

# Los trabajos topográficos i jeodésicos de la Oficina de la Carta del Estado Mayor Jeneral

POR

ERNESTO GREVE

---

(Crítica de las conferencias dadas en el Instituto de Ingenieros por los señores Obrecht i Deinert).

---

(Conclusion)

En efecto, el folleto que contiene las conferencias de los señores Obrecht i Deinert da tambien una reproduccion de un certificado del Profesor Helmert, director del Instituto Jeodésico de Prusia, refiriéndose a la medida de la base de Chinihue.

Como no hemos encontrado constancia documentada de que haya sido el Supremo Gobierno el peticionario, tanto mas que el certificado se refiere a la opinion que la merece al distinguido profesor el artículo del señor Deinert, publicado en la revista de jeodesia «*Zeitschrift fuer Vermessungswesen*» i, segun la fecha en que esta revista llegó a Santiago, no habia tiempo para hacer la peticion sino por cable, se deduce que no ha sido el Supremo Gobierno el peticionario.

En las «Conferencias», página 19, se lee ademas lo espuesto por el señor Deinert respecto a los alambres de invar, terribles competidores, del aparato privilegiado de bases, i dice asi: «*Yo tengo una carta del Jefe del Departamento de la Carta en Alemania, Jeneral Matthias en que me comunica que en la medición de la base que se hizo por el aparato de Bessel i despues con alambres de invar, se convenció que las últimas mediciones pueden servir solamente para levantamientos rápidos, pero no para basar sobre ellas una triangulacion de primer orden.*

El señor Medina decia en el congreso científico que los levantamientos son una *industria esencialmente militar*, no es raro pues que, tratándose de cuestiones indus-

triales, el inventor se sienta molesto en contra de los alambres de invar, que no tienen, como el aparato Deinert, privilegio en Chile, Alemania, Francia, Inglaterra, Bélgica i Prusia. Sin embargo, jurídicamente no existe para el nuevo aparato Deinert el tal privilegio, puesto que se le emplea actualmente en una forma mui diversa a la privilegiada.

En el certificado del profesor Helmert se lee lo siguiente: «*La coincidencia de los resultados de diferentes mediciones de la base es excelente i tan buena como en el empleo de aparatos i métodos mucho mas costosos. Es cierto que el nuevo método está, como todos los antiguos, en la misma condicion de que ciertas influencias perjudiciales inevitables alteran la verdadera exactitud.*»

«*Sin embargo, despues de examinar todas estas influencias, creo deber juzgar el resultado igualmente utilizable, como si se hubiera empleado el conocido aparato de Beesel.*»

Un jeodesta mas o ménos orientado en su ramo, se preguntará inmediatamente por qué se comparó el aparato Deinert al de Bessel i no al de Brunner, que es el que emplea el Instituto, del cual el profesor Helmert es director, o con los alambres de invar? El lector lo verá por sí mismo en los párrafos que iremos reproduciendo.

En los informes anuales del Instituto jeodésico, el profesor Helmert ha sido bastante esplicito respecto a los alambres de invar, i en el correspondiente a 1903—1904 (*Jahresbericht des Direktorís des Koeniglichen Geodaetischen Instituts—Potsdam 1904, paj 6*), se dice lo siguiente, al hablar de las mediciones con los citados alambres: «*Los resultados han sido mui favorables ya sea respecto a la precision entre ellos como con respecto a la concordancia son el resultado del Levantamiento Nacional. Ellos muestran que se pueden obtener bases de primer órden con precision suficiente con alambres de invar, siempre que la comparacion de los alambres se haga en una base de comparacion de algunos centenares de metros en la misma forma que las demas medidas, para lo cual no es necesario que la base de comparacion se encuentre en la proximidad de la base por medir*» (62).

Bastaria la simple enumeracion de las bases ya medidas con alambres de invar, para que la antipatia del distinguido conferencista hácia los competidores de su invento quedase a descubierto. En efecto, entre una serie de bases, cuya medida se ha efectuado en las citadas condiciones, tenemos, por ejemplo, la del tñnel del Simplon, en Suiza; las de Belfast, Ottoshoop, Wepener, Kroonstad, Houts River, Pietersburg etc., en Sud Africa; la de Windhuk en las Colonias Alemanas; la de Schubín i Berlín, en Prusia; las de Riobamba, El Vínculo, Tulcan i Paita, en Ecuador; la de Spitzbergen; Alesund, en Suecia; Koitoi, en Japon etc., etc.

Todas estas bases, i una serie de otras de primer órden, han sido medidas con alambres de invar, de forma mas o ménos semejantè, en cuanto a los alambres mis-

(62) Cuando se dispone de un microscopio firmemente instalado independientemente del aparato de bases, se emplea bases de comparacion mas cortas, sin utilizar entonces las escalas del alambre sino apuntado sobre un trazo de éstas.

mos, i útiles de medida, a los que posee la Oficina de Mensura de Tierras i, hasta la fecha en que escribimos, pasan de cuarenta i cinco las oficinas que han adquirido los alambres para sus medidas de base, fuera de una serie de institutos que los tiene para experimentar con ellos.

Es fácil desvanecer los temores que pudiera tener el lector respecto a la exactitud que los citados alambres proporcionan cuando se les emplea estirados por medio de pesos i debidamente comparados. Basta acudir a las memorias oficiales.

Así, la medicion de la primera de estas bases, la del túnel del Simplon, se encuentra con todo su detalle en las memorias de la «Commission Geodésique Suisse», Volume XI (*Mesure de la base géodésique du tunnel du Simplon—Zurich 1908*) i en la página 91 se estima el error medio en 1 : 2550000 del largo de 20146 m.

En las actas de la Asociacion Jeodésica Internacional (*Quinzième Conférence Générale 1906-Berlin 1908, Vol. I.*) bajo el título «*South Africa*» «*by Sir David Gill,*» encontrará el lector, en la página 124, la precision alcanzada con alambres de invar en los trabajos del gran arco africano, empleando bases pequeñas para la comparacion de los alambres en el terreno mismo. La medida se hace bajo la direccion de Gill, director del Observatorio del Cabo.

		Error probable
Belfast.....	18994 m	1 : 2 110000
Ottoshoop.....	17438	1 : 3 875000
Wepner.....	21655	1 : 6 767000
Kronstad.....	19836	1 : 4 723000
Pieterburg.....	33969	1 : 6 532000

Las precisiones que se publican para las medidas con alambres invar tienen mayor mérito, puesto que se emplean diversos ejemplares de alambres e interviene, por tanto, el error de comparacion entre ellos.

Seria necesario estendernos demasiado el dar aquí la serie de resultados esparcidos en numerosas memorias, resultados que han llevado a declaraciones terminantes respecto de la ventaja de la aplicacion de los alambres de invar, pues, como dice Koppe, han dado *tan favorables resultados que ya no puede existir ninguna duda*. El jeodesta Reinhertz no ha sido ménos esplicito en la última edicion del testo de Jordan, página 127, al estimar, que el empleo de los alambres invar «*tendrá especial importancia en el porvenir*».

Hasta qué punto ha llegado el entusiasmo por los alambres de invar, se vencerá el lector leyendo la declaracion del eminente astrónomo Gill, ya citado, i es puesta en «*Report of His Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope etc., for the year 1904*, página 13, de que la precision alcanzable con los alambres Jaederin, de invar, «*excede la precision obtenible en la determinacion de la longitud absoluta de los patrones*».

A nuestro juicio, esta opinion habria sido suficiente, pero hemos querido dar

otras mas para dejar en claro con cuanta lijereza se llevan afirmaciones infundadas a nuestro centro científico, desprovistas de todo estudio i prescindiendo de las condiciones que la esperiencia ha impuesto en el empleo de los citados alambres.

Para la comparacion de los alambres de invar se emplea una regla especial, o un aparato de bases, i se mide en el terreno mismo la base de comparacion, usando trípodes tensores con pesos i no inamómetros para los alambres.

La aleacion aceptada por la Comision del metro, como la mas estable, es el platino iridiado. (Segun *Bigourdan, Le Système métrique*, etc., páj. 301, es 10% con 2% de tolerancia), pero hai que tomar en cuenta que actualmente el precio del platino sobrepasa a tres mil marcos el kilo.

En cambio el invar cuesta solo el 5% del platino i, segun el Sub-director del Bureau International des Poids et Mesures, Dr. Guillaume (Annex CII Actas As. Jeod. 1900, Vol. II, páj. 432), las aleaciones de 43 a 44% de acero-niquel (invar), reemplazarán completamente al platino, bajo el punto de vista de la metrología jeodésica.

En vista de los estudios i esperiencias europeas i norte-americanas, la Oficina de Mensura de Tierras adquirió alambres de invar (36%), con el menor coeficiente posible de dilatacion i, para comparar estos alambres, una regla de acero-niquel, 42% i cuatro metros de largo, dentro de una caja de aluminio, correspondiéndole seis fuertes microscopios con hilos móviles en el ocular. Esta regla está destinada a la comparacion en el terreno i con ella se medirá un comparador especial en cada base, cuando se encuentre léjos de la capital.

Conocido nuestro programa de trabajo, por el Dr. Guillaume, manifestó a la Société Genevoise, constructora del aparato, que, a su juicio, esto era lo mas apropiado para Chile.

Es solo la falta de atencion dedicada al delicadísimo problema de la medicion de bases la que ha hecho incurrir al Estado Mayor, hace años, en el error de decirse por la compra de un aparato Bessel, proyecto de adquisicion que cualquier consulta a Europa habria desvanecido completamente.

Las condiciones en que se opera con el aparato de Bessel son delicadas, no solo por tratarse de un instrumento cuya longitud queda fija *por cantos* i no *por trazos*, como por ejemplo en el aparato Brunner, sino tambien a causa de una serie de otros inconvenientes que hacen ilusoria, en parte, la precision obtenida aparentemente i tal como sale de los cálculos.

Entre estos errores desempeña un gran papel el llamado «*penetracion de las cunñas*» i el desgaste de los cuchillos; éste último se contrarresta en lo posible cubriéndolos, cada vez terminado el trabajo, con una capa de barniz de betun de Judea.

El motivo por qué ningun servicio jeodésico ha adquirido en los últimos tiempos ni adquirirá, probablemente, el aparato de Bessel, es porque el «*enemigo de lo bueno es lo mejor*», i si la Oficina de la Carta pensó hacerlo, no es sino una prueba mas del espíritu imitativo, que tambien habria podido conducir a adquirir la regla de hierro que emplea Austria desde hace un siglo.

Matthiass, autor de la carta al señor Deinert, i en la cual se basa toda la fortaleza de naipes que el inventor ha levantado para emplazar su artillería en contra de los alambres de invar, ha publicado un artículo sobre los trabajos de Prusia en la revista *Zeitschrift Vermessungswesen*, 1903, i de la página 38 tomamos un párrafo que se refiere al aparato de Bessel i que deja en claro la importancia que tienen nuestras objeciones al aparato Deinert, en cuanto a sus errores sistemáticos que no pueden descubrirse por la concordancia de los varios resultados.

«Los resultados de las medidas de las bases no pueden someterse a un cálculo riguroso sobre su precisión, porque no se ha podido establecer el origen de las importantes variaciones de las barras i eliminarlas. Previsoriamente LOS ERRORES SISTEMÁTICOS SOBREPASAN EN ALTO GRADO A LOS ERRORES ACCIDENTALES, motivo por el cual el cálculo del error total, partiendo de las diferencias entre los trozos i los errores residuales de las comparaciones de las barras, SE HACE ILUSORIO I CONDUCE EQUIVOCADAMENTE A SUPOSICIONES EXAJERADAS SOBRE LA PRECISIÓN DE LA MEDIDA.»

El jefe de la oficina prusiana llega a fijar (página 39) la *precisión real* del aparato de Bessel, a pesar de todos los perfeccionamientos de que ha sido objeto con paciente solicitud, en solo *uno en seiscientos mil* i esto no deja de interesar, puesto que que el aparato citado ha llegado a indicar, por los mismos medios de cálculo empleados por el señor Deinert, o sea el error medio deducido del desacuerdo de las medidas mismas, una precisión superior a *uno en cinco millones*.

Cuando en 1899 se publicaron por primera vez algunos datos sobre los trabajos del Estado Mayor, no estábamos al corriente del invento Deinert i solo sabíamos que empleaba las cintas bajo una tensión exajerada i superior en mucho a aquellas, bajo la cual las gradúan los fabricantes, o sea, que midiendo en esas condiciones el resultado queda en «*metros nominales*» i no en «*metros internacionales*» i la base tiene que salir mucho mas corta.

Cuando nuestros colegas nos llamaron la atención a las afirmaciones del Estado Mayor de que su base tenía solo errores muy pequeños, les recordamos la frase de Le Verrier: «*La quatrième décimale pourra être exacte, mais le chiffre des entiers ne l'est certainement pas!*»

El memorial del Estado Mayor, 1899, en su página 94, decía: «*Resultó un error medio por kilómetro en la primera parte de 0,7 mm i en la segunda de 2 mm.*»

«*Se vé, pues, que acerca de la exactitud esta medición puede rivalizar con las mas exactas que se han hecho hasta la fecha, etc.*»

Si el lector considera que el resultado de aquella base, rival de la mas exacta, fué de 7 652,934 (1899) i mas tarde, sin hacer nuevas mediciones, de 7 666,471 m, o sea, una diferencia de metros; verá con cuánta justicia le aplicamos el criterio de Le Verrier.

El famoso calculista Bocardí (*Guide du calculateur*, Paris, 1902, pág. 3), ha dicho con gran ingenio: «*Plus il y a de chiffres, plus il y a d'ennemis*», frase que no

hemos podido ménos que recordar al leer que el señor Medina da la base hasta el *milésimo de milímetro* i el señor Deinert emplea los logaritmos con diez decimales, o sea esta última, con *una precision superior a uno en cuatro mil millones*.

El certificado del profesor Helmert se basa en la concordancia de las diversas medidas, concordancia que nadie ha objetado, pero que hemos afirmado tiene muchísimas probabilidades de ser ilusoria i conducente a una precision falsa, por la existencia de errores ajenos al carácter de accidentales

«*Se ha reconocido universalmente que existe en la incertidumbre de las determinaciones de temperatura en las medidas de base una fuente de error, que hace en parte nuevamente ilusoria la gran precision alcanzada*»..... (Koppe-Die Bassismessungen, 1904. Revista Prometheus, páj. 660).

Una de las obras mas importantes sobre la aplicacion de la teoría de los errores (Wright-Hayford-The adjustment of observation, New York, 1906), ha tratado especialmente la «*Precaucion sobre la aplicacion de la prueba de la precision*» i hoi dia se acostumbra estudiar la influencia i no rehuir este estudio respecto a los errores sistemáticos.

Si se consulta una obra de las últimas publicadas sobre triangulación, por ejemplo: Baldwin-The triangulation in California, el lector verá que se estudia todo lo que puede alterar el error relativo deducido de la concordancia de los resultados.

De la obra citada (Wright-Hayford) reproducimos a continuacion algunos párrafos importantes: «*La experiencia ha mostrado que una porcion considerable del error de la longitud de una base proviene de los errores de las comparaciones que sirven para determinar la longitud de la barra o cinta de la medida* (páj. 260)».

«*Es mucho mas importante EVITAR, O DISPONER MEDIOS ESPECIALES PARA ELIMINAR LOS ERRORES SISTEMÁTICOS O CONSTANTES QUE LOS ACCIDENTALES, POR LA RAZON QUE LOS ERRORES ACCIDENTALES SON RÁPIDAMENTE ELIMINADOS POR EL MERO PROCESO DE AUMENTAR EL NÚMERO DE LAS OBSERVACIONES*» (páj. 276).

Con el mismo criterio Wright y Hayford se espresan enérgicamente en contra del abuso de la teoría de los errores, abuso preconizado por el señor Deinert al decir que Pissis habria logrado hacer desaparecer sus contradicciones (alcanzan a grados) si hubiera aplicado dicha teoría i, parodiando a un articulista aleman, que Méchain se habria salvado con ella! como si este jeodesta hubiera podido hacer desaparecer la desviacion de la vertical en Barcelona, con teoría de los errores o sin ella! (63).

(63) El artículo del autor aleman a que nos referimos, se encuentra en Zeitschrift fuer Vermessungswesen 1884 i la opinion sobre Méchain en página 285. JORDAN, redactor de la revista, le agregó abajo una nota; en la cual después de hacer notar, que en los tiempos de Méchain, era cosa corriente los subterfujos en las libretas de observacion. agrega respecto a arreglar esto con cuadrados mínimos: «solo que la falta de honradez i firmeza de carácter, cuyo sintoma es aquella seleccion i rechazo, no puede ser sustituida por los cuadrados mínimos». Se ve, pues, que JORDAN, con su ingenio característico, calificaba la cuestion con bastante dureza.

Los autores citados lo dicen bien claro, en los párrafos siguientes, después de hacer resaltar el papel perturbante de los errores sistemáticos:

«Si ocurren también errores sistemáticos i constantes éstos producen errores en el resultado, sumándose a aquellos provenientes de los accidentales, i el error probable espresa por esta razón SOLO UNA PARTE de la incertidumbre del resultado. El desprecio de este principio ha conducido en muchos casos a conclusiones erróneas i a métodos defectuosos de observación i cálculo. Estos han conducido a la condena gratuita del método de los cuadrados mínimos». (páj. 45).

El gran obstáculo de la medida de bases jeodésicas ha sido siempre la determinación de la verdadera temperatura de los aparatos, habiéndose llegado a la exigencia de introducir, como en el aparato de Bessel, un térmico que depende de la velocidad de variación de aquella.

No es de extrañar, pues, que los aparatos para medir bases jeodésicas sean tan numerosos, hasta el punto de que Perrier (*Rapport sur la mesure des bases 1888*) decía: «Tantos países, tantos sistemas podría decirse, i por consiguiente, tantos grados de precisión» i que se haya llegado hasta emplear reglas en hielo fundente.

Las múltiples soluciones que ha recibido el problema de contrarrestar el efecto de las variaciones de temperatura o de precisarlas con fidelidad, han llevado a la práctica un gran número de modelos de los cuales una parte, que teóricamente muy buenos, han resultado prácticamente inútiles, pues los errores constantes sobrepasan a lo supuesto i son engañosos.

En 1873 el profesor Robinson (*Transactions of the A. S. C. I. Vol. XYX páj. 642*) comenzó a emplear alambres de cuerdas de piano en la medida de bases en Estados Unidos, pero las cintas aparecen, por primera vez en este país, en trabajos de precisión, en 1890, aunque anteriormente se había ejecutado trabajos secundarios.

Woodward (*Recent experience on the U. S. C. G. S. in the use of long steel tapes etc.*) fijó por las mediciones de la base de Holton, en 1890, i St. Albans en 1891, la norma para el uso de las cintas largas apoyadas en algunos puntos. Pero a causa de que las cintas de acero, como todo metal laminado, varían de longitud, siempre se la ha empleado deduciendo su largo en un comparador medido con algún aparato de bases; en el caso de Woodward, la regla monometálica en hielo fundente.

Desde un principio se vió que las cintas de acero experimentadas en Estados Unidos no podían ser empleadas de día a todo sol i era preciso esperar el cielo cubierto, o mejor las noches sin rocío. Los resultados no dejaron ya que desear i la indecisión de la temperatura de la cinta se redujo solo a un quinto de grado, cuya influencia se elimina en gran parte con el programa de mediciones con temperatura descendente i ascendente.

La medida de bases jeodésicas con cintas de acero comparadas en bases pequeñas (standard kilometer; kilomètre témoin), de un kilómetro al principio i hoy de solo cien metros, con un aparato patron, ha tomado un crecimiento tal en Estados Unidos

hasta medirse nueve bases a un tiempo (*Baldwin-Hayford. On the measurement of nine base-lines etc. C. & G. S. Report 1901 App. 3*) con una gran economía i precision suficiente.

Méjico siguió el ejemplo de Estados Unidos, pero la mas larga de las bases medidas se encuentra sobre la línea férrea i se prefirió medir con la cinta apoyada. Para las comparaciones posee Méjico un aparato de bases construido por Fauth.

En las actas de la Asociacion Jeodésica Internacional (64) correspondiente a 1906, Vol. I páj. 164 se da la precision de 1 en 2 900 000 para la base citada, medida de noche i sobre el riel, teniendo 14 652 m de largo, sin ninguna de las complicaciones del aparato Deinert, pero con mejor programa para eliminar errores sistemáticos i con cintas comparadas como se debe.

De los aparatos inventados hasta hoi para el manejo de las cintas de acero, ocupa un lugar prominente el del Instituto Técnico de Massachusetts, experimentado con gran éxito i que llamó justamente la atencion, pues se determina la temperatura i sus oscilaciones por la variacion de la resistencia eléctrica de la cinta misma i apesar de que este aparato no tiene probabilidades de errores sistemáticos, que no queden evitados como en el invénto Deinert, perdió todo interes con la aparicion de los alambres i cintas de invar, los primeros empleados en Europa i Africa, principalmente, i las segundas, en Estados Unidos.

Fué Jaederin el campeon de los alambres i cintas en Europa, ya desde 1879, con la particularidad especial del empleo sin apoyo intermedio i haciendo uso de dos alambres de distinto metal con mui diversos coeficientes de dilatacion, deduciéndose de la doble medida el valor de la temperatura.

Para quedar a cubierto de las irregularidades en las influencias esternas Jaederin empleó los dos alambres del mismo diámetro i ambos niquelados, tanto el de acero como el de laton, con los cuales se medía con el auxilio de dinamómetros i trípodes, pero de día a todo sol i, si se toma en consideracion que en el método de Jaederin un grado de diferencia de temperatura entre los alambres influye ya en 1 en 33 000 en el resultado, se comprende que todavía quedaba base para recelos. Hoi día se han reemplazado los dinamómetros por pesos.

Los estudios i experiencias de Jaederin fueron numerosos, *comparando cada vez sus alambres i cintas en un comparador de 100 m medido con el aparato de Struve (Jaederin—Geodaetische Laengenmessung mit Stahlbaedern—páj. 24)* i esta condicion se ha considerado de tanta importancia que ya en 1885 Bergstrand (65) esponia que *la falta de la base de comparacion hacia imposible la comparacion de las cintas o de los hilos metálicos.*

(64) *Comptes Rendus des Séances de la Quinzième Conférence Générale etc. 1906 Berlin 1908 Vol. I.—El «Anexe A V I»* corresponde a los trabajos de Méjico.

(65) BERGSTRAND.—*Exposé élémentaire de la nouvelle méthode de M. Edouard Jaederin etc. Stockholm, 1885 páj. 39.*



Una de las primeras deducciones de Jaederin de sus experiencias fué *que los metales laminados, como las cintas i alambres, tenían un coeficiente de dilatacion mas débil que el metal sin laminar* (66).

Dedujo además que los metales laminados no eran estables i que se contraen con el tiempo, todos igualmente, ya se tratase del acero o del laton.

A nadie, pues, llamará la atencion que ningun jeodesta prudente se fia del largo de una cinta de acero o de un alambre durante un tiempo ilimitado; que la Asociacion Jeodésica haya solicitado el establecimiento del comparador de 25 m que hai en la Oficina Internacional de Pesos i Medidas; que el Instituto Jeodésico de Prusia tenga su comparador de 240 m, que mensura con frecuencia con el aparato de Brunner; que el Congreso Jeodésico de Washington pidiese el establecimiento en esa ciudad de un comparador de 100 m para controlar las cintas de acero; que la oficina de pesos i medidas del Gobierno de Estados Unidos (Bureau of Standards) posea tambien, en su nuevo edificio, un comparador subterráneo destinado al estudio de las cintas de acero i que, por fin, lo tengan numerosas oficinas i universidades con el mismo objeto, o sea, el comparar las cintas i alambres *con frecuencia i tal como se las va a emplear*.

Otros operadores prefieren la comparacion *en o cerca de la base* i se establece, en este caso, una base de comparacion de 20 a 100 m jeneralmente i aun 1 000 m. Así, el comparador empleado primeramente con las cintas en Estados Unidos ha sido de un kilómetro, ahora de cien metros; en Africa del Sur se ha comparado los alambres de invar con el aparato para bases modelo Colby sobre un comparador de 480 piés.

Desde el descubrimiento del invar se pensó desde luego hacer cintas de esta aleacion, pero se tropezó con algunas dificultades. Sin embargo, una casa inglesa ha conseguido obtener cintas de invar del largo suficiente i han comenzado a emplearse con mucho éxito en Estados Unidos.

En la memoria especial de French (*«Six primary bases measured with steel and invar tapes»*) puede encontrarse los resultados de la medicion con cintas de invar (Memoria del *«Coast and Geodetic Survey»* 1907) i en donde se llega a conclusiones ventajosas para éstos en comparacion con las cintas de acero corriente.

Se midió las bases Point Isabel Willamette, Tacoma, Stephen, Brown Valley i Royalton, estableciendo dos comparadores, uno en la primera i otro en la última base, variando los errores probables entre 1: 2 040 000 i 1: 3 340 000 i los largos entre 7 385 m i 14 019 m.

Con referencia a su aparato de bases el señor Deinert ha reproducido algunos párrafos (*«conferencia»* 1906 pág. 8) de una carta del jeodesta Reinhertz i aun este mismo hombre de ciencia ha sido bastante claro sobre este punto, puesto que en la obra *Jordan—Reinhertz—Handbuch der Vermessungskunde*, se espone la necesidad de comparar las cintas en una cancha de comparacion i no en la pieza.

(66) JAEDEKIN.—*Méthode pour la mensuration des bases géodésiques au moyen de fils métalliques*.—Comptes Rendus de l'Académie des Sciences XXXII N.º 7 pág. 33 de la reimpression.

Sin embargo, el señor Deinert, pretende una exactitud exajerada para su base, habiendo comparado su cinta de acero no en la cancha de 240 m que posee el Instituto Jeodésico i apoyada dicha cinta en toda su longitud sobre rieles i bajo la misma tensión que la empleó aquí, sino que prefirió hacerlo con una regla de acero, de un metro de largo, sometiendo la cinta metro por metro a la tension de cincuenta kilogramos.

No sólo el señor Deinert desprecia el efecto de la fricción, correspondiente a 49 m de cinta, sino que en la medida empleó la tension de 25 Kg., calculando el largo de la cinta por medio de la fórmula de elasticidad con el estiramiento determinado por la medida misma.

Nuestras objeciones a la medida de la base de Chiñihue (Anales del Instituto de Ingenieros 1907 páj. 94) son las que siguen i se refieren a errores constantes o sistemáticos, que no pueden notarse por tanto en la comparacion de las diversas medidas, o bien, a la hipótesis errónea de que en dos puntos, que puedan llegar a distar mas de  $3\frac{1}{2}$  km., existe la misma temperatura i esto debía notarse.

1.ª *Objecion.*—Segun la «Red de Melipilla», páj. 35, la cinta se comparó metro por metro i en la medida se encontraba apoyada en toda la estension. Esta objecion se aplica tambien a la nueva medicion, la definitiva, como se la ha llamado.

El señor Deinert, ántes de nuestra observacion, no habia reparado a esta circunstancia i en su nuevo estudio, a pesar que ha entrado a discurrir sobre el estiramiento de la cinta colgada, cuestion que nada tiene que hacer con la medicion, pero que establece el haberse hecho estudios para calcular el efecto de la fricción, evita el punto quizas por *horror a la realidad*.

En efecto, en su trabajo (*Zeitschrift Vermessungswesen 1909 páj. 327*) dice lo siguiente: *Tambien la fricción interviene principalmente como una constante en la determinacion de los intervalos que es eliminada tan luego la tension es notablemente superior a la fricción producida por la cinta apoyada. Como el peso de la cinta es 3,42 kg, el coeficiente de fricción de acero sobre fierro fundido 0,19, la resistencia al frotamiento es 0,65 kg.» «Así pues apenas apareceria la fricción en intervalos con tension enérgica i en lo principal debe ser considerada como una constante eliminable en la diferencia, cuya influencia seria solo de temer en tensiones muy pequeñas. De seguro que enteramente no desaparece nunca la fricción, puesto que aun. bajo la tension mas fuerte posible la cinta se apoya en parte».*

El señor Deinert agrega un nota, segun la cual el coeficiente 0,19 lo ha tomado de la obra de Huette, Tomo I páj 208, i correspondiendo a «acero sobre fierro fundido», siendo que debía haber tomado «acero sobre acero». Huette («*Des Ingenieurs Taschenbuch*»—*Berlin 1905, Tomo I páj. 210*) da el coeficiente 0,15 para «acero sobre acero» en estado seco, valor mas favorable al señor Deinert.

Desde luego llama la atencion el curioso raciocinio, mas diplomático que científico, pues el señor Deiner olvida en primer lugar que el aparato de su invencion *tiene un obstáculo especial para impedir que la cinta se levante.* (véase láminas Z. F. V.

1909 pág. 321) i en segundo lugar, aunque la cinta pudiese levantarse, el fenómeno del estiramiento es alterado, puesto que el peso de la cinta influye entónces en él en vez de la fricción.

Encontrándose la cinta apoyada en toda su estension i con dispositivos que le impiden separarse del riel, la fricción influye en toda su magnitud i, como el apoyo durante la comparacion era solo en un metro, corresponde pues calcular el efecto sobre el estiramiento de la pérdida que sufre la tension para vencer la fricción de proximately 49 m. de cinta.

Si una misma cinta se estudia en cuanto a su estiramiento colgada primeramente de uno de sus extremos i en seguida apoyada en toda su longitud, bastará calcular el estiramiento debido en el primer caso al peso propio, para que, restándolo del observado, la simple comparacion entre el estiramiento en ambos casos nos da el efecto de la fricción.

Hemos aplicado este criterio a una de las cintas dadas por Haussmann en 1903 (*Elastizitätsmodul fuer Stahlmessbaender—Z. f. V. 1903*), pero el resultado es, a nuestro juicio, exajerado, debido quizás a la influencia del peso de las manillas de la cinta o flección de la pieza de la cual se colgaron.

Entre las coeficientes 0,19, dado por el señor Deinert, i el 0,15 espuesto ya, tomamos el mas favorable, o sea el menor, i calculamos que, con el peso 3,42 kg., 49 m. de longitud i 0,0072584 mm por *kg. i m* como estiramiento, cifra dada tambien por el señor Deinert (*Z. f. V. 1909* pág. 385) se obtiene primeramente 0,0684 como peso de un metro de la cinta de 50 m. en total i 3,35 kg. para los 49 m., de donde:

$$0,0072584 \times 49 \times 3,35 \times 0,15 = 0,1787 \text{ mm.}$$

Ahora, cómo puede considerar el señor Deinert que este resultado, obtenido con tanta condescendencia, puede despreciarse, lo ignoramos, puesto que resulta un error de 27,6 mm. para toda la base, o sea, un error diez veces mayor que el error medio publicado (*Z. f. V. 1909* pág. 357) de  $\pm 2,769$  mm.

Pero el señor Deinert no midió la nueva base con la tension de comparacion, o sea 50 kg., como lo hizo con la primera, i de aquí puede nacer un nuevo error constante para cada colocacion de la cinta.

Tratándose de una base de precision, la cinta o alambre debe emplearse en el terreno bajo la misma tension a que se le ha comparado, hasta el punto que algunos jeodestas exigen aún que sean los mismos dinamómetros.

*Jaederin* (67) despues de desarrollar las fórmulas para el empleo de las cintas bajo diversas tensiones i calcular tablas (68) decía: «Sin embargo, es preferible deducir del comparador el largo bajo la aplicacion de la nueva tension.

(67) JAEDEKIN.—*Geodaetische Laengenmessung etc p. 9* o bien en la traduccion de Gore: *On the measurement of base lines with steel tapes etc.* 1893 pág. 130 app. 4 de Report C. G. S. 1893.

(68) WAAG ha completado estas tablas en *Revista del Museo de La Plata Tomo VII, pág. 403 i siguientes.*

¿Cómo determinó ahora el señor Deinert la estension de su cinta por metro i kilógramo? En la página 348 dice haberlo *deducido de la medida misma*, o sea, mezclándola con los errores de medicion i diferencias de temperaturas entre la cinta fija i la móvil, por lo cual no es de estrañarse de la concordancia de los resultados, llame lo que deduce estiramiento, dilatacion o le dá cualquier otro nombre. Lo natural habria sido observar el estiramiento de la cinta fija variando las *tensiones entre límites* grandes i en momentos de temperaturas constante.

2.<sup>a</sup> *Objecion.*—En página 95 de los Anales 1907 objetamos que el señor Deinert no hubiera determinado el coeficiente de dilatacion de las cintas i adoptado simplemente 0,0115 mm., por grado i metro, que corresponde al patron empleado, cuando todo jeodesta sabe mui bien que el metal en estado laminado tiene coeficiente de dilatacion menor, como ya lo hizo notar Jaederin.

Bergstrand, por su parte, (página 13 de la obra citada) hace notar especialmente que para medidas científicas el coeficiente de dilatacion debe determinarse para cada cinta, como siempre se ha hecho, i nuestra objecion es tan fundada que ahora el señor Deinert obtiene 0,012596 i 0,012644, para ámbas cintas, en vez de 0,0115 que habia adoptado.

El motivo por el cual el señor Deinert obtiene ahora un coeficiente tan distinto del que resulte siempre para las cintas de acero laminado, debe buscarse, a nuestro juicio, en el hecho de que se haya mantenido la cinta «*en pleno sol*», sobre una gran masa de metal, el riel, en que una de sus costados se encontrará jeneralmente a la sombra.

Es natural que a estas condiciones el termómetro no fuese mui sincero en cuanto a indicar la verdadera temperatura, puesto que se encontraba no sobre el riel mismo sino incrustado en un metro de acero aparte i de volúmen mui distinto.

El promedio de los coeficientes obtenidos para las dos cintas difiere de 0,0011 del antiguo i, como se trata de una diferencia de temperatura de 11,2° entre la comparacion i la medida, luego corresponde a un error de  $0,0011 \times 11,2 \times 7\ 666 = 94,4$  mm.

Se deduce que la objecion era enteramente justificada, en cuanto al defecto de determinacion del coeficiente, cuya ausencia producía un error de 94,4 mm. Como se habia dado 0,4 mm como error medio kilométrico, se tiene  $0,4 \sqrt{7,6} = 1,1$  mm como error medio de toda la base, de lo cual se deduce que la medida tenía realmente un *error constante ochenta i seis veces mayor* (!) si es que se acepta el coeficiente determinado por el señor Deinert, que es mui dudoso en cuanto a su realidad.

3.<sup>a</sup> *objecion.*—Se referia a que la cinta fija habria sido instalada una sola vez, aceptándose como temperatura de ella la del aire.

En la nueva medicion, la cinta ha sido armada todos los dias, pero siempre en la mañana, con temperatura ascendente, por tanto, i no queda eliminado el atraso del termómetro («*lay*» de los autores ingleses).

El nuevo modelo del aparato Deinert fué presentado al Instituto de Injenieros

en 1903 i se encontraba provisto de una cinta de 25 m i el dinamómetro circular habria sido reemplazado por otro recto.

Demostremos en aquel entónces que el inventor, por no conocer la teoría de su propio invento, habia echado a perder el aparato, acertando la cinta i aumentando el estiramiento del dinamómetro; cóncluimos por proponer que se empleara el nuevo aparato con la cinta antigua, como se ha hecho, efectivamente, ahora, pero con un procedimiento completamente distinto al antiguo.

Una de las objeciones mas serias que se ha hecho al aparato Deinert, es la que se refiere a la *suposicion*, que es preliminar, de que la cinta fija situada en el centro de la base de 7,6 k i la móvil empleada en la medida tengan la misma temperatura.

Ya hemos visto que en la medida nocturna, en forma corriente con cinta de acero, la indecisión de temperatura es solo de un *quinto de grado*, luego, para que el aparato privilegiado del señor Deinert tenga alguna ventaja, es preciso que esta indecisión sea disminuida en forma bastante ventajosa, dado lo complicado del sistema.

La igualdad de las temperatura de las cintas fijas i móviles es el fundamento del método, i si existe diferencias, ellas debian ser inferiores a un quinto de grado, pero hai que advertir que en el método corriente la medida bajo temperatura ascendente i descendente, tiende a eliminar el error, i en el aparato Deinert, en cambio, tiene el carácter de sistemático.

El mismo señor Deinert se encarga de indicar que la objecion era enteramente justificada, puesto que en la página 386 (Z. f. V. 1909) da las diferencias entre las temperaturas medias anotadas en la cinta fija i móvil. Se nota, desde luego, que la diferencia entre las temperaturas medias ha llegado aún a *un grado cuatro décimos* i, tratándose de temperaturas *medias*, debe haber valores superiores a esa cantidad, con lo cual queda demostrado que el fundamento del método es erróneo i que no tiene ventaja sobre la simple medida con cintas, como se hace en Estados Unidos i Méjico.

Entre las diferencias de temperaturas hai mas del doble de valores positivos que negativos i resulta  $+0,208^\circ$  de residuo, lo que equivale a un error de mas de *dos centímetros* en la base.

Lo interesante es que el acuerdo de los resultados de las diversas medidas no guarda relacion con las diferencias de temperatura, lo que parece natural, puesto que una parte de estos errores ha pasado a figurar como estiramiento de la cinta.

La antigua teoría del aparato Deinert exijia, para su exactitud, que la razon entre los estiramientos de cinta i dinamómetro fuese la unidad. Casualmente, en el antiguo aparato esa razon era mui cerca de esto, pero en el perfeccionado es por mucho superior a esa cifra, calculado con los datos del inventor i a pesar de referirse al empleo de la cinta larga.

Se vé, pues, que el aparato actual no puede emplearse con el método privilegiado, i habiendo sido modificado sustancialmente, resulta que el nuevo aparato con

el nuevo método podría, a nuestro juicio, ser empleado por cualquiera, a pesar del privilegio.

Pasamos ahora al exámen de los diversos valores dados por el señor Deinert, o el señor Medina, como lonjitud de la base.

*Primera medicion*

Deinert... ..	1899	7662,934 m
» .....	1903	7666,47074 m
Medina.....	1908	7666,47974 m

*Segunda medicion*

Medina.....	1908	7666,499664 m
Deinert.....	1909	7666,499664 m

Al resultado publicado en 1899 hai que hacerle correcciones, segun se desprende de publicaciones posteriores (1903), i estas son — 0,25 m m, por haberse medido la base sobre el riel curvo (69) i — 0,1886 m para reducir al nivel de la señal I, lo que da, entónces, 7662,745 m, valor que difiere de 3,726-m del publicado en 1903.

Si se acepta el valor de 1909 como definitivo, se deduce que en 1900, por ejemplo, el Estado Mayor tenia la base de toda su triangulacion con solo una aproximacion de poco mas de *uno en dos mil*, por ignorar las constantes metronómicas de su longímetro; pero afirmaba, sin embargo, algo bien diverso en el Memorial i en las Memorias de Guerra.

El valor de 1903 ha sido dado en *metros internacionales*, o sea, se creia haber hecho desaparecer el error metronómico del todo, lo que es ilusorio, sin embargo, dando el señor Deinert como logaritmo de la base i empleado en el cálculo de la red, el valor 3,884 5954.8, dato que, encontrándose espresado con ocho decimales logarítmicas, hemos comprobado con el «Thesaurus», página 228, i concuerda con los metros dados; por tanto, no hai error de imprenta.

Los dos valores concordantes, el del señor Medina, dado a el Congreso Científico en 1908, i el del señor Deinert, publicado en 1909 en Alemania, garantizan en contra de errores de impresion tambien.

El señor Deinert dice (Z. f. V 1909 pág. 390) que, para pasar de la antigua medicion a la nueva, es preciso restarle 128, 9 milímetros a la primera, de modo que se obtiene:

Medida de	1903	=	7 666,34 184	metros internacionales.
»	»	1909	=	7 666,49 966   »       »
Diferencia-		=	<u>0,15 782</u>	»       »

(69) La objecion que se ha hecho por esta circunstancia no tiene importancia, a nuestro juicio i existen otras bases en donde se han aplicado correcciones por análogos causas.

O sea, que en vez del error calculado en 1903 en  $\pm 6,78$  milímetros resulta ahora 157,82 milímetros entre el antiguo i nuevo resultado, cuestion NO TOMADA EN CUENTA EN EL CERTIFICADO DEL PROF. HELMERT.

Se dice en la página 34 de la «Red de Melipilla» que «Para reducir la base al nivel del mar hai que quitar a su logaritmo la cantidad de 155,9 unidades de su sétima figura. Para la base de 7662,746 m la reduccion importa en metros 0,276 m».

Como el valor de partida empleado en el cálculo de la página 39 es justamente 7 662, 74 588, quiere decir que el logaritmo del largo de la base empleado en los cálculos no se refiere a esta longitud *reducida al nivel del mar*, sino a la altura de la señal. I que, segun se dice en la página 33, se encuentra á 229, 2 m sobre el punto que se ha supuesto ser el nivel medio del mar en Cartajena.

Los motivos en que se funda el señor Deinert para no emplear la base reducida al nivel del mar, se han espuesto en otra ocasion, así tambien se ha hecho notar los inconvenientes que de ello resultan. Habria interes en saber qué logaritmo de la base empleó el señor consultor Técnico en el cálculo de las coordenadas jeográficas de donde dedujo el cierre del polígono.

Se espone en la memoria última del señor Deinert (Z. f. V. 1909 páj. 390). que los extremos de la nueva medicion difieren de los de la antigua i que es preciso corregir de  $- 210,0$  mm i  $+ 81,1$  mm, respectivamente al O i E., para pasar de la antigua a la nueva medicion, o sea,  $- 128,9$  mm, pero que en el pilar del centro no hai variacion.

No acertamos a imaginarnos cómo a un jeodesta, que tiene, o debe tener, mui bien demarcados o asegurados los extremos de una base, los nuevos pilares llegan a quedarle hasta *veintiun centímetros* de los otros; pero seguimos, sin embargo, adelante.

El valor de la nueva medicion, tomado de la página 385, es 7666, 499664 metros internacionales, reducido al nivel de la señal I. Luego las dos mediciones darian para la misma base:

1. <sup>a</sup> medicion (publicado 1903)	7 666,4 707 m $\pm$ 6,78 mm
2. <sup>a</sup> » (publicado 1909)	7 666,6 286 m $\pm$ 2,77 mm.
Diferencia	0,1 579 m

Queda, pues, a la vista de que los ingenieros en 1903 tenian razon en criticar la base; pues ésta resulta ahora *diez i seis centímetros mas larga*, o sea, que habiéndose afirmado que la precision alcanzada era de  $\pm 6,78$  existia, sin embargo, un error *mas de veintitres veces mayor*.

Si suponemos que la base actualmente sea *exacta*, lo que es problemático i sólo quedará en claro cuando se la mida con otros instrumentos, llegamos a la conclusion que *si no se le hubiese hecho ninguna crítica* a los trabajos del señor Deinert, el Estado Mayor habria tenido su base jeodésica con solo una precision algo inferior a *uno en cincuenta mil*.

Los ingenieros a quienes el señor Jefe de la Oficina de la carta ha obsequiado con frases hirientes, en repetidas ocasiones, le han hecho, pues, un buen servicio i a ellos les es acreedor de estos diez i seis centímetros, mal que le pese.

Pero el lector se preguntará ahora ¿cómo es que el profesor Helmert no se ha fijado en esto? La respuesta es bien sencilla: *El señor Deinert no da en la revista alemana el valor PUBLICADO AQUI EN 1903 i objetado por los profesionales civiles sino el RESULTADO DE ENTÓNCEB CALCULADO CON LOS COEFICIENTES NUEVOS (!)*

Si el Estado Mayor en su última publicacion reproduce algunos párrafos en que se afirma que el *Supremo Gobierno pidió un informe al Instituto Jeodésico*, en vista de las críticas publicadas en los «Anales del Instituto de Ingenieros,» era un deber de esa oficina militar el enviar al eminente jeodesta *los datos objetados i las objeciones*, de otro modo no hai seriedad.

Hai aun mas comprobaciones. En efecto, por los datos publicados respecto a la diferencia de nivel entre los extremos de la base i el centro de ella, puede decirse que el riel tiene una pendiente suficientemente uniforme, i es por tanto, posible la comparacion, valiéndose de los datos conocidos hasta ahora, de las medidas de los trozos parciales, dado por el señor Deinert declara, en la revista alemana, que el pilar del centro no ha tenido variacion.

Resulta que, para el primer trozo de la base, hai una diferencia doble en la mitad de la distancia. ¿Por qué no se dió todos estos datos al profesor Helmert? La respuesta la dejamos al lector. Exceso de diplomacia.....

\*  
\* \*

#### *—Comparacion del rendimiento del Estado Mayor i de la Oficina de Mensura de Tierras.—*

El señor Consultor Técnico concluyó su conferencia espresando su interes en la comparacion que encabeza este capítulo. Procuraremos complacerlo.

La comparación exacta de los trabajos de la Oficina de la Carta con el levantamiento de las provincias del norte, es un poco dificultosa, por ser distintas las normas de trabajo i muy diversas las ideas del personal dirigente.

La Seccion de la Carta del Estado Mayor tiene su oríjen en 1892 i la Oficina de Mensura de Tierras recibió la órden, de ejecutar el levantamiento de las provincias del norte, en el mes de Enero de 1907, o sea, quince años mas tarde.

Sin embargo, el primer tiempo el Estado Mayor no hizo triangulacion jeodésica i este trabajo comenzó, con el carácter de definitivo, como se ha publicado, en 1897, es decir, diez años ántes que nuestra Oficina recibiera la órden.

Por estarse estudiando aún nuestra regla de acero níquel en la Oficina Internacional de Pesos i Medidas, no ha podido la Seccion Jeodésica de la Oficina de Mensura de Tierras medir ninguna base, dejamos si todo listo para estas operaciones.

Nuestra Oficina ha establecido instalaciones para determinar el nivel medio del



mar en tres puertos: Iquique, Pisagua i Tocopilla, encontrándose ocupada en la instalación que corresponde a Antofagasta,

El mareógrafo de Iquique se ha unido por medio de una nivelación de precisión ejecutada por duplicado, en dos sentidos, con la base jeodésica de Pintados. La distancia entre ámbos puntos es de ciento nueve kilómetros, atravesando salares pampas con espejismo frecuente.

Se ha iniciado además la nivelación por duplicado entre el puerto de Antofagasta i la base del Llano de la Paciencia.

Para la comparación hemos reducido ambos trabajos a la misma escala i los datos que se da mas adelante son deducidos con el planímetro.

Se ha obtenido 15 300 km<sup>2</sup> como superficie del trabajo del Estado Mayor, iniciado en 1897, i comprendido entre la costa i la línea de vértices hasta Horcón de Piedra; pero solo 13 000 km<sup>2</sup> como superficie del polígono limitado por las estaciones de las nuevas mediciones.

Hemos dicho que los trabajos no son comparables fácilmente, i esto no solo por falta de datos completos, sino tambien por diversidad de calidad. Así el reconocimiento trigonométrico encomendado al personal de la Oficina de Mensura de Tierras comprende un estudio bastante detenido de cinco grados jeográficos del país, para lo cual se ha hecho 204 estaciones con teodolito.

La demarcación de los puntos es tambien superior i se la hace no solo subterráneamente sino tambien con referencias a cierta distancia.

Hai que tomar tambien en cuenta que los trabajos en el desierto, debiendo llevarse el agua i forraje, aun a veces en dos jornadas, son mas dificultosos que en el centro del país.

No sabemos tampoco en qué estension haya llevado a cabo el Estado Mayor el reconocimiento i la demarcación de segundo orden.

La Sección Jeodésica de la Oficina de Mensura de Tierras inició, respecto a los trabajos primarios, la instruccion en el terreno en Octubre i las mediciones a principio de Noviembre del año pasado, quedando paralizadas las operaciones durante un mes por atraso en los presupuestos i, mas tarde, en dos ocasiones, por enfermedad del jeodesta a cargo de ellas (70).

La superficie del trabajo del Estado Mayor resultó de 15 300 km<sup>2</sup>, hasta la costa i el vértice Horcón de Piedra, superficie dentro de la cual el reconocimiento, si lo hubo, fué mui incompleto. En la misma forma tomada la superficie para el reconocimiento completo ejecutado por nuestra Oficina, con 204 estaciones, entre el Rio Sama i el paralelo de Mejillones, resulta 64 500 km<sup>2</sup>; 29 500 km<sup>2</sup> para segundo orden i 1 000 km<sup>2</sup> para el de tercero.

(70) Por enfermedad grave del señor Golborne, a cargo de las mediciones de primer orden, se suspendió el trabajo enteramente a fines de Octubre de 1909, quedando incompleta (falta un ángulo en cuatro posiciones del círculo) la estación de Challacollo.

En cuanto a la parte triangulada, el Estado Mayor no ha tomado las direcciones hácia el norte i sur, respectivamente en las estaciones límites i deberá estacionar nuevamente allí; la Oficina nuestra ha tomado esto i, por consiguiente, contar hasta la mitad de cada lado de la triangulación, que arranca de las citadas estaciones, sería lo mas natural. Así resulta 11 200 km<sup>2</sup> i, despreciando esta circunstancia, 8 200 km<sup>2</sup> por 15 300 en total hasta Horcon de Piedra, de lo cual una parte corresponde todavía al trabajo antiguo.

La Seccion Jeodésica de nuestra Oficina tiene, a la fecha, demarcados los vértices subterráneamente, referencias i pilares de primer orden en una superficie de 18 650 km<sup>2</sup>, por 15 300 km<sup>2</sup>, sin demarcacion subterránea ni referencias, que tiene la Oficina de la Carta Militar.

Ademas, podria compararse las superficies del polígono encerrado por los lados entre estaciones límites i se obtiene así 13 000 km<sup>2</sup> para el trabajo nuevo del Estado Mayor i 6 750 km<sup>2</sup> para el de nuestra Oficina; pero como aquel debe reascender al norte i sur algunas estaciones i por nuestra Oficina no se lo requiere en éstas, debería tomarse mayor superficie en realidad en vez de la última.

A nosotros nos parece que el modo mas natural de comparar los rendimientos, ya que así se desca, sería con las superficies hasta la costa i el medio de los lados del borde, obteniéndose en este caso 15 300 i 11 200, respectivamente, para el Estado Mayor i Oficina de Mensura de Tierras i en donde se incluye todo el trabajo de la primera oficina, antiguo i nuevo.

El límite fijado en nuestra Oficina para el cierre de los triángulos de primer orden es de tres segundos sexagesimales, como en Europa.

Para facilitar al señor Consultor Técnico la comparacion, agregaremos otros datos: largo de la triangulación primaria reconocida 555 km, con tres bases; la superficie con demarcacion de segundo orden es 4 800 km<sup>2</sup>; nivelacion de precision, próximamente 117 km<sup>2</sup> dobles, incluyendo el trabajo de Antofagasta.

Por nuestra parte estimamos que los temores del Estado Mayor, varias veces manifestado; en publicaciones i notas, de que el personal civil fuese incompetente, son, en vista de los datos espuestos, enteramente infundados i que el personal civil ha dado pruebas bastante claras de que su rendimiento es superior en mucho, tanto mas si se entra a considerar las dificultades inherentes a los desiertos del norte.

Santiago, Octubre de 1909.

ERNESTO GREVE