Anexo No. XV

COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

SECCIÓN MEXICANA

DATOS, CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LA TRIANGULACIÓN PRACTICADA EN LAS MÁRGENES DEL RÍO COLORADO ENTRE LOS MONUMENTOS 207 Y 205

1894

COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES ENTRE MÉXICO
Y LOS
ESTADOS UNIDOS DEL NORTE.
SECCIÓN MEXICANA.

SECCIÓN DE LA COMISIÓN GEOGRÁFICO—EXPLORADORA.

Triangulación practicada para el levantamiento del Río Colorado en la parte limítrofe entre las dos Repúblicas, ligando los monumentos números VI y II de las dos líneas azimutales que parten de él, la una al Este en el Estado de Sonora, y la otra al Oeste en el Territorio de la Baja California.

Los instrumentos con los cuales se ejecutó este trabajo, fueron un teodolito de W. & L. E. Gurley, Troy, N. Y., aproximación de 1′, de la propiedad de la Comisión de Límites, otro de la fábrica de Troughton & Simms aproximación 1′, marcado Estado Mayor Especial — México, un resorte de acero de 20 metros, marcado Comisión Geográfico—Exploradora nº 5 y dos dinamómetros de tensión de 24 libras marcados, Comisión Geográfico—Exploradora nos. 3 y 7.

La longitud del resorte fué determinada por la Comisión Geográfico—Exploradora, constando en seguida los datos que sobre dicha determinación me han sido suministrados al recibirlo.

COMPARACIÓN DEL RESORTE DE ACERO.

"Para esta operación se usaron las cinco reglas geodésicas de la Comisión Geográfico—Explora-
"dora, las cuales son de cedro, cortado hace más de doscientos años, impregnadas de aceite, pintadas y
"barnizadas; terminando en sus extremos por casquillos de latón que afectan la forma de un trozo
"de pirámide. Estas reglas fueron comparadas en Abril de 1879 por el Ingeniero Dn. Francisco
"Jiménez, Director del Observatorio Astronómico Central, con el metro patrón de la Secretaría de
"Fomento, cuyo coeficiente de dilatación es según el fabricante Troughton igual á 0.00001920m,
"advirtiendo que representa el metro legal á la temperatura de 0º c., el de la madera de que están
"formadas las reglas siendo de 0.0000042m. Con estos coeficientes se obtuvieron para la longitud
"de las reglas á 0ºc., los siguientes valores.

	m
"Regla nº 1	4.492679
" „ „ 2	4.492479
" „ „ 3	4.492379
" „ „ 4	4.492379
" „ „ 5	4.492379

"Pequeños defectos en la construcción de las reglas en las que las caras de las pirámides que
"les sirven de extremos no son exactamente perpendiculares al plano de asiento de las mismas,
"originan los siguientes intervalos de contacto.

	m
"De la regla nº 1 á núm. 2	0.00016
" „ „ „ 2 „ 3	0.00040
" „ „ „ 3 „ 4	0.00060
" „ „ „ 4 „ 5	0.00040
"Suma de los intervalos =	0.00156

"Para la comparación se estableció la estación en un terreno horizontal en el cual se colocaron "las reglas tomando todas las precauciones necesarias á fin de asegurar hasta donde fuera posible "su perfecto alineamiento, estableciendo el contacto de ellas con el mayor esmero. La temperatura "que acusó el termómetro centígrado N. & Z. nº 52971, fué durante la comparación, de 18°c.+, "siendo la corrección de dicho termómetro á la citada temperatura de 0º06c.—. La temperatura "en el momento de la comparación resulta de 17º94c.+, y la longitud de la estación á 17º 94c.+, "calculada por la fórmula $R_t = R_o (1 + mt)$ será igual á:

	m
"Regla 1ª	4.493016
" „ 2ª	4.492816
" „ 3ª	4.492716
" „ 4ª	4.492716
" „ 5ª	4.492716
"Suma =	22.463980
"Suma de los intervalos de contacto	0.001560
"Longitud de la estación á 17º 94c.+ =	22.465540

"El promedio de tres medidas practicadas con el "resorte á la temperatura de 17º 94c.+ y á la tensión "de doce libras dió para la longitud de la estación ..... m 22.459300

"Diferencia = m 0.006240 +

"Correción del resorte de acero marcado Comisión Geográfico — Exploradora número 5, á la "temperatura de 17º 94c.+ y á la tensión de 12 libras igual á 0.005555+."

MEDIDA DE LA PRIMERA BASE.

Con objeto de escoger un tramo que presentara las condiciones necesarias para ejecutar esta medida, se practicó un reconocimiento en una zona de dos kilómetros en la cual, el lugar que se prestó mejor no sólo por estar escampado, sino también por no presentar grandes asperezas y poder sin aumentar considerablemente el número de triángulos, ligar el Monumento número VI (hoy 207) á esta triangulación; fué sobre la antigua brecha que parte del monumento citado, hacia la margen del río. El adjunto *canevas* dará mejor idea de la situación de esta base, así como de la conformación de los triángulos que forman esta cadena, procurando ante todo, no hacer mas que el desmonte indispensable á fin de no sacrificar la exactitud del trabajo y avanzar con mayor rapidez.

Establecido un teodolito en el extremo Este de la base, se pusieron en el alineamiento de ésta, estacas de veinte en veinte metros próximamente, las cuales sirvieron para mantener tenso un cordel que se colocó paralelo á la pendiente general del terreno y poder por este medio establecer á la altura conveniente, las cabezas de las estacas en las cuales se marcaron los extremos del resorte.

Una vez tomadas estas precauciones se procedió á la medida como sigue:

El Sr. Capitán Manuel Alvarado al cual designé para que me ayudase en esta operación que no podía yo practicar aisladamente, iba adelante, tan luego como dábamos la tensión convenida de 12 libras, indicaba al mozo el lugar y altura á que debía tener la estaca, hecho ésto se volvía á dar la misma tensión y se marcaba con todo cuidado sobre la cabeza de la estaca el extremo de la asa del

resorte; ambos llevábamos el apunte del número de resortes y además se marcaba en la estaca. Esta medida se repitió en sentido inverso con iguales precauciones siendo los resultados como siguen:

Primera medida partiendo del extremo Oriental hacia el Occidental.

		m
Longitud del resorte	l =	20.0000
Corrección media del resorte	ε =	+ 0.0056 +
	$l + \varepsilon$ =	20.0056
Número de resortes enteros	n =	× 20
Producto $n\ (l + \varepsilon)$		m 400.1120

Producto $n\ (l + \varepsilon)$			m 400.1120	
Fracción del resorte	f =	m 19.626		
Correc. por la fracción	ε =	0.0055 +		
	$f + \varepsilon$ =	19.6315	+ 19.6315	
Longitud de la base	B′ =		419.7435	m 419.7435

Segunda medida partiendo del extremo Occidental hacia el Oriental.

		m		
Longitud del resorte	l =	20.0000		
Correción media del resorte	ε =	+ 0.0056 +		
	$l + \varepsilon$ =	20.0056		
Número de resortes enteros	n =	× 20		
Producto $n\ (l + \varepsilon)$			400.1120	
Fracción del resorte	f =	m 19.649		
Correc. por la fracción	ε =	0.0055 +		
	$f + \varepsilon$ =	19.6545	19.6545 +	
Longitud de la base	B″ =		419.7665	419.7665
				839.5100

Siendo la diferencia entre las dos medidas próximamente igual á ¼ del límite menor de tolerancia se toma el promedio para el valor de ..... m B = 419.755

Se ha dicho que el terreno presentaba una ligera pendiente. Con objeto de llevarla en consideración se midió la diferencia de nivel desde ambos extremos de la base, cuyos datos se ponen á continuación.

Ángulos de inclinación.

	Pos. invertida.	Pos. directa.	Alt. instr.	Alt. visu.
	° ′ ″	° ′ ″	m.	m.
e. E. Base — e. O. Base —	0 07 00.0	89 52 00.0	1.35	3.49
e. O. Base — e. E. Base —	0 29 00.0	89 31 00.0	1.54	3.78

No habiéndose dirigido la visual paralelamente al terreno se procede á calcular el ángulo que éste formó con el horizonte, y el desnivel, por aproximaciones sucesivas.

K = 419.755	2.6235157		2.6235157
$\alpha' = 0° 7' 30.''$ + tan.	+ 7.3387881+	$\alpha' = 0° 29' 00.0''$ + tan.	+ 7.9261364
	9.9623038		0.5496521
	m.		m.
η'	0.917+	η'	3.545+
Altur. inst. = i = +	1.350+	Altur. inst. = i =	1.540+
Altur. vis. = s = —	3.490+	Alt. vis. = s =	3.780—
Dif. de nivel =	1.223—	Dif. de nivel =	1.305+

Diferencia de nivel del extremo Oriental sobre el Occidental..... = 1.264+

Aplicando la fórmula sen. d = $\frac{\text{cat. opuest.}}{\text{hipotenusa}}$ se tendrá.

lg. 1.264	0.1017417
lg. 419.755	—2.6235157
log. sen α	7.4782314

Primera aproximación α = 0° 10′ 20.4″

Con este valor, calculo la reducción, al horizonte, de la base..... B = 419.755 m.

lg. 2	0.3010300	
lg. B	+2.6235157	
lg. sen. $\frac{1}{2}\alpha$	+7.1772165	
„ $\frac{1}{2}\alpha$	+7.1772165	
	7.2789787	
x =	0.002 m	— 0.002
		b = 419.753

La pequeñez de esta corrección hace inútil buscar una segunda aproximación; en consecuencia la long. definitiva de esta base, será.

b = 419.753 m.

NO. 32.

Cerro de las Tinajas Altas.

BASES DE COMPROBACIÓN.

Extendiéndose la triangulación en forma de cadena y cubriendo ésta una superficie próxima de 36000.0 m. de largo por 350.0 m. de ancho, que obligaba á multiplicar considerablemente el número de triángulos sin proporcionar comprobaciones ningunas; á fin de obtenerlas y de evitar la acumulación de los errores inherentes al caso, me propuse medir á cada cuarenta triángulos próximamente, una base, que á la vez que diera comprobación, fraccionara la cadena general en tramos que pudieran ser corregidos con independencia; asegurando por este medio, mayor exactitud en el trabajo.

La exuberante vegetación de las márgenes del río, así como el gran número de esteros, bajos y pequeñas hondonadas que se encuentran en sus riberas, cuyo suelo, en lo general, presenta poca resistencia, pues la arena de que están formadas, es removida y aumentada por el acarreo que anualmente recibe en la época de las crecientes; obligaron á medir las bases de comprobación en los lados de los triángulos que más se prestaron.

Las medidas se practicaron con igual esmero trazando de antemano en los alineamientos, planos horizontales ó paralelos al terreno según el caso y marcando sobre las cabezas de estacas bien firmes los extremos del resorte, el cual se usó en todas á la tensión constante de 12 libras; los resultados y cálculos correspondientes van á continuación.

1ª base en el lado $19_m - 20_m$ del triángulo $19_m - 20_m - 20_n$

Medida partiendo del extremo Norte hacia el Sur.

Longitud del resorte..... l = 20.0000
Correc. media del resorte..... ε = 0.0056+

20.0056

Número de resortes enteros..... n = × 22

n $(l + \varepsilon)$ = 440.1232m.

Fracción del resorte..... f = 10.4500
Corr. del resorte por la frac..... ε = + 0.0028

$f + \varepsilon$ = 10.4528..... + 10.4528m.

Longitud de la base..... B_2 ..... = 450.5760m.

Medida partiendo del extremo sur hacia el Norte.

Long. correg. del resorte multiplicada por el mismo número de resortes enteros..... n $(l + \varepsilon)$ = 440.1332m.
Fracción del resorte..... f = 10.4620m.
Corr. del resorte..... ε = +0.0028

$f + \varepsilon$ = 10.4648m..... +10.4648
Longitud de la base..... B_2 ..... = 450.5980m.

1740

Longitud definitiva de la 1ª base b = ...prom. = 450.587m.

Longitud de la base 1ª con la cual se calculó el tramo correspondiente ..... 450.582m.

Nota = El tramo de la triangulación comprendido entre los lados 19_m—20_m y 46_u—47_u se calculó por equívoco, con un valor de la base cinco milímetros menor que el verdadero. Esta