.985228	7.289	23.977946			
5. 6	24.01667	26.7	0.800	24.011170	4.910	24.006260			
6. C	2.58700	22.0	0.600	2.387000	5.297	2.581504	722.186000		

Suma del Regreso 4273.458365 m



## REDUCCION DE LA BASE

La altitud media de las estaciones se corresponde con la obtenida por la Misión Geodésica Francesa; el elipsoide de referencia debe, por consiguiente, ser el mismo para poder establecer el enlace o concordancia de las operaciones geodésicas entre las de la Misión Geodésica Francesa y las del Servicio Geográfico Militar.

Este elipsoide de referencia tiene por superficie de nivel una altura de 2800 m sobre la del geode, y pasa por el punto situado en la vertical del lugar (Extremo Sur de la Base

de Yaruquí), a 272.861 m sobre la respectiva señal. Por lo demás, este elipsoide es tangente en dicho punto a la superficie de nivel que acaba de indicarse, y su eje menor, paralelo a la línea de los polos de la tierra.

La Sección Geodésica de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, en su segunda Asamblea general que se reunió en Madrid el 7 de Octubre de 1924, definió el *elipsoide de referencia internacional* en función de los dos parámetros siguientes:

1º. Semieje mayor:

$$a = 6\,378\,388 \text{ m}$$

$$\log a = 6.8047\,1093\,4025$$

$$\text{achatamiento} \dots = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297,0} = 0.003\,367\,003\,367 \dots$$

$$\log a = 3.5272\,4355\,0683$$

2º. —Semieje menor:

$$b = 6\,356\,911^{\text{m}}, 946\,128$$

$$\log b = 6.8032\,4619\,5767$$

$$\text{Excentricidad} \quad e^2 = 0.006\,722\,670\,022\,333\,322$$

$$\log e^2 = 3.8275\,4179\,4730$$

Estos datos fueron tomados de la revista «Bulletin Geodésique», de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, N.º 12, Octubre–Noviembre–Diciembre de 1926, pág. 213.

Nuestros cálculos están basados en los parámetros del *elipsoide internacional de referencia* arriba insertos y que difieren de los calculados por Bessel (1841):

$$a = 6\,377\,397, 155 \text{ m} : \quad \log a = 6.804\,6434\,637$$

$$b = 6\,355\,978, 963 \text{ m} : \quad \log b = 6.803\,1892\,239$$

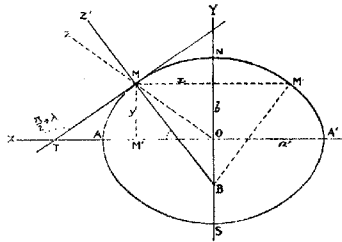
$$a = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{209.15} = 0.003342773181579; \quad \log a = 3.5241669093$$

$$\frac{a^2 - b^2}{a^2} = e^2 = 0.006674372231315; \quad \log e^2 = 3.8243104237.$$

### Cálculos Básicos

En cuanto al cálculo de la gran normal  $N$ , o radio máximo de curvatura (en la sección normal perpendicular al meridiano) y al radio mínimo de curvatura  $\rho$  (en la sección normal meridiana), no hemos hecho sino seguir el procedimiento general, considerando la ecuación de la elipse, cuyos semiejes son  $a$  y  $b$  y sus coordenadas rectangulares  $x$ ,  $y$ , de esta manera:

Fig. 5



Ecuación de la elipse

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad \text{o bien}$$

$$(1) \quad b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2$$

Diferenciando:

$$\frac{2x}{a^2} dx + \frac{2y}{b^2} dy = 0, \quad \text{o bien}$$

$$(2) \quad \frac{dy}{dx} = -\frac{b^2 x}{a^2 y}$$

Si  $\lambda$  es el ángulo de la normal (latitud), es evidente que (Geometría analítica):

$$(3) \quad \frac{dy}{dx} = -\cotg \lambda; \quad \frac{dy}{dx} = -\frac{\cos \lambda}{\sin \lambda};$$

Luego, la ecuación (2) se transformará en

$$\frac{b^2 x}{a^2 y} = \frac{\cos \lambda}{\sin \lambda}, \quad \text{o bien}$$

$$(4) \quad \frac{b^2 x^2}{a^2 y^2} = \frac{a^2 \cos^2 \lambda}{b^2 \sin^2 \lambda},$$

después de multiplicar los dos miembros de la anterior por

$$\frac{x}{y} = \frac{a^2 \cos \lambda}{b^2 \operatorname{sen} \lambda}$$

Tenemos por consiguiente, un sistema de dos ecuaciones (1) y (4) en  $x^2$ ,  $y^2$ :

$$\text{Ecuaciones (5)} \quad \begin{cases} b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2 \\ b^4 x^2 \operatorname{sen}^2 \lambda - a^4 y^2 \cos^2 \lambda = 0 \end{cases}$$

#### a). Cálculo de $x^2$ .

Después de multiplicar la primera ecuación por  $a^2 \cos^2 \lambda$ , se suman las dos ecuaciones y se deduce el valor de  $x^2$ ; así:

$$\begin{aligned} a^2 b^2 x^2 \cos^2 \lambda + b^2 x^2 \operatorname{sen}^2 \lambda + a^2 y^2 \cos^2 \lambda &= a^2 b^2 \cos^2 \lambda + 0 \\ b^2 x^2 (a^2 \cos^2 \lambda + \operatorname{sen}^2 \lambda) &= a^2 b^2 \cos^2 \lambda \\ (6) \quad x^2 &= \frac{a^2 b^2 \cos^2 \lambda}{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda} \end{aligned}$$

#### b). Cálculo de $y^2$ .

Ejecutando operaciones análogas, después de multiplicar la primera ecuación por  $b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda$ , se tiene:

$$(7) \quad y^2 = \frac{b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}$$

### 1º—RADIO DE CURVATURA

Si la Geometría Analítica nos enseña que el radio de curvatura en función de las coordenadas rectangulares es

$$(8) \quad \rho = \frac{\left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{d^2 y / dx^2}$$

no tendríamos sino que reemplazar en esta última igualdad los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= \operatorname{ctg} \lambda : \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 = \operatorname{ctg}^2 \lambda \\ (9) \quad 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 &= 1 + \frac{\cos^2 \lambda}{\operatorname{sen}^2 \lambda} = \frac{\operatorname{sen}^2 \lambda + \cos^2 \lambda}{\operatorname{sen}^2 \lambda} = \frac{1}{\operatorname{sen}^2 \lambda} \\ (10) \quad \frac{d^2 y}{dx^2} &= \frac{-\operatorname{sen} \lambda \operatorname{sen} \lambda + \cos \lambda \cos \lambda}{\operatorname{sen}^4 \lambda} \cdot \frac{d \lambda}{d x} = \frac{-1}{\operatorname{sen}^2 \lambda} \frac{d \lambda}{d x} \end{aligned}$$

pero como en esta última igualdad hay  $\frac{d \lambda}{d x}$ , vamos a calcular previamente su valor recípro-

$\frac{dx}{d\lambda}$  en la ecuación (6), a saber:

$$x = \frac{a^2 \cos \lambda}{\sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}}$$

Calculando la derivada, tenemos:

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{-a^2 \sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda} - a^2 \cos \lambda \cdot \frac{-2a^2 \cos \lambda \operatorname{sen} \lambda + 2b^2 \operatorname{sen} \lambda \cos \lambda}{2\sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}}}{(\sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda})^2}$$

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{-a^2}{(\sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda})^2} \left[ \operatorname{sen} \lambda (a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda) + \cos \lambda (-a^2 + b^2) \operatorname{sen} \lambda \cos \lambda \right]$$

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{-a^2}{(\sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda})^2} b^2 \operatorname{sen} \lambda (\operatorname{sen}^2 \lambda + \cos^2 \lambda)$$

$$\frac{dx}{d\lambda} = \frac{-a^2 b^2 \operatorname{sen} \lambda}{(a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}}$$

luego, sustituyendo en la ecuación (10):

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{\operatorname{sen}^2 \lambda} \frac{(a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}}{a^2 b^2 \operatorname{sen} \lambda}$$

$$[11] \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}}{a^2 b^2 \operatorname{sen}^3 \lambda}$$

Reemplacemos ahora los valores (9) y (11) en la ecuación del radio de curvatura:

$$\rho = \frac{\left[ \frac{a^2}{\operatorname{sen}^2 \lambda} \right]^{\frac{3}{2}} a^2 b^2 \operatorname{sen} \lambda}{\frac{1}{\operatorname{sen}^2 \lambda} (a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}}$$

$$[12] \quad \rho = \frac{a^2 b^2}{[a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda]^{\frac{3}{2}}}$$

### Forma práctica de $\rho$

Sabemos que

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \frac{b^2}{a^2}$$

de donde

$$b^2 = a^2 (1 - e^2); \text{ luego}$$

$$\begin{aligned} a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda &= a^2 \cos^2 \lambda + a^2 (1 - e^2) \operatorname{sen}^2 \lambda \\ &= a^2 \cos^2 \lambda + a^2 \operatorname{sen}^2 \lambda - a^2 e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda \\ &= a^2 (\cos^2 \lambda + \operatorname{sen}^2 \lambda) - a^2 e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda \\ &= a^2 - a^2 e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda \\ &= a^2 (1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda). \end{aligned}$$

Si hacemos:

es claro que

$$(13) \quad r = e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda + W^2; \quad W = \sqrt{r - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}$$

$$\rho = \frac{a^2 a^2 (1 - e^2)}{(a^2 W^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{a^4 (1 - e^2)}{a^3 W^3}$$

$$(14) \quad \rho = \frac{a (1 - e^2)}{W^3} = \frac{a (1 - e^2)}{(r - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}}$$

Véase este valor de  $\rho$  en el «Buletín Geodésique» de la Sección Geodésica y Geofísica Internacional, N.º 12, octubre - noviembre - diciembre 1926, página 214; lo propio, en la obra de la Misión Geodésica Francesa, tomo 3, fascículo 2.º, páginas 80 y 83.

## 2º—GRAN NORMAL O RADIO MAXIMO DE CURVATURA, N.

En la figura 3 tenemos que

$$x = N \cos \lambda; \quad N = \frac{x}{\cos \lambda}$$

luego:

$$N = \frac{a^2 \cos \lambda}{\cos \lambda \sqrt{a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}}$$

$$N = \frac{a^2}{\left[ a^2 (1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda) \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{a^2}{a (1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{1}{2}}}$$

$$(15) \quad N = \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)^{\frac{1}{2}}} = \frac{a}{W}$$

Véanse las citas anteriores.

## 3º—RADIO MEDIO DE CURVATURA, R<sub>m</sub>.

$$R_m = \sqrt{\rho N} = \frac{\sqrt{a^2 (1 - e^2)}}{\sqrt{a^2 (1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda)}} = \frac{a (1 - e^2)^{\frac{1}{2}}}{W}$$

$$(16) \quad R_m = \frac{a (1 - e^2)^{\frac{1}{2}}}{1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}$$

Véase la obra de la Misión Geodésica Francesa, tomo 3, fascículo 2.º, página 80.

## 4º—RADIO DE CURVATURA PARA CUALQUIER AZIMUT, R<sub>a</sub>

Conociendo el radio de curvatura del meridiano  $\rho$  y el radio de curvatura transversal  $N$ , se puede calcular el radio de curvatura  $R_a$  para cualquier azimut  $a$  aplicando la Ley de Euler, establecida en la Geometría Analítica:

$$(17) \quad \frac{r}{R\alpha} = \frac{\cos^2 \alpha}{\rho} + \frac{\operatorname{sen}^2 \alpha}{N}$$

Sabemos que hay dos formas de excentricidades:

$$1^{\text{a}} \text{ forma} \quad e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \frac{b^2}{a^2}; \quad b^2 = a^2(1 - e^2)$$

$$(18) \quad 2^{\text{a}} \text{ forma} \quad e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = \frac{a^2}{b^2} - 1; \quad \frac{a^2}{b^2} = 1 + e'^2,$$

por lo que

$$(19) \quad \frac{a}{b} = \sqrt{1 + e'^2}$$

Si hacemos

$$(20) \quad \frac{a^2}{b} = c,$$

tendremos:

$$a = b \sqrt{1 + e'^2}; \text{ pero } b = \frac{a^2}{c}; \text{ luego}$$

$$a = \frac{a^2}{c} \sqrt{1 + e'^2}, \quad c = a \sqrt{1 + e'^2}$$

$$(21) \quad a = \frac{c}{\sqrt{1 + e'^2}}$$

Además,

$$b = \frac{a}{\sqrt{1 + e'^2}} = \frac{c}{(\sqrt{1 + e'^2})^2}$$

$$(22) \quad b = \frac{c}{1 + e'^2}$$

De aquí se deduce:

$$\begin{aligned} a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda &= \frac{c^2}{1 + e'^2} \cos^2 \lambda + \frac{c^2}{(1 + e'^2)^2} \operatorname{sen}^2 \lambda \\ &= \frac{c^2 (1 + e'^2)^2 \cos^2 \lambda + c^2 (1 + e'^2) \operatorname{sen}^2 \lambda}{(1 + e'^2)^2} \\ &= \frac{c^2 (1 + e'^2) [(1 + e'^2) \cos^2 \lambda + \operatorname{sen}^2 \lambda]}{(1 + e'^2)^2} \\ (23) \quad &= \frac{c^2 (1 + e'^2) \cos^2 \lambda}{(1 + e'^2)^2} \end{aligned}$$

Si hacemos ahora

$$(24) \quad r + e'^2 \cos^2 \lambda = V^2; \quad V = r' \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 \lambda}$$

el valor de  $\rho$  tomará esta nueva forma, tal como puede advertirse en la mencionada obra de la Misión Geodésica Francesa (pág. 80), después de reemplazar los valores anteriores en la igualdad (12):

$$\rho = \frac{c^2}{\left( \frac{c^2 (1 + e'^2 \cos^2 \lambda)}{(1 + e'^2)^2} \right)^{\frac{3}{2}}} - \frac{c^1 (1 + e'^2)^{\frac{3}{2}}}{(1 + e'^2)^3 c^3 r + e'^2 \cos^2 \lambda)^{\frac{3}{2}}}$$

$$(25) \quad \rho = \frac{c}{\sqrt{2}}$$

Por análogo procedimiento,

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{1 + a^2 \cos^2 \lambda + b^2 \operatorname{sen}^2 \lambda}} = \frac{c^2}{\left[ \frac{c^2 (1 + e'^2 \cos^2 \lambda)}{(1 + e'^2)^2} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$N = \frac{c}{(1 + e'^2 \cos^2 \lambda)^{\frac{1}{2}}}$$

$$(26) \quad N = \frac{c}{V}$$

Estas fórmulas se encuentran citadas en la página 80, tomo 3, fascículo 2, de la Misión Geodésica Francesa.

Tomando en cuenta los valores  $\rho$ ,  $N$  y reemplazándolos en la ley de Euler, tenemos:

$$\frac{1}{R a} = \frac{\cos^2 a}{c} \cdot V^3 + \frac{\operatorname{sen}^2 a}{c} \cdot V = \frac{V}{c} [\cos^2 a (1 + e'^2 \cos^2 \lambda) + \operatorname{sen}^2 a]$$

$$= \frac{V}{c} (1 + e'^2 \cos^2 \lambda \cos^2 a)$$

de donde

$$R a = \frac{c}{V} \frac{1}{1 + e'^2 \cos^2 \lambda \cos^2 a}$$

$$R a = \frac{N}{1 + e'^2 \cos^2 \lambda \cos^2 a}$$

Puesto que

$$e'^2 = \frac{c^2}{a^2 - b^2}$$

el valor de  $R a$  será

$$(27) \quad R a = \frac{N (1 - e^2)}{1 - e'^2 \cos^2 \lambda \cos^2 a}$$

Como la latitud es aquí la latitud media  $\delta_m$  de los dos extremos de la Base, tenemos la misma fórmula de la Misión Geodésica Francesa [Tomo 3, fascículo 2, página 83]:

$$R a = \frac{N [1 - e^2]}{1 - e^2 + e^2 \cos^2 \lambda \cos^2 \alpha}$$

en la que

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \lambda)^{1/2}}$$

## 5°—PROYECCIONES DE LOS EXTREMOS DE LA BASE DE YARUQUI Y LINEA GEODESICA

La longitud  $L_1$  de la línea geodésica, compuesta de los segmentos (tramos)  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  horizontales y cuyas alturas con respecto al **elipsoide de referencia** son respectivamente  $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ , debe hallarse comprendida entre las proyecciones de sus dos extremos sobre el elipsoide de referencia. En este caso, el valor total  $L_1$  [proyección] tiene que ser

$$(28) \quad L_1 = l_1 \frac{R a}{R a + H_1} + l_2 \frac{R a}{R a + H_2} + \dots + l_n \frac{R a}{R a + H_n}$$

Efectuando el correspondiente desarrollo y prescindiendo de los términos superiores a  $\frac{H^2}{R^2 a}$  por ser cantidades despreciables, podemos escribir

$$L_1 = l_1 \left( 1 - \frac{H_1}{R a} + \frac{H_1^2}{2 R^2 a} \right) + l_2 \left( 1 - \frac{H_2}{R a} + \frac{H_2^2}{2 R^2 a} \right) + \dots + l_n \left( 1 - \frac{H_n}{R a} + \frac{H_n^2}{2 R^2 a} \right)$$

Los tramos pueden considerarse iguales; y la altitud media  $H_m$  de éstos, de esta manera:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n = \text{suma de los tramos medios}$$

$$H_m = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n}$$

por lo tanto,

$$L_1 = L \left( 1 - \frac{H_m}{R a} + \frac{H_m^2}{2 R^2 a} \right)$$

es decir

$$(29) \quad L_1 - L = \dots L \frac{H_m}{R a} \left( 1 - \frac{H_m}{2 R a} \right)$$

## APLICACIONES

$$1^\circ \text{ Cálculo de } \tilde{N} = \frac{a_0}{(1 - e^2 \sin^2 \lambda_m)^{1/2}}$$

$\log a^2$ .....	3.8275418	$\lambda_m = 0^\circ 10' 3''.476$ latitud media de los dos extremos;
$\log \sin^2 \lambda_m$ .....	6.9224682	$\log \sin^2 \lambda_m = 3.4662341$ (..)
$\log (e^2 \sin^2 \lambda_m)$ .....	8.7600100	
$e^2 \sin^2 \lambda_m$ .....	0.00000057545	
$1 - e^2 \sin^2 \lambda_m$ .....	0.99999942455	
$\log (1 - e^2 \sin^2 \lambda_m)$ .....	1.9999999	
$\frac{1}{2} \log (1 - e^2 \sin^2 \lambda_m)$ .....	1.9999999	



colog $[\frac{1}{2} \log (1 - e^2 \sin^2 \lambda m)]$ .....	0.0000001	} ; $a_0 = 6.378388 m$ ( <i>internacional</i> )
log $a_0$ .....	6.8047109	
log $N$ .....	6.8047100	

2° Cálculo de  $R\alpha = \frac{N (1 - e^2)}{(1 - e^2 \cos^2 \lambda m \cos^2 \alpha)} = \frac{P}{Q}$

e <sup>2</sup> .....	0.00672267	} ; cuadrado de la excentricidad ( <i>internacional</i> )
1 - e <sup>2</sup> .....	0.99327733	
log (1 - e <sup>2</sup> ) .....	1.9970705	} ; log cos $\lambda m = 1.9999981$ (+)
log N .....	6.8047100	
log $\rho$ .....	6.8017875	
log e <sup>2</sup> .....	3.8275418	} ; log cos $\alpha = 1.9747581$ (-) ; $\alpha = 160^{\circ}39'14''.848$ azimut medio de la Base
log cos <sup>2</sup> $\lambda m$ .....	1.9999952	
log cos <sup>2</sup> $\alpha$ .....	1.9195162	
log (e <sup>2</sup> cos <sup>2</sup> $\lambda m$ cos <sup>2</sup> $\alpha$ ) .....	3.7770542	
e <sup>2</sup> cos <sup>2</sup> $\lambda m$ cos <sup>2</sup> $\alpha$ .....	0.00598186	} ; log $P = 6.8017815$
1 - e <sup>2</sup> .....	0.99327733	
Q = 0.9926219		
log Q = 1.9966704		
colog Q = 0.003206		} ; log $R\alpha = 6.8021021$
log P = 6.8017815		
log R $\alpha$ .....		6.8021021

3° Cálculo de  $L_1 - I_1 = -I_2 \frac{Hm}{R\alpha} \left( 1 - \frac{Hm}{2R\alpha} \right)$

$L_1 - I_1 = -S$		
colog 2 .....	1.6939700	} log 2 = 0.3010300
colog R $\alpha$ .....	7.1974979	
log Hm .....	4.4359415	} (-)
log $\frac{Hm}{2R\alpha}$ .....	5.3328094	
$\frac{Hm}{2R\alpha}$ .....	0.000021518	
1 - $\frac{Hm}{2R\alpha}$ .....	1.000021518	

$$\begin{array}{l}
 \log \left( 1 - \frac{H_m}{R\alpha} \right) \dots\dots\dots 0.000093 \\
 \log R\alpha \dots\dots\dots 1.1978979 \\
 \log H_m \dots\dots\dots 2.4359415 \text{ (-)} \\
 \log (L_1) \dots\dots\dots 5.6307587 \text{ (-)} \\
 \log S \dots\dots\dots 1.2646074 \text{ (+)} \\
 S \dots\dots\dots 0.1839709 \\
 \begin{array}{l}
 L = 4273.25115 \text{ m} \\
 S = 0.18397 \\
 L_1 = 4273.43806 \text{ m} \\
 \log L_1 = 3.6307774
 \end{array}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \log \left( 1 - \frac{H_m}{R\alpha} \right) \dots\dots\dots 0.000093 \\ \log R\alpha \dots\dots\dots 1.1978979 \\ \log H_m \dots\dots\dots 2.4359415 \text{ (-)} \\ \log (L_1) \dots\dots\dots 5.6307587 \text{ (-)} \end{array}} \right\} \begin{array}{l}
 \log L = 3.6307587 \text{ Base} \\
 L = 4273.25115 \text{ metros}
 \end{array}$$

$H_m = -272^m,861$  (Altitud media debajo del elipsoide de referencia, adoptado por la Misión Geodésica Francesa correspondiente a 2800m). De manera que la superficie de nivel referida al Término Sur de la Base de Yaruquí pasa por el punto situado en la vertical del centro de la estación Término Sur y a 272,861m sobre la señal del Término Sur.

Reducción de la Base al elipsoide de referencia (M. G. F.)

Base	$\lambda$ m	$\alpha$	$\log R\alpha$	$H_m$	$L_1$	$L_1 - L$	$L_1$	$\log L_1$
Yaruquí	$-6^o16'3''-476$	$16^o09'14''-848$	6.80221021	$-272,861 \text{ m}$	4273.25115 m	$+0.1839709$	4273.43806 m <small>Valor definitivo</small>	3.6307774 <small>Valor definitivo</small>

6º— ERROR RELATIVO

Tomemos la diferencial de la igualdad (29):

$$d(L_1 - L) = \frac{L}{R\alpha} \left( -1 + \frac{H_m}{R\alpha} \right) dH_m$$

El error máximo que puede cometerse en la altitud del Extremo Sur de la Base (medida directamente por el método más preciso que se conoce: la *nivelación geométrica*), no llegó jamás a 0,50 m según el Registro de observaciones y cálculos que se han recopilado desde el Extremo Oeste de la Base de Riobamba hasta el Extremo Sur de la Base de Yaruquí.

Si hacemos, por consiguiente,  $dH_m = 0,50$  m y reemplazamos los valores obtenidos en la igualdad anterior, tenemos:

$$d(L - L_1) = 0,34 \text{ mm}$$

de error relativo para la Base de Yaruquí.

**ADVERTENCIA.** Este es el procedimiento que hemos empleado en los cálculos de la reducción de la Base al *elipsoide de referencia*, en función de los nuevos parámetros del *elipsoide internacional*.

Hemos, a la vez, hecho el desarrollo íntegro de las fórmulas, aplicando un sistema muy sencillo y al alcance de todos, puesto que se trata de una materia un tanto extraña para muchos científicos, por más conocimientos especiales que tengan del análisis matemático. Confiamos, sin embargo, en que estas anotaciones prestarán verdadero auxilio a nuestros Ingenieros Geógrafos para cuando se encarguen de medir otra base geodésica.



**C A P I T U L O   X I**

**COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LOS  
EXTREMOS DE LA BASE DE YARUQUI**



## COORDENADAS GEOGRAFICAS

En la determinación de la latitud y longitud de cada uno de los extremos de la Base de Yaruquí, así como también de la orientación o azimut de la línea geodésica, nos hemos estrictamente ceñido a los métodos más precisos y prácticos en las observaciones y cálculos, como puede colegirse de los cuadros que a continuación se insertan.

Bastaría que se hiciese una simple comparación de éstos con trabajos análogos, publicados por otras instituciones científicas, especialmente por la Misión Geodésica Francesa y por la Misión Geodésica de Pitzburgo, para que se justificara el haber pasado por alto la relación de los procedimientos empleados.

Fuerza será, sin embargo, que asentemos el siguiente hecho: *la latitud* del Extremo Sur de la Base, como elemento principal en el cálculo de las demás coordenadas geográficas, fue obtenida por el método más directo y preciso, *el de las alturas circunmeridianas*, previo conocimiento exacto de la hora local y de la marcha diurna de los cronómetros "Nardin", mediante series de observaciones de las estrellas fundamentales o ecuatoriales; y para no sufrir error alguno en su elección, se trabajó en el mismo campamento seis mapas celestes, entre  $45^{\circ}$ , que nos fueron de utilidad muy grande cada vez que las constelaciones aparecían en la bóveda celeste.

Obtenida la latitud con el máximo de precisión, como se advierte en el respectivo cuadro-resumen, se entró de hecho en el cálculo del azimut y de la longitud, referida ésta al Observatorio de Greenwich (Londres).

Por lo que respecta a la altitud, no debemos

olvidar que la Misión Geodésica Francesa (1899-1906) efectuó la nivelación de precisión desde Salinas hasta el Extremo Oeste de la Base de Riobamba; el Servicio Geográfico Militar no ha hecho sino continuar el mismo trabajo desde este último punto hasta el Extremo Sur de la Base de Yaruquí. La monografía que se prepara sobre la nivelación de precisión en este trayecto se publicará oportunamente.

Las coordenadas *longitud y latitud* del Extremo Norte, así como también el *acimut*, a partir de este punto hacia el Sur, fueron calculadas aplicando las fórmulas de Benoit, adoptadas hoy como internacionales. Es así cómo todas las coordenadas fueron inmediatamente referidas al elipsoide internacional, una vez que se conocieron las simplemente esféricas.

Con respecto a la diferencia de longitud entre el Extremo Sur de la Base y el Observatorio de Greenwich [origen internacional de meridianos], puede decirse que las observaciones fueron en todo y por todo satisfactorias, mediante las señales *radio-horarias*, recibidas de Washington y correspondientes al tiempo civil de Greenwich.

Esta oportunidad nos recuerda la importante labor del señor Mayor de Ingenieros Carlos Pinto, actual Sub Director del Servicio Geográfico Militar, en la consecución de todos los materiales, como antenas y un aparato receptor, para determinar la mencionada diferencia de longitud; y nos recuerda también la asiduidad con que trabajó el señor Teniente Luis Valverde Ramírez en el arreglo de dichos instrumentos y en la recepción de las señales, soportando en silencio las inclemencias del tiempo en noches seguidas de observaciones.

## 1º Marcha diaria de los cronómetros

1931	Astros	T's	T's	Estado	Marcha diaria	
Nbre. 30	♄ Tauri	1 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 33	1 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> 65	+	3 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> 68	+ 6 <sup>s</sup> 19
" "	γ Orionis	1 23 14 27	1 19 57 00	"	3 16 07	" 0 13
" "	K Orionis	1 20 19 55	1 26 1 05	"	3 17 00	" 0 06
" "	α Orionis	1 37 40 01	1 34 24 49	"	3 16 51	" 0 25
Dbre. 1º	α Aquilae	23 43 19 52	23 39 54 59	"	3 25 02	" 5 09
" 2	♄ Tauri	0 14 20 57	0 10 57 55	"	3 29 02	" 0 36
" "	β Orionis	1 11 46 07	1 8 17 05	"	3 29 32	" 0 21
" "	γ Orionis	1 35 22 23	1 31 53 10	"	3 29 02	" 0 20
" "	γ Orionis	1 44 22 42	1 37 57 40	"	3 29 02	" 0 08
" "	α Orionis	2 15 56 61	2 12 37 50	"	3 29 11	" 0 48
" "	γ Pegasi	3 47 0 25	3 48 31 40	"	3 31 88	" 5 33
" 3	♄ Canis Majoris	3 11 0 75	3 7 25 00	"	3 35 75	" 0 30
" 4	α Orionis	3 1 55 73	2 58 14 75	"	3 41 08	" 0 01

### MARCHA DIURNA

Valores	e	e <sup>2</sup>	Errores medios
4 0 <sup>s</sup> 19	- 0.04	0.0016	$m = \frac{\sqrt{\sum e^2}}{n} = \frac{\sqrt{0.3962}}{13} = \pm 0.017$ $M = \frac{m}{\sqrt{13}} = \frac{0.017}{\sqrt{13}} = \pm 0.005$
6 13	- 0.02	0.0004	
6 06	+ 0.00	0.0081	
6 25	- 0.10	0.0100	
5 80	- 0.20	0.0076	
6 30	- 0.21	0.0441	
6 21	- 0.05	0.0036	
6 20	- 0.05	0.0025	
6 08	+ 0.07	0.0049	
6 48	- 0.33	0.1089	
5 83	+ 0.32	0.1024	
6 30	- 0.15	0.0225	
+ 0 01	+ 0.11	0.0121	
Suma	79.99	0.04	0.3962

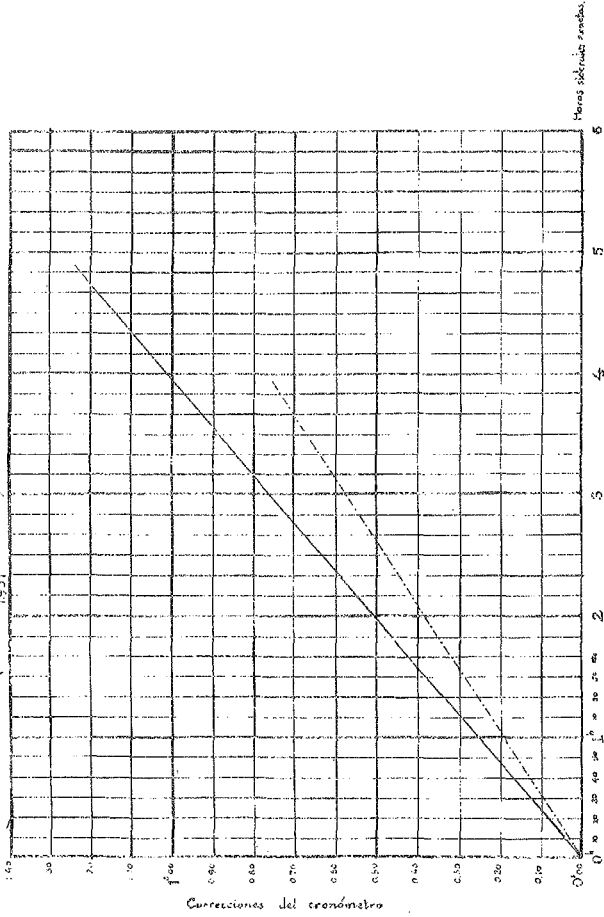
Marcha diaria =  $\frac{79.99}{13} = 6^s 15 \pm 0^s 05$

NOTAS: 1º Si se examina la columna de las diferencias en 24 horas; o marchas diurnas, se advierte que la marcha diurna es *constante y en el mismo sentido*; lo que constituye una de las mejores características del cronómetro con el cual se ha trabajado.

2º El cronómetro, conforme al estado climatérico de la zona, ha soportado cambios bruscos de temperatura, desde 4 hasta 22 grados centígrados a la sombra. Esta causa ha influido en uno que otro retroceso de la marcha, como bien se observa en la columna de los valores, por ejemplo 5.89 y 5.83 que obedecen a bajas temperaturas; pues hubo noches en que las observaciones se hicieron hasta con 4 grados de temperatura.

Lamina No. 111

Gráfico de la marcha diurna  
de los cronómetros de tiempo sideral  
— cronómetro Rankin N° 1199  
- - - - - " " " " " " " " " N° 1202  
" " " " " " " " " (Noviembre 5 - Diciembre 8)  
1951



-- escala de las correcciones del cronómetro = 8 mm para 0'1  
" " " " " " " " " = 24 mm " " "





## Cronómetros de tiempo sideral "Nardin 1199" y "Nardin 1202"

Fecha	"Nardin" 1199	Estado ±	T. verdadero	"Nardin" 1202	Estado	Marcha diurna ±
Nbre. 20	0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup>	+ 3 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> 7 <sup>a</sup>	0 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> 8 <sup>a</sup>	0 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> 0	5 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> 8 <sup>a</sup>	..
Dbre. 1	23 11 28 0	.. 3 24 87	23 14 52 87	23 9 25 4	.. 5 27 47	.. 6 <sup>h</sup> 97
.. 2	23 43 36 1	.. 3 28 75	23 47 4 83	23 41 16 0	.. 5 28 83	.. 1 34
.. 3	23 9 9 0	.. 3 31 80	23 12 43 80	23 7 10 0	.. 5 33 80	.. 5 09
.. 4	23 24 37 0	.. 3 41 08	23 28 18 08	23 24 39 8	.. 5 38 28	.. 4 03
.. 5	23 49 41 0	.. 3 46 78	23 53 27 78	23 47 44 8	.. 5 12 08	.. 4 63
.. 6	23 51 44 0	.. 3 53 83	23 55 37 83	23 49 49 3	.. 5 48 53	.. 5 54
.. 8	0 43 34 0	.. 4 5 84	0 47 39 84	0 41 33 9	.. 5 55 94	.. 3 64

El cronómetro "Nardin 1202" era el único que podía conectarse eléctricamente con el cronógrafo igualmente "Nardin" que reproducía, por medio de puntos perforados en una cinta de papel, el andar de los segundos del mismo cronómetro; mas como su marcha diurna, según el cuadro transcrito, no fue *constante*, hubo necesidad de compararlo con el "Nardin 1199", de marcha regular, un momento antes o después de recibirse las señales *radio-horarias* de Washington correspondientes al tiempo civil de Greenwich, a fin de conocer, previa interpolación, cuál era el estado de su adelanto o atraso con respecto al tiempo sideral verdadero del lugar (meridiano del Extremo Sur de la Base de Yaruquí), y en el mismo instante en que, después de transformarlo al tiempo civil local, debía efectuarse la comparación con la señal horaria de Londres.

## 2º—Ángulos horarios para el cálculo de la Latitud

1931		Astros	DIRECTO															
			T's observado			Estado		T's corregido			AR ascensión recta			t.-AR... T's observado				
			h	m	s	m	±	h	m	s	h	m	s	m	s	s		
Diciembre	2	α Andrómeda	23	56	21.60	3	28.78			23	59	53.38	0	4	51.88	+	4	38.50
"	"	β Ceti	0	3	5.00	3	28.78			0	6	33.78	0	4	51.88	-	1	41.90
"	"	β Ceti	0	34	44.50	3	28.90			0	38	14.40	0	40	11.10	-	1	57.76
"	"	β Andrómeda	0	56	2.50	3	28.98			0	40	4.40	0	40	11.10	"	"	6.76
"	"	α Arietis	1	2	23.00	3	28.98			1	5	51.98	1	5	55.19	"	6	23.71
"	"	α Arietis	1	52	11.20	3	29.18			1	55	49.38	2	3	20.58	"	7	40.20
"	"	α Tauri	1	58	2.80	3	29.18			2	1	31.98	2	3	20.58	"	1	48.00
"	"	α Tauri	1	27	0.50	3	29.08			4	30	39.48	4	32	1.88	"	1	22.40
"	"	α Tauri	1	33	59.00	3	29.08			4	37	28.98	1	32	1.88	"	5	27.10
"	"	γ Aurigae	4	45	37.50	3	30.03			4	49	7.53	4	52	34.79	+	3	27.17
"	"	γ Aurigae	4	52	32.50	2	30.03			4	56	22.53	4	52	34.79	"	3	47.83
"	"	β Orionis	5	0	36.50	3	30.08			5	4	6.58	5	11	17.14	+	7	10.50
"	"	β Orionis	5	7	44.50	3	30.68			5	11	14.58	5	11	17.14	"	0	2.50
"	"	β Ceti	0	36	19.00	3	34.91			0	39	54.01	0	40	14.15	"	"	17.24
"	"	β Andrómeda	1	0	6.50	3	35.39			1	3	47.80	1	5	55.19	-	2	7.39
"	"	β Arietis	1	10	31.50	3	35.45			1	50	0.95	1	50	53.19	"	"	44.44
"	"	α Arietis	1	59	0.50	3	35.55			2	2	36.05	2	3	26.58	"	"	44.53
"	"	α Ceti	2	54	58.80	3	35.75			2	58	34.55	2	58	44.14	"	"	9.59
"	"	α Phenicis	0	19	17.00	3	35.33			0	22	58.33	0	26	56.57	"	3	58.24
"	"	μ Andrómeda	0	48	10.50	3	31.43			0	57	54.93	0	52	58.32	-	1	6.30
"	"	β Phenicis	0	58	11.50	3	41.48			1	1	52.98	1	3	4.54	"	1	11.56
"	"	α Triánguli	1	45	35.00	3	41.63			1	49	16.63	1	49	14.33	"	"	4.30
"	"	θ Bridani	2	51	32.70	3	42.03			2	55	14.73	2	55	49.62	+	"	27.89
"	"	γ "	3	51	4.00	3	42.23			3	54	46.23	3	54	52.43	"	"	6.20
"	"	α Tauri	1	28	5.00	3	42.38			4	31	47.38	4	32	1.90	"	"	14.52
"	"	ι Aurigae	4	48	59.00	3	42.48			4	52	41.48	4	52	34.74	"	"	0.74
"	"	β Orionis	5	8	52.00	3	42.53			5	12	34.53	5	11	17.17	-	1	17.36
"	"	γ "	5	17	59.50	3	42.55			5	21	42.05	5	21	29.92	"	"	12.13
"	"	← "	5	40	23.30	3	42.65			5	44	5.05	5	44	32.07	+	"	26.20
"	"	β "	5	28	3.30	3	42.65			5	57	45.05	5	51	30.32	"	"	15.63
"	"	β Ceti	0	38	17.40	3	46.98			0	44	4.38	0	40	11.14	-	1	53.24
"	"	β Arietis	1	59	42.50	4	6.09			2	3	48.59	2	3	20.57	-	"	28.02

## 2º—Ángulos horarios para el cálculo de la Latitud

1931		Astró	I N V E R S O														
			T's observado			Estado			T's corregido			AR ascensión recta			t—AR—T's observado		
			h	m	s	tu	g		h	m	s	h	m	s	tu	g	s
Diebre.	2	α Andrómeda	23	58	58.9	3	28	78	0	2	27.68	0	4	51.88	+	2	24.20
"	"	"	0	0	40.0	3	28	78	0	4	8.78	0	4	51.88	"	"	43.40
"	"	β Ceti	0	31	44.5	3	28	00	0	35	12.40	0	40	12.10	"	4	58.70
"	"	"	0	30	11.5	3	28	00	0	42	40.40	0	40	11.16	"	2	20.24
"	"	β Andrómeda	0	58	43.5	3	28	08	1	1	52.48	1	5	55.19	"	4	2.71
"	"	"	1	0	20	3	28	08	1	3	30.08	1	5	55.19	"	2	24.21
"	"	α Arietis	1	54	55.9	3	20	18	1	58	25.08	2	3	20.58	"	4	55.50
"	"	"	1	50	8.0	3	20	18	1	59	37.78	2	3	20.58	"	3	43.40
"	"	γ Tauri	4	20	23.5	3	20	08	4	32	53.48	4	32	1.88	—	"	51.60
"	"	"	4	31	26.5	3	20	08	4	34	50.48	4	32	1.88	—	2	54.60
"	"	ι Anrigae	4	45	50.0	3	30	03	4	52	20.03	4	52	34.70	+	"	15.77
"	"	"	4	50	20.0	3	30	03	4	53	50.03	4	52	24.70	"	1	15.33
"	"	β Orionis	5	3	24.5	3	30	08	5	6	54.58	5	11	17.14	+	4	22.50
"	"	"	5	4	52.0	3	30	08	5	8	22.08	5	11	17.14	+	2	55.06
"	"	β Ceti	0	38	56.0	3	31	01	0	42	30.01	0	40	11.15	—	2	10.76
"	"	β Andrómeda	1	2	57.0	3	35	30	1	0	32.30	1	5	35.19	—	"	37.11
"	"	α Arietis	4	49	15.9	3	35	45	1	52	51.35	1	50	33.19	—	1	58.16
"	"	α Arietis	2	1	15.0	3	35	55	2	5	10.55	2	3	20.58	—	1	49.97
"	"	α Ceti	2	57	25.0	3	35	75	3	1	0.75	2	58	44.14	—	2	10.61
"	"	α Phoenicis	0	23	33.0	3	41	33	0	20	14.33	0	26	56.57	+	"	42.24
"	"	μ Andrómeda	0	51	17.0	3	41	43	0	54	58.43	0	52	58.42	—	2	0.11
"	"	β Phoenicis	1	0	44.5	3	41	48	1	4	25.98	1	3	4.54	—	1	21.44
"	"	α Trianguli	1	48	36.0	3	41	03	1	52	11.03	1	49	12.33	—	2	59.30
"	"	θ Kridani	2	51	17.0	3	42	03	2	57	59.03	2	55	42.62	—	2	16.41
"	"	γ ..	3	53	29.0	3	42	23	3	57	11.23	3	54	58.43	—	2	18.80
"	"	γ Tauri	4	34	37.0	3	42	38	4	30	13.38	4	32	1.00	—	4	14.48
"	"	ι Anrigae	4	51	47.0	3	42	48	4	55	29.48	4	52	34.74	—	2	54.74
"	"	β Orionis	5	11	36.0	3	42	53	5	15	18.53	5	11	17.17	—	4	1.36
"	"	γ ..	5	20	24.4	3	42	55	5	24	5.95	5	21	20.02	—	2	36.03
"	"	γ ..	5	43	22.0	3	42	65	5	47	4.05	5	41	32.21	—	2	32.44
"	"	α ..	5	50	43.0	3	42	65	5	52	26.55	5	51	30.32	—	2	50.23
"	"	β Ceti	0	41	9.5	3	40	08	0	41	56.48	0	40	11.14	—	4	45.34
"	"	α Arietis	2	2	26.5	4	0	00	2	6	32.59	2	3	20.57	—	3	12.02

En las reducciones al meridiano hay que tomar previamente en cuenta si las observaciones directas e inversas fueron hechas, ambas a dos, o bien antes del meridiano o bien después del meridiano; y si no, cuál de ellas, antes o después del meridiano. Averiguada que fue la marcha del cronómetro, se sabía de antemano cuál de las dos posiciones del anteojo, en el momento de la observación, correspondía al instante anterior o posterior del astro con respecto al meridiano del lugar, esto es, del que pasaba por el Extremo Sur de la Base.

En esta virtud el ángulo horario *t* es *positivo* antes del meridiano y *negativo* en el caso contrario, para efectuar las correspondientes reducciones en el cálculo de la *latitud*.

### 3a. LATITUD DEL

Posici <sup>o</sup> del círculo	Astros	Ts		T's Verdadero	t	AR.	Ts'	Círculo vertical	CORRECCIONES		
		(Observaciones)							Microps.	Nivel	Reducción al meridiano.
D	α Andromedae	23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> 60	24 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	24 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> 38	1	4 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> 50	208 <sup>o</sup> 57' 2" 00	208 <sup>o</sup> 55' 41" 80	+ 0.02	7.57	88 <sup>o</sup> 15'
..		0 3	5.00	0. 6	33. 78	1.	41. 90		208 <sup>o</sup> 55' 41" 80	.. 0.01	9.45
D	β Ceti	0 34 44. 50	0 38 13. 40	0 38 13. 40	1	57. 76	198 12 17 00	198 11 51 00	.. 0.04	+ 5.36	23. 03
..		0 36 35. 50	0 40 4 40	0 40 4 40	1	6. 76		198 11 51 00	.. 0.04		0. 06
D	β Andromedae	0 56 2. 50	0 59 31. 48	0 59 31. 48	1	6. 23. 71	215 30 1 00	215 28 11 00	.. 0.00	5.36	113. 00
..		1 2 23 00	1 5 51 08	1 5 51 08	1	3. 21		215 28 11 00	.. 0.00	8.63	1. 41
D	α Arietis	1 52 11 20	1 55 40. 38	1 55 40. 38	1	7 40 20	203 25 54 00	203 21 34 50	.. 0.02	- 13.08	267. 77
..		1 58 2 80	2 42 31. 08	2 42 31. 08	1	48. 60		203 21 34 50	.. 0.03	- 11.73	14. 65
D	α Tauri	4 27 9. 50	4 30 39. 48	4 30 39. 48	1	22 40	196 35 53 00	196 35 53 00	.. 0.02	- 17.63	12. 49
..		4 33 59. 00	4 37 48. 98	4 37 48. 98	1	5. 27. 10		196 38 54 70	.. 0.08	- 13.39	106. 11
D	δ Aurigae	4 45 27 50	4 49 7. 53	4 49 7. 53	1	27. 17	213 17 38 10	213 17 52 40	.. 0.05	- 12.33	35. 68
..		4 52 52. 50	4 59 22. 53	4 59 22. 53	1	3. 47. 83		213 17 52 40	.. 0.06	- 15.51	43. 27
D	β Orionis	5 0 36. 50	5 4 6 58	5 4 6 58	1	7. 10. 56	171 45 50 70	171 45 50 70	.. 0.02	- 10.76	702. 26
..		5 7 44. 50	5 11 14. 56	5 11 14. 56	1	0. 2 56		171 57 11 10	.. 0.01	- 2.57	7. 43
D	β Ceti	6 36 19 00	6 39 53. 91	6 39 53. 91	1	7. 24	161 50 43 40	161 50 43 40	.. 0.03	1.73	0. 49
..		6 38 56. 00	6 42 36. 92	6 42 36. 92	1	49. 76		198 11 51 00	.. 0.07		32. 39
D	β Andromedae	1 0 6. 50	1 3 47. 80	1 3 47. 80	1	2 7. 30	215 27 40 50	215 27 40 50	.. 0.11	+ 1.97	12. 46
..		1 2 57. 00	1 6 32. 30	1 6 32. 30	1	37. 11		144 34 26 60	.. 0.18		1. 06
D	β Arietis	1 46 34 50	1 50 9 05	1 50 9 05	1	0 43 24	200 40 44 50	200 40 44 50	.. 0.03	0.07	2. 71
..		1 49 16. 00	1 52 51 35	1 52 51 35	1	58 16		159 21 2 30	.. 0.04		19 31
D	α Arietis	1 59 0. 50	2 2 36 05	2 2 36 05	1	44 53	203 20 37 40	203 20 37 40	.. 0.02	- 4.47	2. 51
..		2 1 35. 00	2 5 10. 55	2 5 10. 55	1	49. 97		156 41 11 70	.. 0.08		15. 32
D	α Ceti	2 54 58. 80	2 58 44 14	2 58 44 14	1	0 9 59	184 1 45 00	184 1 45 00	.. 0.07	+ 3.03	0. 57
..		2 57 25. 00	3 1 0. 75	3 1 0. 75	1	2. 16. 61		175 57 57 90	.. 0.12		144. 24
D	α Fenicis	0 19 17. 00	0 22 58. 13	0 22 58. 13	1	3. 58. 24	137 32 11 00	137 32 11 00	.. 0.22	.. 0.61	+ 11. 68
..		0 22 53. 00	0 26 14. 33	0 26 14. 33	1	0 42. 44		222 30 20 70	.. 0.05		1. 06
D	μ Andromedae	0 48 10. 50	0 51 51. 93	0 51 51. 93	1	0 39	218 20 26 30	218 20 26 30	- 0.04	- 10.21	3. 06
..		0 51 17. 00	0 54 58. 43	0 54 58. 43	1	0 11		141 12 49 40	- 0.27		+ 9. 97
D	β Fenicis	0 58 11 50	1 1 52. 08	1 1 52. 08	1	11. 56	133 8 22 20	133 8 22 20	.. 0.34	- 7.33	+ 2. 60
..		1 0 44. 50	1 4 25. 08	1 4 25. 08	1	21. 44		121 44 48 80	- 0.48		+ 4. 07
D	α Trianguli	1 45 35. 00	1 49 16. 63	1 49 16. 63	1	0 4 30	209 27 5 10	209 27 5 10	- 0.21	1.82	0. 02
..		1 48 30. 00	1 52 11. 63	1 52 11. 63	1	2. 59. 30		150 34 52 30	- 0.49		+ 31. 12
D	θ Eridani	2 51 32. 70	2 55 14. 73	2 55 14. 73	1	0 27. 89	139 38 10 10	139 38 10 10	.. 0.32	+ 5.01	0. 50
..		2 51 17. 00	2 57 59. 03	2 57 59. 03	1	2. 16 47		220 24 23 00	.. 0.44		11. 93
D	γ Eridani	3 51 4. 00	3 54 46. 23	3 54 46. 23	1	0 6. 20	166 30 36 80	166 30 36 80	- 0.06		0. 08
..		3 53 29. 00	3 57 11. 23	3 57 11. 23	1	2. 18. 18		193 32 30 30	- 0.25		43. 68
D	α Tauri	4 28 5. 00	4 31 47. 38	4 31 47. 38	1	0 14. 52	106 34 51 00	106 34 51 00	.. 0.49	.. 2.70	0. 97
..		4 32 31. 00	4 36 14. 38	4 36 14. 38	1	11. 48		163 25 56 30	- 0.09		+ 115. 97
D	δ Aurigae	4 48 59. 00	4 52 41. 48	4 52 41. 48	1	0 6. 74	213 15 43 40	213 15 43 40	- 0.07	- 1.82	0. 03
..		4 51 47. 00	4 55 29. 48	4 55 29. 48	1	2 54. 74		146 46 19 70	- 0.13		25. 45

# EXTREMO SUR

Lecturas corregidas	Medias	Cenit instrumental	Za simples	Refracciones	Z corregidas	$\delta$ declinaciones	$\lambda$ latitudes
208 <sup>0</sup> 55' 26" 30 208 55 22.09	288 <sup>5</sup> 3' 43" 27 28 55 39.06	180 <sup>0</sup> 1' 43" 03	28 <sup>0</sup> 53' 41" 16	+ 31" 80 + 27.71 + 23.63	-- 280 54' 8" 87	+ 280 42' 51" 89	-- 0 <sup>0</sup> 11' 16" 98
198 12 45.43 198 11 51.60	18 11 2 40 18 10 8 57	180 1 43.03	18. 10. 35.48	+ 14.04 + 14.03	1 18. 10. 49.51	18. 21. 37.73	-- 0 10 48.22
215 28 2.64 215 28 1.02	35 26 20 10 35 26 18.48	180 1 42.54	35. 26. 19.29	+ 30.49 + 30.49	-- 35. 26. 49.76	+ 35. 15. 50.05	-- 0 10 59.71
203 21 13.16 203 21 8.15	23 19 24 53 23 19 19.52	180 1 48.03	23. 19. 22.02	+ 18.71 + 18.68 + 18.60	23. 19 40.70	+ 23 8 40.04	0 11 0.06
196 35 22.90 196 35 25.28	16 33 28 35 16 33 30.73	180 1 54.55	16. 33. 29 54	+ 22.94 + 12.97	-- 16. 33. 42.49	+ 16. 22. 36.98	-- 0 11 5 51
213 16 50.14 213 16 58.08	33 14 55.59 33 15 4.13	180 1 54 55	33. 14. 54.86	+ 28 55 + 28 55	33. 15. 28 41	+ 33. 3 46.40	-- 0 11 12.01
171 57 23.22 171 57 15.70	8 5 1.02 8 5 7.54	180 2 23.24	8. 5. 4.28	+ 6.29 + 6.94	1 8. 5. 10.89	-- 8. 16. 37.84	-- 0 11 21.95
161 59 42.19 168 12 23.32	18 10 33.33 18 11 7.80	180 1 15 52	18. 10. 20.56	+ 14.11	1 18. 11. 4.67	18. 21 37.85	-- 0 10 33.18
215 27 30.12 144 34 22.84	35 26 26.46 35 26 35.32	180 1 3.16	35. 26. 31.14	+ 30.68	-- 35. 27. 1.82	+ 35. 15. 50.14	-- 0 11 11.68
200 40 39.15 159 21 21.57	20 39 35.99 20 39 41.59	180 1 3.16	20. 39. 37.79	+ 16.43	20. 39. 54 22	+ 20 28. 44.05	-- 0 11 9.57
203 20 30.50 156 41 27.10	23 19 27 34 23 19 39 06	180 1 3.16	23. 19. 31.70	+ 18 79	23. 19. 50 49	+ 23. 8. 46.68	-- 0 11 9.81
184 1 48.10 176 0 22.26	1 0 51.67 1 0 34.77	180 0 53.43	4. 0. 42.92	+ 3.07	-- 4. 0. 45.99	+ 3. 49. 34.64	-- 0 11 17.35
137 32 23.67 222 30 28.59	42 28 41.80 42 29 23.73	180 1 4.86	42. 29. 2.76	+ 46.92	+ 42. 29. 49.68	-- 42. 40. 41.03	-- 0 10 55.25
218 20 12.99 141 42 59.10	38 19 8 13 38 18 14 76	180 1 4.86	38 18. 41.44	+ 33.97	38. 19. 15.41	+ 38. 8. 3.75	-- 0 11 11.60
133 8 17.13 226 54 41 25	46 52 47.73 40 53 39.39	180 1 4.86	46. 53. 13.56	+ 40.22	+ 16. 53. 53.78	-- 47. 5. 6.50	0 11 12.72
209 27 3.05 159 35 22.93	29 25 23.87 29 26 16.25	180 1 39.18	29. 25. 50.06	+ 24 52	-- 29. 26. 14.58	+ 29. 15. 5.40	-- 0 11 9.18
139 38 16.19 220 21 11.53	40 23 22.09 40 22 32 35	180 1 39.18	40 22. 57.67	+ 36.84	+ 40. 23 34.56	-- 40. 34. 31.43	-- 0 10 50.87
166 30 36.82 193 31 49 37	13 31 2.36 13 30 7.19	180 1 39.18	13. 30. 34.77	+ 10.67	-- 13. 30. 45.44	-- 13. 41. 55.28	-- 0 11 9.84
196 34 55.84 163 27 54.88	16 33 16.66 16 33 44.30	180 1 39.18	16. 33. 30.48	+ 13.00	-- 16. 33 43.57	+ 16. 22. 36.95	0 11 6.62
213 15 41 48 146 46 43.20	33 14 2.30 33 14 55.98	180 1 39.18	33. 14. 29.14	+ 28.86	-- 33. 14. 58 00	+ 33. 3 46 56	-- 0 11 11.44

## LATITUD DEL

Posiciones del círculo	Astros	Ts		I's		t	AR	Ts	Círculo vertical	CORRECCIONES		
		Observadas		Verdadero						Microsp	Nivel	Reducción al Meridiano
		h	m s	h	m s							
D	β Orionis	5 8	54.00	5 12	34.53	- 1	17.36	171 55	30.80	0.05	- 1.57	- 22.91
I		5 11	36.00	5 15	18.53	4	1.36	188 10	38.10	0.03	-	22.53
D	γ Orionis	5 17	50.50	5 21	42.05	- 0	12.43	186 30	2 70	- 0.00	+ 3.33	- 0.79
I		5 20	23.40	5 24	5.95	- 2	30.03	173 30	54.20	- 0.09	-	116.60
D	κ Orionis	5 40	23.30	5 44	5.95	+ 0	26.26	170 31	15.80	0.13	- 1.27	+ 2.27
I		5 43	22.00	5 47	4.65	- 2	32.44	189 32	33.70	- 0.20	-	75.56
D	α Orionis	5 48	3.30	5 51	45.95	- 0	15.03	187 36	15.40	- 0.12	+ 0.36	- 0.98
I		5 50	43.90	5 54	26.55	- 2	56.23	172 24	13.50	0.42	-	127.21
D	β Ceti	0 38	17.40	0 42	4.38	- 1	53.24	161 50	49.50	0.08	+ 4.51	+ 21.46
I		0 41	0.50	0 44	56.48	4	45.34	198 14	7.20	0.41	-	134.96
D	α Arietis	1 59	42.50	2 3	48.59	- 0	28.02	203 31	26.00	0.10	- 14.31	- 1.00
I		2 2	26.50	2 6	32.50	- 3	12.02	156 51	11.60	- 0.08	-	46.68

Si consideramos únicamente los valores cuya diferencia no llega a 10", correspondientes a las estrellas observadas en las mejores condiciones atmosféricas que, en noches seguidas, permitieron contemplar a la simple vista la luminosidad de los astros hasta de cuarta magnitud, la latitud del Extremo Sur de la *Base fundamental* de Yauquí, sería la siguiente:

a) *Valor de la latitud*

λ	e	e <sup>2</sup>
0° 11' 9."18	- 0.08	0.0064
9.84	- 0.74	0.5476
6.62	+ 2.18	0.1504
11.44	- 2.34	5.4756
5.97	+ 3.13	9.7969
8.58	+ 0.52	0.2704
7.09	+ 2.01	4.0401
5.51	+ 3.59	12.8881
11.68	- 2.58	6.6564
9.57	- 0.47	0.2209
9.81	- 0.71	0.5041
11.35	- 2.25	5.0625
11.66	- 2.56	6.5536
Suma	118.30	0.00
Promedio	118.30	- = 9."10
	13	

$$\lambda = - 0^{\circ} 11' 9." 10 \pm 0." 61$$

b) *Errores*

$$m = \sqrt{\frac{e^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{58.173}{12}} = \pm 2." 20$$

$$M = \frac{m}{\sqrt{a}} = \frac{2.20}{\sqrt{13}} = \pm 0." 61$$

## EXTREMO SUR

Lecturas corregidas			Medias			Zenit Instrumental			Za simples			Refracciones			Z corregidas			$\delta$ declinaciones			$\lambda$ latitudes				
o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"	
171	55	52.09	8	5	35.27	180	1	27.36	8	5	20.94	+	6.28	+	8	5	27.22	8	16	33.79	-	0	11	5.97	
188	6	33.97	8	5	6.64																				
186	30	5.24	6	28	47.88	180	1	27.36	6	28	36.60	..	5.03	-	6	28	41.63	+	6	17	33.05	-	0	11	8.58
173	32	52.04	6	28	35.32																				
170	31	16.67	9	30	10.69	180	1	27.36	9	29	59.27	..	7.41	+	9	30	7.30	9	41	21.19	-	0	11	13.83	
189	31	16.64	9	29	49.45																				
187	36	14.16	7	34	47.30	180	1	27.36	7	34	57.00	..	5.88	7	35	2.88	+	7	43	55.79	-	0	11	7.09	
172	26	20.65	7	35	6.71																				
161	51	15.42	18	10	8.68	180	1	24.10	18	10	20.47	..	14.14	+	18	10	34.61	-	18	21	38.08	-	0	11	3.47
198	11	56.37	18	10	32.27																				
203	31	10.59	23	27	29.33	180	3	41.26	23	19	43.35	..	18.53	-	23	20	1.88	+	23	8	40.88	-	0	11	21.00
156	51	43.89	23	11	57.37																				

Si consideramos ahora todos los valores obtenidos, apenas encontramos una diferencia de sólo un segundo en menos con el verdadero, como puede comprobarse por el cálculo: sin embargo, hemos adoptado el primer valor correspondiente a las mejores condiciones atmosféricas en que fueron observadas las estrellas conocidas con el nombre de *fundamentales* o *ecuatoriales*, por tratarse del *elemento básico*, la *latitud*, de cuyo valor depende la exactitud de las otras coordenadas geográficas, tales como la *longitud* y el *asimul*, en las que la latitud interviene como factor principalísimo.



### 4º Acimut de la línea geodésica a partir del Extremo Sur: $\lambda = - 0^\circ 11' 9''.10$

Fecha 1931	ASTROS	Distancias cent. geocent.		Declinaciones		Acimut de los astros		Ángulos: astros y señal		Acimut de la señal [1]	
Debre. 2	$\beta$ Orionis	60	11' 26.61	8	16' 32.66	99	26' 26.96	118	47' 9.04	19	20' 42.68
" "	$\beta$ Orionis	58	42 34. 61	8	16 32. 66	99	34 36. 74	118	55 36. 98	19	20 40. 24
" 3	$\alpha$ Tauri	55	18 5. 45	16	22 26. 84	69	18 23. 30	89	9 9. 47	19	20 16. 17
" "	$\beta$ Orionis	56	16 16. 71	8	16 32. 84	99	50 45. 54	119	11 12. 56	19	20 47. 02
" "	$\alpha$ Orionis	53	32 53. 82	7	23 55. 89	80	38 53. 70	99	59 37. 81	19	20 44. 11
" "	$\alpha$ Canis Majoris	54	31 10. 84	16	37 5. 57	110	25 11. 36	129	45 58. 60	19	20 47. 24
" 4	$\alpha$ Orionis	42	56 43. 26	7	23 55. 79	78	54 4. 46	98	74 46. 31	19	20 41. 85
" "	$\beta$ Orionis	42	48 7. 99	8	16 33. 02	102	1 30. 00	121	22 20. 07	19	20 50. 07
" 5	$\beta$ Orionis	42	49 18. 99	8	16 33. 19	102	1 14. 16	121	21 59. 15	19	20 44. 99
" "	$\gamma$ Orionis	13	40 47. 23	6	20 34. 05	80	35 53. 62	99	56 41. 40	19	20 47. 87
" 6	$\beta$ Orionis	47	12 38. 12	8	16 33. 37	101	8 10. 18	120	28 54. 32	19	20 44. 14
" "	K Orionis	47	43 23. 46	9	41 21. 38	102	58 28. 80	122	19 18. 00	19	20 49. 20

#### a) Azimut

	e	e <sup>2</sup>
19° 20' 42.68	+ 2.785	7.7562
40. 24	+ 5.225	27.3006
46. 17	- 0.705	0.4970
47. 02	- 1.555	2.4180
44. 11	+ 1.355	1.8360
47. 24	- 1.775	3.1506
41. 85	+ 3.615	13.0682
50. 07	- 4.605	21.2060
44. 99	+ 0.475	0.2250
47. 87	- 2.405	5.7840
44. 14	+ 1.325	1.7556
19° 20' 49. 20	- 3.735	13.9502
Suma	545. 58	0.000
	545. 58	98.9480
Promedio	= 45.9465	
	12	

Azimut = 19° 20' 45.9465 ± 0.86

#### b) Errores

$$m = \sqrt{\frac{[e^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{98.948}{11}} = \pm 2.999$$

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{2.999}{\sqrt{12}} = \pm 0.86$$

[1] Es a partir del origen Norte y en el sentido inverso; por lo que el valor del azimut de la base geodésica correspondiente al Extremo Sur, a partir del origen sur y en el sentido directo, es: 160° 39' 14.535.

## 5º Diferencia de longitud entre el Extremo Sur de la Base geodésica de Yaruquí y Greenwich (Londres)

Fecha 1931	Cronómetro 1202 Ts (1) Extremo Sur	Estado (2)	T's		Tc		Tc		Longitud occidental	
			Extremo Sur		Extremo Sur		Greenwich		en tiempo	en arco
Dbre. 18	3 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> 55	1 0 <sup>m</sup> 38.05	3 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 9.60	21 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 9.44	3 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 30.00	5 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 20.59				
	56.05	0 38.05	3 29 54.70	54.44	55.00	5 13 20.56				
	23 31.81	0 38.05	3 30 9.86	43 9 51	56 30.00	5 13 20 19				
	50.85	0 38.05	3 30 34.90	34.88	52.00	5 13 20.52				
	24 31.99	0 38.05	3 31 10.04	44 8 82	57 30.00	5 13 20.48				
	50.90	0 38.05	3 31 35.01	34.42	55.00	5 13 20.58				
	25 32.44	0 38.05	3 32 10.16	45 9.48	58 30.00	5 13 20.52				
	57.08	0 38.10	3 32 35.18	34.38	55.00	5 13 20.57				
	26 32.30	0 38.10	3 33 10.10	41 9.55	59 30.00	5 13 20.45				
	3 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 52.28	0 38.10	3 33 30.38	21 46 29.48	59 <sup>m</sup> 50.00	5 13 20.52				
						+ 5 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 20.53			+ 78º 20' 7.95	

Valores	V	V²	Errores
20.59	- 0.06	0.0036	$m = \sqrt{\frac{0.0194}{9}} = \pm 0.046$ $M = \frac{0.046}{10} = \pm 0.046$
20.56	- 0.03	0.0009	
20.49	+ 0.04	0.0016	
20.52	+ 0.01	0.0001	
20.48	+ 0.05	0.0025	
20.48	0.05	0.0025	
20.52	+ 0.01	0.0001	
20.57	- 0.04	0.0016	
20.45	+ 0.08	0.0064	
20.52	+ 0.01	0.0001	
+ 5 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 20.53		0.0104	

(1) Estos datos corresponden al levantamiento de la banda del cronógrafo «Nardin», que fue conectado con el cronómetro eléctrico «Nardin» N° 1202 de tiempo sideral.

Los estudios relacionados con la marcha diurna pueden verse en la respectiva hoja. Debido a que ella no era absolutamente constante, quedó, sin embargo, respaldada con la constancia del andar del cronómetro N° 1199, igualmente, de tiempo sideral, y, por lo mismo, adoptado éste como patrón de todas las observaciones celestes que se hicieron, así como también en las comparaciones y coincidencias para el estudio del estado y marcha diurna de los demás cronómetros. La banda lleva esta leyenda: «Base Geodésica de Yaruquí; longitud Occidental del Extremo Sur con respecto al meridiano de Greenwich y Oriental con respecto al de Quito (Observatorio Astronómico)».

(2) Los estados fueron obtenidos previa comparación con el cronómetro «Nardin 1199», cuya marcha diurna se consideró como constante, deducida de las observaciones de las mismas estrellas.

## Leyendas:

a) **Al principio de la banda:** Tiempo sideral registrado por el cronógrafo «Nardin» en conexión con el cronómetro eléctrico de tiempo sideral «Nardin 1202»:  $3^h 21^m 0^s$ .— Los demás detalles véanse al final de esta banda.—(L.) *Tufiño*.— Tiempo civil de Greenwich registrado por el cronógrafo «Nardin»,  $2^h 55^m 30^s$ .

b) **Al final de la banda:** Fin del registro  $55^s$  por el cronómetro «Nardin» del tiempo civil de Greenwich.—Tiempo sideral registrado por el cronógrafo «Nardin»,  $3^h 27^m 0^s$ , deducido de las observaciones efectuadas en el Extremo Sur de la Base de Yaruquí. Estas operaciones se efectuaron el 18 de Diciembre de 1931, por medio de señales horarias, radiotelegráficas, enviadas por la estación Arlington (NAA) Washington: señales correspondientes al tiempo civil de Greenwich. En el Extremo Sur de la Base de Yaruquí se instalaron los aparatos necesarios para la recepción de las señales horarias radiotelegráficas. La Comisión del radio fue presidida por el Alférez Luis Valverde R. del Batallón de Ingenieros N° 2 «Chimborazo». Dicho Alférez actuó de operador y arregló el aparato para la onda moderada de  $74.7^m$ .—El Jefe de la División Geodésica, Don Luis G. Tufiño, efectuó todas las conexiones eléctricas y el mismo fue quien puso en práctica todo lo relacionado con el mejor éxito de la reproducción de las señales horarias en el cronógrafo «Nardin», ayudado por su Ayudante, Rafael A. Hidalgo, Topógrafo Primero del Servicio Geográfico Militar. El levantamiento del gráfico de las señales se encuentra en la respectiva hoja.—Quito, Observatorio Astronómico, a 31 de Diciembre de 1931.—El Jefe de la División Geodésica.—(L.) *Luis G. Tufiño*.—El Topógrafo Primero del Servicio Geográfico Militar.—(L.) *Rafael A. Hidalgo C.*

## 6°— RESUMEN GENERAL

Latitud	Longitud
Término Norte = $- 0^{\circ} 8' 57''842$	+ $78^{\circ} 20' 53''707$
Término Sur = $- 0 11 9.111$	+ $78 20 7.950$

### Altitudes

Término Norte =	2442.269 m
Término Sur =	2527.139 m
Diferencia =	84.870 m

Azimut	Directo	Inverso
Término Norte — Término Sur =	$340^{\circ} 39' 15''005$	$160^{\circ} 39' 14''692$
Angulo de convergencia . . . . . =		$\gamma = 0.313$

### Extensión de la Base

Medición directa . . . . . =	4273.25415 m ; log = 3.6307587
Extensión reducida al elipsoide de	
referencia . . . . . =	4273.43806 m ; log = 3.6307774



## CONCLUSION

No terminaré esta Memoria sin dejar aquí constancia de mi gratitud franca y sencilla para el personal de la División Geodésica, que contribuyó con su contingente a dar cima a una obra de tanto esfuerzo como es la medición de una base geodésica.

Que pusieron todos, civiles como militares, su mayor afán en la adquisición de un conocimiento más en el ilimitado campo de las investigaciones científicas, especialmente, en el del difícil ramo de la Ingeniería Geográfica, no cabe dudarlo; tanto más cuanto que, con motivo de la medición de la Base de Yaruquí, les fue dable comprobar hasta la evidencia las ventajas que se obtienen acercando a lo teórico cuanto tiempo se puede para dedicarlo a los ejercicios prácticos. Lo que francamente constituye, a mi modo de ver, un grande estímulo para quienes tratan de perfeccionar los conocimientos adquiridos en las escuelas de especialización, así sean extranjeras o nacionales.

Al citar con esta oportunidad los nombres de los señores Teniente Coronel de Ingenieros Ezequiel Rivadeneira; Sargentos Mayo-

res de Ingenieros Francisco J. Latorre, Horacio A. Cantos y Alfredo Picro; Capitanes de Ingenieros Samuel Jarrín y Luis Endara A.; Teniente de Ingenieros Gabriel Náfiez; y Topógrafos Octavio R. Gómez, Rafael A. Hidalgo C., Víctor Manuel Madrid, Armando Guzmán, Luis Zurita, Angel E. Valdez, Luis F. Tobar, Jorge Tamayo y Leonidas F. Gabela R., no quiero sino dar testimonio de mi reconocimiento a sus méritos personales, en las respectivas comisiones en que les correspondió actuar.

Como una justa recompensa a sus grandes esfuerzos, habría yo deseado ofrecerles algo mejor en esta materia, de modo que entre la gravedad de los principios técnicos se sintiese latir, en cada cláusula, el natural y espontáneo sentimiento de justicia y aprecio a la labor de estos esforzados y modestos compatriotas. Acepten, sin embargo, el ofrecimiento, mayor en la voluntad y no en la valía de quien se la da.

Todos los trabajos relacionados con la medición de la Base de Yaruquí tuvieron esta duración: de Febrero a Diciembre de 1931.

El Jefe de la División Geodésica Militar,

**Luis G. Tufiño.**

Quito, Noviembre 29 de 1932.



# SUMARIO

	<u>Páginas</u>
INTRODUCCION .....	5
Personal del Servicio Geográfico Militar que intervino en la medición de la Base de Yaruquí .....	9
Visita Ministerial a los trabajos de la medición de la Base.....	10
Visita Oficial, al Campamento Geográfico de Yaruquí, del Sexto Curso de Ingeniería de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central.....	13

## CAPITULO I

### ESTUDIOS PREVIOS A LA MEDICION DE LA BASE

Reconocimiento del terreno .....	17
----------------------------------	----

## CAPITULO II

### MOVILIZACION DEL PERSONAL Y ALINEACION DE LA BASE GEODESICA

1º.-Preparación de instrumentos y más materiales para efectuar las operaciones previas a la medición de la Base de Yaruquí .....	29
2º.-Trabajos preliminares a la construcción de los extremos de la Base.....	29
3º.-Operaciones preliminares a la alineación de la Base.....	32
4º.-Primer señalamiento de los extremos de la Base .....	35
5º.-Procedimiento Taquimétrico .....	37
6º.-Señales de los Extremos de la Base .....	38
7º.-Construcción de los Extremos de la Base .....	39
8º.-Orientación de los lados del basamento de las señales y de los muros protectores (parte exterior) .....	39
9º.-Coordenadas geográficas provisionales .....	39



**CAPITULO III**  
**MEDICION DE UNA LINEA**

	Páginas
1º.—Consideraciones preliminares .....	45
2º.—Líneas rectas .....	46
3º.—Condiciones especiales de la unidad de medida .....	48

**CAPITULO IV**  
**DOCUMENTOS OFICIALES Y EXPLICACIONES SOBRE LA**  
**DILATACION LINEAL**

1º.—Cálculo de los cambios permanentes o transitorios del acero-níquel "Invar" .....	51
2º.—Certificado de la Oficina Internacional de Pesas & Medidas .....	52
3º.—Explicaciones sobre la dilatación lineal .....	52
4º.—Cálculo práctico de la dilatación lineal .....	54

**CAPITULO V**  
**RESEÑA HISTORICA SOBRE LOS APARATOS PARA MEDIR**  
**BASES GEODESICAS**

Primer período .....	59
Segundo período .....	59
Tercer período .....	60
Aparato Jaderin .....	60

**CAPITULO VI**  
**DESCRIPCION, USO Y MANEJO DE LOS APARATOS "JADERIN"**

1º.—Trípodes y triángulos .....	65
2º.—Nivel auxiliar .....	65
3º.—Pínula .....	65
4º.—Indices móviles .....	66
5º.—Trípodes-tensores .....	67
6º.—Centrador e índice de fin de jornada .....	68
7º.—Índice de referencia considerado como fin de jornada .....	68
8º.—El índice de fin de jornada considerado ahora como comienzo de jornada .....	70
9º.—Instrumento centrador .....	70
10º.—Gálibo .....	72
11º.—Miras de cinta metálica "Invar" .....	74

## CAPITULO VII

### ESTUDIOS DEL NIVEL "BARTHELEMY"

	Páginas
1º.—Partes principales .....	77
2º.— Correcciones .....	77
3º.— Manipulación de los prismas del nivel .....	81
4º.— Momento en que deben efectuarse las lecturas de mira .....	81
5º.—Razón científica de este método .....	82
6º.—Reducción al horizonte de la longitud medida con el hilo "Invar".....	82
7º.—Operaciones .....	88

## CAPITULO VIII

### METODO EMPLEADO EN LA MEDICION DE LOS TRAMOS DE UNA JORNADA

1º.—Alineación de los tramos y mediciones con el gálibo .....	87
2º.—Orden en la instalación de los tripodes .....	88
3º.—Nivelación de los tramos .....	89
4º.—Medición de los tramos .....	90
5º.—Operaciones finales a la medición de un tramo.....	91
6º.—Arrollamiento y desenrollamiento del hilo "Invar" en su tambor.....	92
7º.—Arranque de las mediciones de la Base en uno de sus extremos y terminación de las mismas en el opuesto .....	92

## CAPITULO IX

### CASOS QUE PUEDEN PRESENTARSE EN LA MEDICION DE LOS TRAMOS

1er. Caso .....	97
2º Caso .....	97
3er. Caso .....	97

## CAPITULO X

### RESUMEN DE LAS MEDICIONES DE LA EXTENSION DE LA BASE DE YARUQUI

Cálculo de la inclinación del hilo "invar" en cada tramo, ida y regreso.....	101
Medición de la Base Geodésica de Yaruquí, ida y regreso .....	105
Reducción de la Base .....	112

	<u>Páginas</u>
Cálculos básicos .....	113
1 <sup>o</sup> .—Radio de curvatura .....	114
Forma práctica de $\rho$ .....	115
2 <sup>o</sup> .—Gran normal o radio máximo de curvatura, $N$ .....	116
3 <sup>o</sup> .—Radio medio de curvatura, $R_m$ .....	116
4 <sup>o</sup> .—Radio de curvatura para cualquier azimut, $R_\alpha$ .....	116
5 <sup>o</sup> .—Proyecciones de los Extremos de la Base de Yaruquí y línea geodésica .....	119
Aplicaciones .....	119
6 <sup>o</sup> .—Error relativo .....	121

## CAPITULO XI

### COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS EXTREMOS DE LA BASE DE YARUQUI

Coordenadas geográficas .....	125
1 <sup>o</sup> .—Marcha de los cronómetros .....	126
Cronómetros de tiempo sideral: Nardin 1199 y Nardin 1202 .....	127
2 <sup>o</sup> .—Ángulos horarios para el cálculo de la Latitud .....	128-129
3 <sup>o</sup> .—Latitud del Extremo Sur .....	130-131
4 <sup>o</sup> .—Azimut de la línea geodésica, a partir del Extremo Sur .....	131
5 <sup>o</sup> .—Diferencia de Longitud entre el Extremo Sur de la Base Geodésica de Yaruquí y Greenwich (Londres) .....	135
Leyendas .....	136
6 <sup>o</sup> .—Resumen General .....	137
Conclusión .....	139

