



ANTIGUO MONUMENTO XII EN LA SIERRA DE LA NARIZ.

NO. 10

---

Anexo No. V

---

OPERACIONES GEODÉSICAS

PARA

EL TRAZO DE LAS LÍNEAS QUE FORMAN EL LÍMITE  
ENTRE LAS REPÚBLICAS DE MÉXICO Y LOS  
ESTADOS UNIDOS DEL NORTE DE AMÉRICA

---

OPERACIONES GEODÉSICAS PARA EL TRAZO DE LAS LÍNEAS DEL LÍMITE  
ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS DEL NORTE.

DEMARCACIÓN DE LOS PARALELOS.

El método empleado para la demarcación de los paralelos fué el llamado de las tangentes, según lo convenido en el plan de operaciones, por los Ingenieros en Jefe de la Comisión Internacional.

En seguida se exponen, por su orden, las operaciones que se ejecutaron para dicha demarcación:

- I. Determinación del azimut astronómico de una señal.
- II. Demarcación, por medio del azimut determinado, de un punto de la tangente ó sea la traza del primer vertical de la estación y su prolongación á partir del punto así marcado.
- III. Medidas entre los puntos señalados á lo largo de la tangente.
- IV. Demarcación de los puntos del paralelo por medio de las ordenadas levantadas sobre la tangente.

I.

Los azimutes fueron determinados tomando el ángulo entre una señal y la Polar, anotando la hora de la observación de ésta.

Solamente en la primera tangente se observaron otras estrellas menos circumpolares, cerca de su mayor elongación; pero habiéndose encontrado, que las discordancias entre los resultados de una serie de observaciones de la Polar, y los de las series de las otras estrellas, eran notablemente menores que las discordancias entre las observaciones de una misma estrella, se creyó suficiente, en lo de adelante, limitarse á las observaciones de la Polar.

El instrumento más empleado fué un altazimut de "Troughton & Simms" en cuyo círculo de 12 pulgadas se podía leer 1" por medio de microscopios micrométricos. El instrumento se montaba sobre un tripié fijo á tres estacas sólidamente enterradas. En el trazo de la 1ª y 2ª tangentes del paralelo 31° 47', se empleó otro altazimut del mismo autor con aproximación de 1"; pero cuyo círculo era de 8 pulgadas. Su tripié de la forma de los de un pequeño teodolito portátil, no podía fijarse con la misma solidez que el otro. Cuando se observaba de noche, la señal empleada era una lámpara, *ojo de buey*, enfrente y cerca de la cual se colocaba una pantalla con una abertura circular de 1 á 2 centímetros de diámetro, según la distancia. Si se observaba de día, la señal empleada era una asta de madera á la que se fijaba un cuadrado de lienzo blanco y rojo, y cuya diagonal se ponía vertical y en el eje del asta.

Cada uno de los resultados dados más adelante es el promedio de 2 series de 1 á 3 observaciones, hechas en dos posiciones del círculo azimutal, distantes entre sí 90°.

En cada observación se tomaba también la inclinación del eje por medio de un nivel montante.

II.

Conocido el azimut de la señal, se colocaba otra cerca del primer vertical de la estación azimutal y se medía el ángulo entre las dos, reiterándolo; se determinaba así su azimut y en seguida con su distancia á la estación azimutal ú origen de la tangente, se calculaba el desalojamiento que había que darle para que quedase en la tangente.

Para prolongar la tangente al Oeste, se emplearon dos métodos que pasamos á describir:

Estacionado el instrumento en el punto fijado como se ha dicho y que llamaremos Estación No. 1, se dirigía el antejo á la señal colocada en el origen y se le hacía girar alrededor de su eje; entonces por medio de señales convencionales se daba á entender á la persona que estaba adelante en el punto por alinear, moviese la señal hasta que quedase en el cruzamiento de la retícula. Luego se invertía el instrumento haciéndolo girar sobre su eje vertical y se repetía la operación en

la nueva posición; se tenían así dos puntos, el promedio de los cuales era el punto de la tangente, exenta su colocación de los errores de colimación y falta de perpendicularidad de los ejes. Otros pares de puntos se marcaban también y el promedio de todos se consideraba como el punto alineado.

El otro método consistía en colocar aproximadamente la señal en la tangente y tomar el ángulo entre ella y el origen. Con ese ángulo y la distancia se calculaba el desalojamiento que había que darle para colocarla en la tangente, y así se continuaba hasta el extremo de ésta.

Este último método fué exclusivamente empleado en el trazo de la 3ª tangente del paralelo 31° 47' y 1ª del paralelo 31° 20'. En la 1ª y 2ª tangentes del paralelo 31° 47' se empleó de preferencia el primero y en la 3ª, 4ª y 5ª del 31° 20' se empleó exclusivamente el segundo.

En la 1ª tangente del paralelo 31° 20', se hizo uso de un teodolito de 5 pulgadas de "Fauth." En las otras se emplearon dos altazimutes de "Troughton & Simms" de 8 pulgadas.

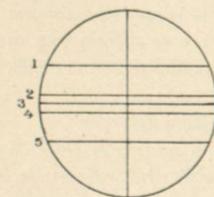
Los puntos alineados como va dicho, y que se procuraba estuviesen á la mayor distancia posible, servían á su vez de estación para prolongar el alineamiento al Oeste. Entre esos puntos se intercalaban otros en los lugares dominantes para que sirviesen como señales de alineamiento al hacer las medidas ó para el caso en que se colocase en ellos algun monumento. Como el error cometido en el alineamiento de éstos no se propagaba más adelante, se alineaban con un instrumento más pequeño como los que se usaban para las medidas. En las tres últimas tangentes del paralelo 31° 20', se empleó exclusivamente para este efecto un pequeño altazimut de Troughton & Simms de 10 segundos. Además y una vez alineados estos puntos intermedios, se les visaba desde alguna de las estaciones principales y se les corregía si se les encontraba fuera de la tangente.

Las señales más generalmente empleadas fueron banderas á cuyas astas se les dió el espesor correspondiente á las distancias desde donde se iban á ver, y se les forró de lienzo blanco y rojo para que pudiesen verse en todas las condiciones de luz, sea que se proyectaran sobre el cielo ó sobre el suelo. En algunas ocasiones se emplearon señales análogas á las que se han descrito á propósito de las observaciones de azimut. Sólo en el alineamiento de la 4ª tangente del paralelo 31° 20' se consiguió hacer un alineamiento con heliotropo á más de 30k., pero la mayor parte de las veces no fué posible el uso de éstos, por ser necesario emplear para su manejo un ingeniero, pues la gente del servicio no estaba suficientemente diestra en ello. Con las señales antes descritas, la mayor distancia á la que se consiguió hacer un alineamiento, fué de 16 kilómetros.

Con el fin de cerciorarse si no se había cometido alguna desviación muy fuerte en la tangente y aun para determinar la corrección necesaria debida á los errores inevitables en los alineamientos, en el extremo de cada tangente se tomaba su azimut, el que se comparaba con el que debía tener, atendida la distancia al origen.

### III.

Las medidas lineales fueron hechas con telémetro, y con cadena cuando el terreno lo permitía. El instrumento empleado fué un teodolito italiano de la forma llamada "Cleps" y de las dimensiones que su autor llama "modelo pequeño." Estos instrumentos son contruidos especialmente para telémetros y están provistos de una retícula de vidrio dividida de la manera que indica la figura.



Á los hilos 1 y 4, 2 y 5 corresponde la constante 100, á los 2 y 4, la constante 250. El anteojo, según su constructor, tiene un poder separador de 4". Siendo el ángulo subtendido por los espacios entre los hilos 1 y 4, y 2 y 5 de 2063" resulta que pueden obtenerse las distancias con un error de 4/2063 ó próximamente 1/500.

Pero hay otra causa de error inherente á las determinaciones telemétricas, que es la precisión con que puede estimarse el intervalo entre un hilo y la próxima división de la mira, y esta precisión depende en gran parte del ángulo bajo el cual se vea la menor división de la mira; la práctica nos enseñó pronto que la distancia más conveniente era entre 100 y 150; menos de 100, la estima se hace difícil porque la división se ve bajo un ángulo de una magnitud bastante grande, y un mismo

error en la estima produce un error relativo tanto mayor cuanto más pequeña es la distancia. A esta causa de error hay que agregar otras: la vibración del aire, en ciertas horas del día, cuyo efecto se atenuaba reduciendo las distancias; otra, peculiar quizá al instrumento, es que los hilos extremos de la retícula por encontrarse muy lejos del centro del campo se ven vagamente desdoblados, lo que produce incertidumbre en las lecturas. Á pesar de todo esto en la 1ª parte de la línea y en general siempre que el terreno era plano, pudimos cerciorarnos de que dos medidas de un mismo tramo nunca diferían más de 1/300 de la distancia; pero cuando el terreno se hacía mas quebrado y la inclinación del anteojo pasaba de 10° ó 12°, la diferencia entre las dos medidas de un mismo tramo era á veces mayor; más aun, pudimos notar muchas veces que la indicación de la mira cambiaba constantemente, siendo imposible hacer las lecturas con certeza; estos cambios eran debidos á los movimientos de la mira; pero era imposible muchas veces conseguir que el que la llevaba la mantuviera siempre vertical.

Se empleó también para medir las distancias un método que consistía en medir una pequeña base á partir de un punto de la línea, tomando el ángulo de ésta con aquella y el ángulo bajo el cual se veía la base del otro punto de la línea cuya distancia al 1º se quería determinar; este ángulo, siempre muy pequeño, se repetía muchas veces hasta que su error probable fuese menos de 1/1000 de su valor; el otro ángulo, que se procuraba se acercase á 90° lo más posible, no se necesitaba con mucha aproximación y bastaba tomarlo con el pequeño instrumento empleado como telémetro.

Al trazar la tangente se referían á ella todos los antiguos monumentos frente á los que pasaba, así como las estaciones astronómicas, por medio de sus coordenadas polares á partir del punto alineado más próximo á ellas.

Para el paralelo 31° 47' se trazaron tres tangentes. Las dos primeras tuvieron una extensión de 80 k. y 21 k. respectivamente, y fueron trazadas por el Ingeniero Camilo A. González, Adjunto Astrónomo de la Comisión, auxiliado por el que suscribe, Ingeniero Ayudante entonces y el de igual clase, Luis R. Servín.

El levantamiento topográfico de la zona de dos y media millas al Sur de la línea quedó á cargo del Sr. Servín casi exclusivamente.

La tercera tangente fué trazada por el Ingeniero Felipe Valle, Adjunto Astrónomo, auxiliado por los Ayudantes antes citados. En esta parte también quedó á cargo del Sr. Servín la parte topográfica de la zona de dos y media millas al Sur de la línea.

Para el paralelo 31° 20' se trazaron 5 tangentes. Las dos primeras, con extensiones de 46 k. y 73 k. respectivamente, estuvieron á cargo del Sr. Valle auxiliado en la primera por el Ingeniero que suscribe, Ayudante entonces de la Comisión, y los Ingenieros Auxiliares, oficiales del E. M. E., Gaspar Martínez Ceballos y Carlos Kurezyn. Este último y el Ingeniero Ayudante M. Bancalari quedaron encargados especialmente de la parte topográfica.

En la segunda tangente, el que suscribe no tomó parte por haber pasado por orden de la Dirección á ocuparse de la colocación de los monumentos en el paralelo 31° 47'.

La 3ª, 4ª y 5ª tangentes fueron trazadas por el Adjunto Astrónomo Antonio R. Flores, Auxiliado por los Ingenieros auxiliares y ayudantes antes citados y por el Sr. Capº de E. M. E. José M. Bocanegra.

La topografía en la tercera tangente estuvo principalmente á cargo de los Sres. Martínez y Bocanegra, y en la cuarta al de los Sres. Martínez y Bancalari.

En todas las tangentes, los azimutes fueron observados por el Sr. Valle que durante todo ese tiempo estuvo encargado de la parte astronómica.