

VIII

**MEMORIA SOBRE LA SITUACION GEOGRAFICA
DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA**

*por el Ing. Manuel Medina Peralta**

* Del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

De acuerdo con el programa de participación de México en el Año Geofísico Internacional, se hicieron observaciones astronómicas en la caseta Norte del Observatorio Astronómico de Tacubaya, de octubre de 1957 a febrero de 1959, para obtener una nueva posición geográfica de dicho Observatorio.

El interés del Comité Mexicano del Año Geofísico Internacional al incluir esta operación en el programa nacional, fue para mejorar, en lo posible, la precisión de las coordenadas geográficas del Observatorio Nacional, empleando al efecto, el nuevo instrumental que poseía la Dirección de Geografía y Meteorología.

La dirección nombrada y el Instituto de Geofísica convinieron en llevar a cabo esta operación en forma cooperativa, proporcionando la primera su equipo astronómico Wild para ser usado por personal técnico del Instituto.

ANTECEDENTES. El Observatorio Astronómico de Tacubaya, situado en los suburbios de la Ciudad de México, fue el centro de las investigaciones astronómicas en México hasta hace pocos años. Actualmente, varias de sus funciones, especialmente la Astrofísica, están a cargo del Observatorio de Tonantzintla, ubicado a 15 Kms. SW. de la Ciudad de Puebla en un sitio alejado de las perturbaciones ciudadinas.

Durante los setenta y tantos años que estuvo activo el Observatorio de Tacubaya, se hicieron varias determinaciones de sus coordenadas geográficas, refiriéndolas al poste en que estuvo asentado el Círculo Meridiano.

Las primeras determinaciones adolecieron de la falta de instrumental adecuado y de la poca precisión que podía lograrse en la determinación de las longitudes geográficas.

Las coordenadas que consigna el Anuario Astronómico de Tacubaya para el círculo meridiano, son las siguientes:

Longitud W. de Greenwich	99°	11'	41".1	±	1".10
Latitud Norte	19°	24'	17".9	±	0".06

Los errores probables anotados —que no se consignan en el Anuario— fueron calculados por nosotros, en vista de los resultados que el mismo Observatorio ha publicado en diversas ocasiones. Un poco más adelante daremos a conocer estos resultados así como sus respectivas autoridades.

Como se observará, hay una fuerte disparidad entre las precisiones de la latitud y la longitud, lo que es explicable, dada la complicada técnica de fines del siglo pasado para la determinación de longitudes.

En el caso actual, además de contar con un instrumental moderno y de encontrarnos en la época del radio para la determinación de las longitudes, consideramos que la repetición de las operaciones durante un gran período de tiempo —uno o dos años— que será la duración del Año Geofísico, au-

mentará considerablemente la precisión final de éstas. Creemos que simplemente el hecho de igualar las precisiones en ambas coordenadas, justificará ampliamente esta nueva determinación.

En efecto, las determinaciones geográficas que hasta ahora se consideran más precisas, son las que se refieren a las posiciones "Laplace" y éstas se obtienen como sigue: Para la determinación de la longitud bastan tres noches de observación, con una determinación cada noche, por lo menos. Una determinación de longitud comprende normalmente dos determinaciones de la hora. Con respecto a la latitud, una determinación de primer orden depende de la observación de dieciséis parejas de estrellas, con un mínimo aceptable de doce parejas, cuyo error probable final no exceda de $\pm 0''.2$ (Véase, "Manual of Geodetic Astronomy" de Hoskinson, Coast and Geodetic Survey, pág. 36 y 64).

Recientemente la Unión Geodésica y Geofísica Internacional así como el Instituto Panamericano de Geografía e Historia han fijado la tolerancia de $\pm 0''.1$ en el error probable de ambas coordenadas.

En la operación efectuada durante el Año Geofísico Internacional, se multiplicó considerablemente el número de noches de observación; aunque no todas fueron aprovechadas por diversas causas, puede considerarse sin embargo, que el número de resultados parciales promediados fue superior al de una determinación ordinaria.

No esperamos, sin embargo, que la mayor precisión del resultado final sólo dependa del mayor número de observaciones, sino quizás de la mejor eliminación de los errores sistemáticos, por haber variado considerablemente las condiciones en que se practicaron las observaciones.

El instrumental de que se dispuso para las observaciones fue el siguiente:

Teodolito Astronómico "Wild" T-4.
Cronógrafo de tira marca "Fave".
Cronógrafo de cilindro marca "Gaertner".
Receptor de radio marca "Uster", tipo ZZE.
Cronómetro de tiempo sideral marca "Negus" N° 1763.
Cronómetro de tiempo medio marca "Blackie".
Amplificador electrónico.
Comparador de niveles de burbuja marca "Fauth".

Los métodos astronómicos empleados fueron: el de pasos meridianos de estrellas y recepción automática de las señales horarias de la estación WWVH, del National Bureau of Standards, para la determinación de la hora y la longitud; y el de Horrebow Talcott para la latitud.

Dos observadores trabajaron alternativamente; el Ing. Eduardo Paquen-

tin y el autor de esta memoria. Ambos cuentan con una experiencia de varios años en trabajos de Astronomía de Campo.

A fin de tener una idea de lo que puede esperarse de esta nueva determinación y en vista de los elementos disponibles ya mencionados, damos a conocer los datos que contiene el Instructivo oficial del C.S.A.G.I., en lo que se refiere al equipo requerido para las estaciones que participen en el plan internacional.

Esencialmente:

- a) Micrómetros impersonales para las observaciones astronómicas.
- b) Algunos guardatiempos de cristal de cuarzo de buena calidad.
- c) Equipo receptor de radio que garantice una recepción casi continua, con precisión adecuada, de las señales de radio emitidas por las demás estaciones del sistema mundial. Esta última condición requiere un cuerpo técnico adecuado.
- d) Empleo simultáneo de varios instrumentos.
- e) Determinaciones simultáneas de latitud, tan precisas como sea posible.

Consideramos que el instrumental de que se dispuso fue típicamente un equipo de campo, especialmente en lo que se refiere a guardatiempos, pues no sólo se careció de osciladores de cristal de cuarzo para el control del tiempo, sino que ni siquiera pudieron usarse los péndulos Rifler del Observatorio por haber estado éstos fuera de servicio de tiempo atrás.

Se intentó hacer observaciones simultáneas con dos zenitales; pero uno de ellos, el "Repsold and Sohn" No. 1, que nos fue facilitado por la Dirección de Geografía nos pareció bastante defectuoso por su uso de más de 50 años.

Por todo lo anterior consideramos que el trabajo astronómico que desarrollamos en el Año Geofísico Internacional, por el modesto instrumental usado, no corresponde a las precisiones que son de desearse en esta operación mundial.

Los datos preliminares de estas operaciones, como son la instalación, ajuste y determinación de constantes de los instrumentos, fueron expuestos en el opúsculo titulado: "Informe preliminar sobre la nueva determinación de las coordenadas geográficas del Observatorio de Tacubaya, en ocasión del Año Geofísico Internacional 1957-1958", elaborado por el Investigador del Instituto de Geofísica, señor Enrique Cobo, y revisado y ampliado por el autor de esta Memoria.

El informe actual omitirá, pues, algunos detalles ya dados a conocer en el Informe Preliminar y se limitará a exponer los resultados de las observaciones y sus errores probables. Se presentan estos datos finales en la forma de tablas, cuya secuencia se inicia en la Tabla 1, que es la continuación del registro original de observaciones.

DETERMINACION DE LA LONGITUD GEOGRAFICA.

Esta determinación requiere:

- a. El conocimiento de la "hora local".
- b. El conocimiento de la "hora universal".
- c. Ambas horas en un mismo instante físico.

Los factores que dan a conocer la hora local, en un instante dado, son: 1) El conocimiento de la corrección del guardatiempo, o ΔT en términos astronómicos, para un momento origen y 2) la marcha del guardatiempo, o sea lo que adelanta o atrasa en la unidad de tiempo, el minuto, generalmente.

El conocimiento de la "hora universal" se logra actualmente recibiendo las transmisiones por radio de las señales horarias de tiempo que emiten los principales observatorios mundiales.

La determinación de la "hora", para una operación de esta naturaleza, se obtiene por medio de la observación de pasos meridianos de estrellas, cuya operación efectuamos de acuerdo con las estipulaciones establecidas para el efecto.

Los resultados inmediatos de esta operación proporcionan el término t de la fórmula siguiente, que es la de Mayer:

$$\Delta T = (\alpha - t) - Aa - Bb - Cc - k$$

El significado de estas literales es bien conocido.

La Tabla No. 1 titulada "Observaciones de pasos meridianos de Estrellas" contiene los primeros resultados y consigna el valor del término $(\alpha - t)$ para cada estrella (Columna 6).

La Ascensión Recta (α) de cada estrella observada, se tomó del catálogo titulado: "Apparent Places of Fundamental Stars", publicado por His Majesty's Stationery Office, London. En dicho catálogo están consignadas las ascensiones rectas y las declinaciones "aparentes" de 1535 estrellas del tercer catálogo fundamental (FK₃), para cada diez días del mes.

Para reducir este dato a la fecha de la observación, se partió del día decimal próximo (0, 10, 20 o 30), y se interpoló por primera y segunda diferencias, aplicando la fórmula de Bessel:

$$f_n = f_o + n\Delta_{\frac{1}{2}} + B_n'' (\Delta_o'' + \Delta_1'')$$

en la que n es el factor de interpolación, $\Delta_{\frac{1}{2}}$ la primera diferencia, Δ_o ,

Δ_1 las segundas diferencias y $B_n'' = n \frac{(n-1)}{4}$

El factor de interpolación depende de la longitud del lugar de observación y de la fecha en que ésta se efectúe. Su valor es: $n = \frac{1}{10}$ (fecha de la observación — fecha del catálogo + diferencia de longitud expresada en días).

El tercer término de la fórmula se tomó de unas tablas que consignan las Efemérides Inglesas, con los argumentos Δ_o'' y Δ_1 .

El resultado f_n se corrige por el efecto de los términos de corto período de la nutación en longitud, por medio de la fórmula: $\Delta\alpha = d\alpha(\psi) d\psi + d\alpha(\epsilon) d\epsilon$ (segundos de tiempo), en la que $d\psi$ y $d\epsilon$ son los términos de corto período y oblicuidad, respectivamente, tabulados para todos los días del año en las Efemérides Inglesas antes mencionadas; y $d\alpha(\psi)$ $d\alpha(\epsilon)$, igualmente tabulados para cada estrella en las mismas Efemérides.

La literal t en el término $(\alpha-t)$ representa el tiempo cronométrico del paso de la estrella por el meridiano, corregido por:

- a) Ecuación de plumas.
- b) Marcha del cronómetro.
- c) Nivel (falta de horizontalidad del eje de alturas).
- d) Aberración diurna.
- e) Punto muerto del tornillo micrométrico.

La tercera columna de la Tabla No. 1 contiene los promedios brutos de diez observaciones correspondientes, tal como se registran en el cronógrafo.

La cuarta columna, en la que sólo se han escrito los segundos, representa la hora anterior corregida por las cinco causas de error citados. Sus valores se determinaron como sigue:

Ecuación de plumas: El cronógrafo en que se inscribió el paso de las estrellas por los hilos ficticios de la retícula, tiene dos plumas; una de las cuales anota los segundos del cronómetro por medio de una rayita vertical, y la otra los contactos eléctricos al cruzar la estrella por los hilos ficticios. Generalmente, ambas plumas están ligeramente defasadas; y su separación en el sentido del movimiento cronográfico, en unidades de tiempo, es lo que se llama ecuación de plumas.

Esta separación se mide haciendo funcionar a las dos plumas simultáneamente accionadas por el cronómetro. La separación de los trazos, expresada en unidades de tiempo es la ecuación buscada.

Marcha del cronómetro: Si el cronómetro tiene una marcha apreciable, su corrección o ΔT varía durante el curso de las observaciones. Para reducir cada tiempo observado al mismo instante, por ejemplo, a la época media de la observación de cada noche, se aplica la siguiente corrección:

$$R = (t - t_0) r$$

en la que t es la hora cronométrica del paso de la estrella por el meridiano; t_0 es el promedio de tiempos meridianos de todas las estrellas observadas en la noche que se calcula, y r es la marcha del cronómetro, expresada en las mismas unidades de tiempo que $t - t_0$.

Corrección por nivel: Cuando el eje de alturas del instrumento no es rigurosamente horizontal, el anteojo queda desviado hacia uno u otro lado del meridiano y, por lo mismo, las estrellas adelantarán o retrasarán su tránsito por el meridiano. Se corrige este error por medio de las lecturas del nivel colocado sobre el eje de alturas (nivel montante) tomadas en las dos posiciones del instrumento. La inclinación del eje del anteojo, expresada en segundos de tiempo es:

$$b = [(w - w') + (e - e')] d/60$$

en la que w y e son las lecturas de los extremos Oeste y Este de la burbuja, respectivamente, cuando la lectura más baja del nivel queda hacia el extremo Oeste; y w' y e' las lecturas correspondientes después de invertir el anteojo del instrumento.

La corrección final por nivel es: Bb , el tercer término de la fórmula de Mayer, en el que B es un factor constante para cada estrella, que depende de su declinación y de la latitud del lugar de observación. Este factor está tabulado en todos los tratados de Astronomía de Posición.

Corrección por Aberración Diurna: Esta corrección es debida al movimiento de rotación de la tierra, cuyo efecto es el de anticipar el paso de la estrella por el meridiano. Se calcula por medio de la fórmula:

$$k = 0^s.021 \cos \varphi \sec \delta$$

en la que φ es la latitud de la estación, y δ la declinación de la estrella. Se aplica con signo — a todas las estrellas observadas en su culminación superior.

Corrección por punto muerto del micrómetro. Cuando se sigue el movimiento de una estrella en el campo del anteojo por medio de un hilo reti-

cular impulsado por un tornillo micrométrico, existe un espacio muerto al cambiar la dirección del movimiento del micrómetro. Como las estrellas se observan en las dos posiciones del antejo, hay que variar la dirección del movimiento del tornillo micrométrico, lo que produce un espacio muerto, o sea una alteración en los tiempos que se registren en la tira cronográfica. Esta corrección se calcula por la fórmula:

$$l = \frac{1}{2} \frac{R}{100} (m \sec \delta)$$

en la que R es el valor de una revolución del micrómetro expresado en segundos de arco; m es el espacio muerto, en unidades de la división micrométrica y δ es la declinación de la estrella observada.

En el caso actual, la cantidad m para el micrómetro ocular del teodolito astronómico Wild, se determinó por medio de un gran número de lecturas hechas sobre la retícula fija del antejo, en cada uno de sus hilos, moviendo primero el tornillo en una dirección y después en la opuesta. El resultado de 30 lecturas fue el siguiente:

$$m = - 0.12333 \text{ div.}$$

Llevando este valor a la fórmula anterior y sustituyendo, a la vez, el valor de $\frac{1}{2}R = 77''.33$, queda:

$$l = - 0.006 \text{ sec } \delta \text{ en segundos de tiempo.}$$

En los Manuales de Astronomía de Posición se habla de la corrección por anchura de los contactos eléctricos. Se debe ésta al hecho de que los contactos no son instantáneos y aparecen en la tira cronográfica más o menos largos. Para evitar esta corrección, acostumbramos leer en la tira los dos extremos del contacto; el de adelante en la primera mitad de la observación, y el de atrás en la segunda mitad. Al promediar las lecturas queda eliminado numéricamente este error.

La sexta columna de la Tabla No. 1 da a conocer, para cada estrella en todas las noches de observación, el término $(\alpha - t)$. En atención a que el tercer término de la fórmula Bb ya fue aplicado, en calidad de corrección a t (hora bruta de observación), queda la fórmula reducida en un término.

Además, al efectuar la observación de cada estrella en las dos posiciones del antejo, se hace desaparecer el cuarto término de la fórmula de Mayer, o sea el Cc, que viene a medir el error de colimación del antejo.

Se llega, de esta manera a una ecuación, para cada estrella, de la forma:

$$\Delta T = (\alpha - t) - Aa$$

dado que el término correctivo por aberración diurna k ha sido también aplicado a t .

Como en cada noche de observación se observa un mínimo de seis estrellas, se tendrán otras tantas ecuaciones con dos incógnitas: ΔT y a , puesto que A es un coeficiente fijo para cada estrella y latitud dadas.

Estas ecuaciones pueden resolverse fácilmente por el método de los mínimos cuadrados y obtener así los valores más probables de ΔT y a . Algunas veces, cuando no se requiere una gran precisión, puede aplicarse a esta resolución un método abreviado del U.S. Coast and Geodetic Survey, consistente en sumar término a término las ecuaciones que tienen el factor A con el mismo signo, para llegar a dos ecuaciones con dos incógnitas.

El segundo parámetro indispensable para precisar la hora en un momento dado, es la "marcha" del guardatiempo o sea su adelanto o atraso en la unidad de tiempo.

El problema del guardatiempo en general y particularmente el de un instrumento conservador de tiempo con la mayor precisión, ha sido el mayor escollo que en todas las épocas ha presentado la determinación de longitudes. La invención del cronómetro marino obedeció a la necesidad de medir el tiempo en el mar, en donde no podía utilizarse el péndulo, para la determinación de longitudes geográficas.

La marcha de un guardatiempo se calcula por medio de la fórmula:

$$m = \frac{\Delta t - \Delta t_0}{t - t_0}$$

en la que Δt y Δt_0 son las correcciones absolutas del guardatiempo en las horas t y t_0 .

Hasta hace pocos años, la determinación de la marcha requería dos determinaciones de la "hora" en un intervalo de tiempo reducido. Generalmente, en el caso de la determinación de longitudes, se hacía una determinación antes y otra después de la comparación de tiempos entre la estación local y Greenwich. En la actualidad esta operación se hace con la mayor facilidad y precisión, por medio de las señales horarias que se emiten por radio.

La Tabla No. 2 consigna los resultados de las comparaciones por radio para obtener las marchas del cronómetro Sideral Negus Núm. 1763 empleado en las observaciones.

En la primera columna se consignan las fechas en las que se practicaron observaciones estelares para la determinación de la hora. La segunda columna, en la que figura la hora universal de las señales recibidas por radio y emitidas por la estación del National Bureau of Standards en Maui, Hawaii, con letras internacionales WWVH y frecuencia de 15 mc/s. Diariamente se recibieron tres grupos de señales: antes de la observación de estrellas, en el medio de la observación y después de la última estrella observada. Las señales extremas anotadas en la Tabla son el promedio de veinte señales, reducidas a la última señal, y están destinadas al cálculo de las marchas cronométricas. Las señales recibidas en el centro de la observación, consistentes en treinta, reducidas también a la última señal, están destinadas a la comparación con las horas simultáneas de Greenwich para la obtención de la longitud.

Todos los grupos de señales fueron recibidos y registrados automáticamente en el Cronógrafo de Tira Fave, con absoluta claridad y limpieza. (Véanse las lecturas consignadas en la Tabla 2 bis).

La columna 3 de la Tabla No. 2 contiene las indicaciones del cronómetro sideral Negus Núm. 1763 que corresponden a cada señal de tiempo universal, y están reducidas a la última señal y promediadas como aquéllas.

Para calcular las marchas cronométricas con los datos anteriores, puede procederse de dos maneras y son las siguientes: calcular las ΔT que corresponden a cada grupo de señales, empleando un valor aproximado de la longitud ($6^{\text{h}}36^{\text{m}}46^{\text{s}}.74$, por ejemplo), o bien comparar entre sí los intervalos entre las señales de tiempo medio, convertidos en intervalo sideral, con el intervalo registrado en el cronómetro Negus.

Se calcularon las marchas siguiendo ambos caminos, con resultados exactamente iguales. Los cálculos hechos de acuerdo con el segundo procedimiento, figuran en la Tabla No. 3, en la que se anotan en la columna siete tanto las marchas horarias como las marchas por minuto.

•

Con el conocimiento de la corrección cronométrica a una hora t_0 y la marcha m_m (marcha por minuto), puede calcularse la hora local para cualquier momento t , pues se tendrá:

$$t + \Delta t_0 + m(t - t_0)$$

faltando sólo, para resolver el problema de las longitudes, el conocimiento de la "hora universal" para el momento t , para obtener:

$$\text{Longitud} = \text{Hora universal} - \text{Hora local}$$

expresadas ambas horas en la misma clase de tiempo, medio o sidéreo.

La "hora universal" es transmitida por radio actualmente, de una manera continua, por varias estaciones mundiales, entre las cuales se cuentan las estaciones WWV y WWVH del National Bureau of Standards de los Estados Unidos de Norte América. Después de algunas experiencias encontramos que las señales que podíamos recibir y registrar automáticamente en el cronógrafo de tira Fave, eran las de la estación WWVH, situada en una pequeña isla del grupo de las islas Hawaii y que transmite en una frecuencia de 15 megaciclos por segundo.

En la Tabla No. 2 figura el registro de estas señales, siendo la central del grupo de las tres anotadas diariamente. Las señales extremas, o sean la primera y la tercera también representan tiempo universal, pero como se ha dicho anteriormente fueron recibidas en menor cantidad que la central.

La señal, tal como es emitida, debe corregirse de acuerdo con los datos que publica regularmente el "Bureau International de l'Heure (B.I.H.) de cuyos boletines tomamos los datos que, debidamente interpolados para la hora local, figuran en la cuarta columna de la Tabla No. 2.

También debe corregirse la señal emitida por el retardo de propagación, o sea el tiempo que emplea la onda en trasladarse del punto emisor al receptor. Sobre el particular nos dirigimos al "Central Radio Propagation Laboratory" de Boulder, Colorado, cuya respuesta nos llegó después de hacer las correcciones por retardo que recomienda el *Traité de Geodesie de Tardi Laclavere*, Tomo II, Pág. 121.

En efecto, en la página 122 de la obra citada se encuentra una tabla titulada: "Table donnant la durée de propagation en temps sideral (ondes courtes et ondes longues) en fonction de l'arc de grand cercle exprimé en degrés".

Todo el problema consistió en calcular el arco del círculo máximo entre las Islas Hawaii y Tacubaya, que resultó de 59 grados, y con este dato entrar a la tabla, para obtener una corrección de + 0°.024, cantidad que figura en la columna 5 de las tantas veces citada Tabla No. 2.

En la columna 6 figuran las "Horas definitivas UT2" de las señales que servirán para el cálculo de las longitudes.

Para calcular la longitud se puede proceder de dos maneras: la primera, que normalmente ha sido empleada por las Oficinas Geográficas de México, consiste en:

1. Cálculo de la hora.
2. Cálculo de las marchas del cronómetro.
3. Cálculo de la hora local de comparación.
4. Cálculo de la hora universal de comparación, en tiempo sideral del meridiano 0.

5. Conocidas las horas siderales en el meridiano 0 y en la estación considerada, su diferencia es la longitud de ésta.

El segundo procedimiento, más directo, es el siguiente: Se parte de la ecuación de Mayer ya reducida a dos términos:

$$\Delta T = (\alpha - t) - Aa \dots\dots\dots (1)$$

Si con los datos de comparación de las señales horarias con el cronómetro que se está usando en la estación, se calcula la $\Delta T'$ provisional, empleando para este cálculo un valor aproximado de la longitud (en nuestro caso, $6^h36^m46^s.74$) — se tendrá un resultado tanto más cercano al ΔT obtenido por la observación cuanto menor sea la diferencia entre las longitudes real y provisional. Se puede poner, entonces:

$$\Delta T' - \Delta T = \Delta \lambda$$

siendo $\Delta \lambda$ la diferencia entre las longitudes correcta e incorrecta.

La ecuación (1) queda entonces:

$$- \Delta \lambda = (\alpha - t - \Delta T') - Aa$$

o bien en forma de una ecuación de observación como sigue:

$$\Delta \lambda - Aa + (\alpha - t - \Delta T') = v$$

Formando una ecuación similar para cada estrella observada, el conjunto de las ecuaciones de cada noche de observación dan lugar a las dos ecuaciones normales siguientes:

$$\begin{aligned} n\Delta \lambda - [A] a + [(\alpha - t - \Delta T')] &= 0 \\ - A\Delta \lambda + [AA] a - [A(\alpha - t - \Delta T')] &= 0 \end{aligned}$$

Véase “Manual of Geodetic Astronomy”, de Hoskinson, Pág. 127.

Hemos seguido este segundo procedimiento para el cálculo de $\Delta \lambda$ y consiguientemente de λ . Los valores de $\Delta T'$ y de $(\alpha - t - \Delta T')$ para cada estrella figuran en las columnas 7 y 8 de la Tabla No. 1.

En los anexos que se incluyen adelante, se muestran los cálculos de longitud para los días 29 de octubre y 6 de noviembre. Los resultados de los cálculos para todos los días de observación, figuran en la segunda columna de la Tabla No. 6.

La columna 3 de esta última tabla contiene las correcciones a la longitud debidas al movimiento del polo.

Esta corrección está calculada, para cada uno de los días de observación por medio de la fórmula:

$$c = - 1/15 (x \operatorname{sen} \lambda - y \operatorname{cos} \lambda) \operatorname{tang.} \varphi$$

Con respecto a esta fórmula, que se sirvió enviarme el Dr. Stoyko, Jefe del Servicio Internacional de la Hora, con la indicación de aplicarla a las observaciones de la "hora" y en vista de no haber pasado por el cálculo de dicho elemento por haber usado la fórmula en que se obtiene directamente la longitud, la apliqué a ésta, cambiándole solamente el signo.

El cálculo de esta fórmula para los días de observación figura en la Tabla No. 5.

La Tabla No. 6 que contiene los resultados finales, muestra en su columna 5, los errores probables de cada determinación. Desde luego, por la magnitud de éstos podemos darnos una primera idea de la precisión que se obtuvo en las diversas determinaciones. Por otra parte, los errores probables nos servirán para determinar el peso de cada observación y promediar los resultados parciales y determinar el error probable final por las fórmulas que da a conocer la teoría de los errores.

Aplicando el principio de que los pesos de una serie de resultados son inversamente proporcionales a los cuadrados de sus errores probables, y tomando como unitario el peso de la observación que tiene el menor error probable, que corresponde a la efectuada el 5 de febrero de 1958, se tiene:

$$\frac{p}{1} = \frac{0.005^2}{E_p^2}$$

fórmula que indica que para obtener el peso de una de las observaciones contenidas en la Tabla No. 6, basta dividir el cuadrado de 0.005 entre el cuadrado del error probable de la observación deseada.

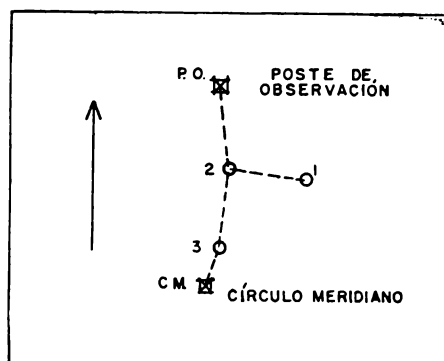
El resto del cálculo de los datos contenidos en la Tabla No. 6 se explica por sí mismo, llegándose a los valores finales siguientes:

$$\text{Longitud del Poste de Observación: } 6^{\text{h}}36^{\text{m}}46^{\text{s}}.722 \pm 0^{\text{s}}.007$$

En atención a que las coordenadas anteriormente determinadas se refieren al círculo meridiano del Observatorio, se hizo una referencia del Poste de Observación (P.O.) al poste base del círculo meridiano (C.M.), midiendo, al efecto, una pequeña poligonal entre ambos postes, para lo cual se orientó la línea 1 — 2 por observaciones solares.

En la página siguiente se encuentran los detalles de esta referenciación, así como el valor final de la longitud y su error probable.

LIGA DEL POSTE DE OBSERVACION AL CIRCULO MERIDIANO



Poligonal entre el Poste de Observación y el Cículo Meridiano

AZIMUT observado para el lado 1-2
308° 01'35"

2	Poste Obs.	0 04 08	18.36
	1	130 36 04	
	3	189 26 02	13.77
3	2	0 02 37	13.77
	Circ. Merid.	188 59 55	5.08

Observó: E. Cobo

Lado	Dist.	Rumbos	Seno	Coseno	Proyecciones		Coordenadas	
					x	y	X	Y
PO— 2	18.36	S 2 30 21E	0.0437215	0.9990465	0.8027	—18.3425	0.0000	0.0000
2— 3	5.08	S15 48 31W	0.1194295	0.9928435	—1.6445	—13.6714	0.8027	—18.3425
3—CM			0.272518	0.962152	—1.3844	— 4.8877	—0.8418	—32.0140
CM	13.77	S 6 51 33W					—2.2262	—36.9017

Diferencia de las coordenadas ortogonales entre el poste de Observación (P.O.) y el Cículo Meridiano (C.M.):

$$X = - 2.2262$$

$$Y = - 36.9017$$

Conversión de las coordenadas ortogonales en geodésicas:

$$\Delta\lambda = - x (G'); \quad \Delta\lambda = + y (B) - S - R$$

$$(G') = 0.03427416; \quad (B) = 0.03252257; \quad S = 0; \quad R = 0$$

$$\Delta\lambda = + 2.2262 \times 0.3427416 = + 0.0763$$

$$\Delta\lambda = -36.9017 \times 0.03252257 = - 1.2001$$

Calculó: F. Alonso Lerch

DATOS FINALES:

Coordenadas del Poste de Observación: LONGITUD	99° 11' 40.83"
Reducción al Cículo Meridiano	+ 0.076"
LONGITUD DEL CIRCULO MERIDIANO, AL W. DE GREENWICH	99° 11' 40.91 ± 0.102"

TABLA No. 1

OBSERVACIONES DE PASOS MERIDIANOS DE ESTRELLAS PARA EL CALCULO DE LA
HORA Y LA LONGITUD

Observatorio de Tacubaya, MEXICO Año Geofísico Internacional

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha-t-\Delta T'$
1957							
Oct. 29	31 Pegasi	22 19 19.499	19.446	22 19 27.704	+8.258	+8.320	-0.062
	36 Pegasi	22 26 54.662	54.592	22 27 02.924	+8.332	+8.314	+ .018
	η Aquarii	22 32 04.448	04.398	22 33 12.611	+8.213	+8.310	- .097
	B. D. Lacertae	22 52 58.138	58.061	22 53 06.504	+8.443	+8.294	+ .149
	β Pegasi	23 01 36.925	36.848	23 01 45.262	+8.414	+8.288	+ .126
	59 Pegasi	23 09 29.681	29.592	23 09 37.831	+8.239	+8.282	- .043
Nov. 6	λ Pegasi	22 44 36.968	36.926	22 44 31.213	-5.713	-5.663	- .050
	B. D. Lacertae	22 53 11.942	11.905	22 53 06.362	-5.543	-5.671	+ .128
	β Pegasi	23 01 50.776	50.728	23 01 45.142	-5.586	-5.673	+ .087
	59 Pegasi	23 09 43.410	43.366	23 09 37.733	-5.633	-5.676	+ .043
	z Piscium	23 37 54.043	53.992	23 37 48.280	-5.712	-5.684	- .028
	φ Andromedae	23 44 04.106	04.036	23 43 58.500	-5.536	-5.686	+ .150
	φ Pegasi	23 50 27.686	27.628	23 50 22.064	-5.564	-5.687	+ .123
	ω Piscium	23 57 16.041	15.983	23 57 10.236	-5.747	-5.689	- .058
Nov. 7	ζ Pegasi	22 39 30.524	30.409	22 39 22.675	-7.734	-7.796	+ .062
	λ Pegasi	22 44 38.971	38.879	22 41 31.196	-7.683	-7.802	+ .119
	μ Pegasi	22 48 07.101	07.006	22 47 59.305	-7.701	-7.803	+ .102
	B. D. Lacertae	22 53 14.128	14.088	22 53 06.343	-7.745	-7.807	+ .062
	59 Pegasi	23 09 45.588	45.497	23 09 37.719	-7.778	-7.821	+ .043
	γ Piscium	23 15 07.848	07.755	23 15 00.055	-7.700	-7.825	+ .125

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
Nov. 9	ζ Pegasi	22 39 34.086	34.000	22 39 22.657	-11.343	-11.337	-0.006
	λ Pegasi	22 44 42.542	42.421	22 44 31.178	-11.243	-11.342	+ .099
	B. D. Lacertae	22 53 17.607	17.545	22 53 06.321	-11.224	-11.352	+ .128
	β Pegasi	23 01 56.468	56.275	23 01 45.109	-11.166	-11.361	+ .195
	59 Pegasi	23 09 49.116	49.044	23 09 37.706	-11.388	-11.369	- .019
	γ Piscium	23 15 11.527	11.291	23 15 00.045	-11.246	-11.375	+ .129
	67 Pegasi	23 22 59.773	59.507	23 22 48.420	-11.087	-11.384	+ .297
Nov. 26	α Andromedae	0 06 00.910	00.686	0 06 13.940	+13.254	+13.260	- .006
	ψ Pegasi	0 12 13.660	13.300	0 12 26.674	+13.374	+13.256	+ .118
	41 Piscium	0 18 13.970	13.750	0 18 27.068	+13.318	+13.251	+ .067
	48 Piscium	0 25 49.714	49.458	0 25 62.723	+13.265	+13.246	+ .019
	ζ Andromedae	0 44 54.814	54.558	0 45 07.831	+13.273	+13.240	+ .033
	ϵ Piscium	1 00 33.756	33.508	1 00 46.874	+13.366	+13.223	+ .143
	β Andromedae	1 07 11.104	10.805	1 07 24.139	+13.334	+13.218	+ .116
	ζ Piscium	1 11 20.230	19.968	1 11 33.316	+13.348	+13.216	+ .132
Nov. 27	π Andromedae	0 34 28.557	28.224	0 34 39.378	+11.154	+11.137	+ .017
	ζ Andromedae	0 44 56.957	56.718	0 45 07.825	+11.108	+11.134	- .026
	68 Piscium	0 55 24.049	23.786	0 55 34.915	+11.129	+11.130	- .001
	ϵ Piscium	1 00 35.840	35.599	1 00 46.829	+11.230	+11.129	+ .001
	ν Piscium	1 16 59.753	59.544	1 17 10.715	+11.171	+11.124	+ .047
	η Piscium	1 29 04.331	04.140	1 29 15.361	+11.121	+11.121	000
	π Piscium	1 34 42.498	42.331	1 34 53.536	+11.205	+11.119	+ .086
Diciembre 7	41 Piscium	0 18 45.390	45.256	0 18 26.937	-18.319	-18.481	+ .162
	ν Andromedae	0 47 49.659	49.443	0 47 30.973	-18.470	-18.506	+ .036
	μ Andromedae	0 54 45.090	44.872	0 54 26.458	-18.414	-18.512	+ .098
	ϵ Piscium	1 01 05.312	05.127	1 00 46.768	-18.359	-18.517	+ .158
	η Ceti	1 06 48.039	47.822	1 06 29.581	-18.241	-18.522	+ .281

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha-t-\Delta T'$
Dic. 10	48 Piscium	0 26 32.706	32.905	0 26 02.567	-30.338	-30.143	-0.195
	ζ Andromedae	0 45 37.800	37.815	0 45 07.686	-30.129	-30.184	+ .055
	ζ Piscium	1 12 03.474	03.541	1 11 33.208	-30.333	-30.241	- .092
	O Piscium	1 43 41.992	41.951	1 43 11.693	-30.258	-30.310	+ .052
	α Trianguli	1 51 12.798	12.747	1 50 42.563	-30.184	-30.326	+ .142
Dic. 14	ζ Andromedae	0 45 57.555	57.239	0 45 07.642	-49.597	-49.516	- .081
	68 Piscium	0 56 24.598	24.253	0 55 34.732	-49.521	-49.535	+ .014
	ε Piscium	1 01 36.568	36.252	1 00 46.722	-49.530	-49.506	- .024
	β Andromedae	1 08 13.704	13.322	1 07 23.944	-49.378	-49.556	+ .178
	ν Piscium	1 18 00.431	00.048	1 17 10.564	-49.484	-49.574	+ .090
	η Piscium	1 30 05.158	04.938	1 29 15.241	-49.697	-49.596	- .101
	π Piscium	1 35 43.397	43.094	1 34 53.424	-49.670	-49.606	- .064
Dic. 17	ν Andromedae	0 47 32.877	32.482	0 47 30.822	-1.660	-1.712	+ .052
	u Andromedae	0 54 28.445	28.043	0 54 26.320	-1.723	-1.717	- .006
	ε Piscium	1 00 48.742	48.382	1 00 46.677	-1.705	-1.722	+ .017
	η Ceti	1 06 31.428	31.052	1 06 29.486	-1.566	-1.726	+ .160
	ν Piscium	1 17 12.606	12.168	1 17 10.516	-1.652	-1.733	+ .081
	ν Andromedae	1 34 23.273	22.775	1 34 21.206	-1.569	-1.745	+ .176
	γ Piscium	1 39 17.933	17.492	1 39 15.781	-1.711	-1.748	+ .037
1958							
Enero 14	ζ Arietis	3 12 34.563	34.556	3 12 30.605	-3.951	-3.803	- .148
	5 Tauri	3 28 38.639	38.609	3 28 34.665	-3.944	-3.820	- .124
	10 Tauri	3 34 48.913	48.868	3 34 45.122	-3.746	-3.837	+ .091
	η Tauri	3 45 04.814	04.768	3 45 00.872	-3.896	-3.838	- .058

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
Enero 14	Piazzi (s. 187)	3 50 51.332	51.274	3 50 47.490	-3.784	-3.844	+ .060
	43 Tauri	4 06 48.591	48.560	4 06 44.829	-3.731	-3.861	+ .130
	μ Tauri	4 13 20.636	20.592	4 13 16.829	-3.763	-3.868	+ .105
	54 Persei	4 17 46.818	46.777	4 17 42.936	-3.841	-3.873	+ .032
Enero 16	ρ Persei	3 02 40.669	40.802	3 02 30.541	-10.261	-10.291	+0.030
	55 Arietis	3 07 16.750	16.874	3 07 06.504	-10.370	-10.298	- .072
	ζ Arietis	3 12 40.822	40.937	3 12 30.583	-10.354	-10.305	- .049
	K Ceti	3 17 20.935	21.037	3 17 10.746	-10.291	-10.311	+ .020
	O Tauri	3 22 44.627	44.725	3 22 34.501	-10.224	-10.319	+ .095
	10 Tauri	3 34 55.362	55.439	3 34 45.103	-10.336	-10.335	- .001
	17 Tauri	3 42 34.634	34.707	3 42 24.445	-10.262	-10.346	+ .084
Enero 29	43 Tauri	4 06 48.354	48.344	4 06 44.658	-3.686	-3.677	- .009
	μ Tauri	4 13 20.136	20.350	4 13 16.677	-3.682	+3.682	+ .009
	γ Tauri	4 17 29.330	29.361	4 17 25.727	-3.634	-3.685	+ .051
	ϵ Tauri	4 26 14.980	14.972	4 26 11.466	-3.506	-3.691	+ .185
	Bradley 568	4 47 10.535	10.594	4 47 07.028	-3.566	-3.706	+ .140
	λ Aurigae	4 54 21.141	21.066	4 54 17.494	-3.572	-3.711	+ .139
	λ Tauri	5 00 40.571	40.694	5 00 36.954	-3.740	-3.716	- .024
	τ Orionis	5 15 39.296	39.431	5 15 35.694	-3.737	-3.727	- .010
Enero 30	γ Tauri	4 17 32.372	32.417	4 17 25.713	-6.704	-6.622	- .082
	δ Tauri	4 20 38.980	39.022	4 20 32.317	-6.705	-6.626	- .079
	ϵ Tauri	4 26 18.156	11.452	4 26 11.452	-6.660	-6.633	- .027
	α Tauri	4 33 38.914	38.953	4 33 32.276	-6.677	-6.642	- .035
	Piazzi 3.187	4 38 50.514	50.466	4 38 43.820	-6.646	-6.649	+ .003
	Bradley 658	4 47 13.644	13.546	4 47 07.009	-6.537	-6.659	+ .122
	λ Aurigae	4 54 24.126	24.047	4 54 17.480	-6.567	-6.668	+ .101
	16 Orionis	5 07 09.538	09.386	5 07 02.738	-6.648	-6.684	+ .036

(Sigue la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha - t$	$\Delta T'$	$\alpha - t - \Delta T'$
1958							
Feb. 5	δ Tauri	4 20 59.633	59.760	4 20 32.261	-27.499	-27.517	+ .018
	Piazz 4.148	4 39 11.253	11.291	4 38 43.767	-27.524	-27.525	+ .001
	ψ Aurigae	4 54 44.866	44.879	4 54 17.425	-27.454	-27.550	+ .096
	λ Tauri	5 01 04.420	04.418	5 00 36.896	-27.522	-27.556	+ .034
	τ Orionis	5 16 03.148	03.245	5 15 35.634	-27.611	-27.570	- .041
	ψ Aurigae	5 30 29.418	24.282	5 30 01.201	-27.481	-27.584	+ .103
	ϵ Orionis	5 34 34.281	34.277	5 34 06.686	-27.591	-27.588	- .003
Feb. 26	ζ Tauri	5 35 07.897	07.904	5 35 09.729	+1.825	+1.874	-0.049
	130 Tauri	5 44 59.203	59.201	5 45 00.922	+1.721	+1.865	- .144
	136 Tauri	5 50 41.274	41.268	5 50 43.111	+1.843	+1.861	- .018
	60 Orionis	5 56 39.832	39.815	5 56 41.569	+1.754	+1.855	- .101
	1 Geminorum	6 01 34.038	34.022	6 01 35.890	+1.868	+1.851	- .017
	7 Monocerotis	6 17 41.320	41.286	6 17 43.034	+1.748	+1.837	- .089
	ϵ Monocerotis	6 21 32.631	32.597	6 21 34.298	+1.701	+1.834	- .133
	ν Geminorum	6 26 28.310	28.275	6 26 30.124	+1.849	+1.830	+ .019
	13 Monocerotis	6 30 38.126	38.085	6 30 39.793	+1.708	+1.826	- .118
	51 Aurigae	6 35 45.468	45.446	6 35 47.320	+1.874	+1.882	+ .052
	ϵ Geminorum	6 41 21.289	21.242	6 41 23.012	+1.770	+1.817	- .047
Feb. 28	ζ Tauri	5 35 11.960	12.008	5 35 09.698	-2.310	-2.392	+ .082
	130 Tauri	5 45 03.298	03.305	5 45 00.892	-2.415	-2.388	- .027
	1 Geminorum	6 01 38.316	38.249	6 01 35.861	-2.388	-2.381	- .007
	7 Monocerotis	6 17 45.443	45.422	6 17 43.005	-2.417	-2.374	- .043
	ν Geminorum	6 26 32.591	32.446	6 26 30.098	-2.348	-2.370	+ .022

(Termina la tabla No. 1)

FECHA Greenw	ESTRELLAS	Hora cronom. del paso t'	Segundos t	Ascensión recta α	$\alpha-t-\Delta T'$	$\Delta T'$	$\alpha - t$
Mzo. 13	ω Geminorum	7 00 19.435	18.755	6 59 53.219	-25.536	-25.466	— .070
	2G Canis Min.	7 06 01.110	00.495	7 05 35.017	-25.478	-25.464	— .014
	λ Geminorum	7 16 08.816	08.169	7 15 42.706	-25.463	-25.461	— .002
	z Geminorum	7 23 35.492	34.806	7 23 09.271	-25.535	-25.458	— .077
	α Geminorum	7 32 23.702	22.984	7 31 57.465	-25.519	-25.455	— .064
	α Canis Min.	7 37 34.212	33.593	7 37 08.062	-25.531	-25.454	— .077
Mzo. 15	τ Geminorum	7 23 37.026	36.790	7 23 09.247	-27.543	-27.455	— .088
	α Geminorum	7 32 25.134	24.997	7 31 57.441	-27.556	-27.451	— .105
	α Canis Min.	7 37 35.648	35.556	7 37 08.041	-27.515	-27.449	— .066
	k Geminorum	7 42 24.534	24.432	7 41 56.930	-27.502	-27.447	— .055
	φ Geminorum	7 51 25.512	25.312	7 50 57.880	-27.432	-27.443	+ .011
	β Canori	8 14 43.848	43.705	8 14 16.388	-27.317	-27.432	+ .115
	δ Canori	8 42 47.872	47.786	8 42 20.248	-27.538	-27.424	— .114
	η Hydrae	8 53 40.054	40.004	8 53 12.665	-27.339	-27.414	+ .075

TABLA NUM. 2

COMPARACIONES CON LAS SEÑALES DE TIEMPO UNIVERSAL DE LA ESTACION
 WWVH DEL NATIONAL BUREAU OF STANDARDS, EN MAUI, HAWAII,
 FREC.: 15/MC/S.

FECHA (Greenw)	Hora Univ.	Cronom. Negus Núm. 1763	CORRECCIONES emisión	propag.	Hora Univ. UT2
1957 Oct. 29	2 21 20	22 13 02.118	— 0.056	+ 0.024	2 50 54.968
	2 50 55	22 42 41.992			
	3 26 27	23 18 19.864			
Nov. 6	2 11 53	22 35 19.940	— 0.062	+ 0.024	2 50 50.962
	2 50 51	23 14 24.367			
	3 37 38	0 01 19.051			
Nov. 9	1 28 09	22 04 24.221	— 0.056	+ 0.024	2 22 07.968
	2 22 08	22 57 31.997			
	2 53 19	23 28 48.138			
Nov. 26	1 56 11	23 38 07.543	— 0.068	+ 0.024	2 48 27.966
	2 48 28	0 30 33.191			
	3 32 37	1 14 49.450			
Dic. 7	1 41 54	0 07 42.069	— 0.060	+ 0.024	2 13 54.964
	2 13 55	0 39 48.356			
	2 44 22	1 10 20.385			
Dic. 10	1 37 20	0 15 08.664	— 0.040	+ 0.024	2 21 29.984
	2 21 30	0 59 26.021			
	3 16 20	1 54 25.141			
Dic. 14	1 37 30	0 31 24.310	— 0.041	+ 0.024	2 20 38.983
	2 20 40	1 14 40.468			
	2 50 38	1 44 44.458			
Dic. 17	1 30 21	0 35 15.991	— 0.060	+ 0.024	2 05 04.964
	2 05 05	1 10 05.710			
	2 36 49	1 41 54.956			
1958 Ero. 14	2 06 07	3 01 33.540	— 0.061	+ 0.024	2 52 18.963
	2 52 19	3 47 53.185			
	3 26 20	4 21 59.805			

(Sigue la Tabla No. 2)

FECHA (Greenw)	Hora Univ.	Cronom. Negus Núm. 1763	CORRECCIONES emisión	propag.	Hora Univ. UT2
Ero. 16	1 50 55	2 54 18.658	— 0.048	+ 0.024	
	2 21 40	3 25 08.760			2 21 39.976
	2 57 45	4 01 19.729			
Ero. 29	1 32 56	3 27 25.302	— 0.049	+ 0.024	
	2 25 47	4 20 25.021			2 25 46.975
	3 25 37	5 20 24.894			
Feb. 5	1 02 39	3 25 03.052	— 0.054	+ 0.024	
	1 51 29	4 14 01.112			1 51 28.970
	2 41 19	5 03 59.356			
1958 Feb. 26	1 42 43	5 27 31.927	— 0.030	+ 0.024	
	2 26 17	6 11 13.103			2 26 16.994
	3 01 34	6 46 35.948			
Mar. 13	1 55 54	6 40 20.725	— 0.041	+ 0.024	
	2 42 34	7 27 08.368			2 42 33.983
	3 17 19	8 01 59.072			
Mar. 15	2 06 58	6 59 21.650	— 0.043	+ 0.024	
	3 02 32	7 55 04.744			3 02 31.981
	4 06 24	8 59 07.215			

TABLA NUM. 3

CALCULO DE MARCHAS DEL CRONOMETRO SIDERAL NEGUS 1753

FECHA (Greenw)	Señales WWVH	Cronom. Sid. Negus 1763	Correc- ción	Intervalo Sidéreo	Dif. Marcha	Hor. Marcha min.
1957 Oct. 29	2 21 20	22 13 02.118				
	3 26 27	23 18 19.864				— .04503
	1 05 07	1 05 17.746	+ 10.697	1 05 17.697	—0.049	— .00075
Nov. 6	2 11 53	22 35 19.940				
	3 37 38	0 01 19.051				— .01744
	1 25 45	1 25 59.111	+ 14.086	1 25 59.086	— .025	— .00029
Nov. 9	1 28 09	22 04 24.221				
	2 53 19	23 28 48.138				— .06469
	1 25 10	1 24 23.917	+ 13.826	1 24 23.826	— .091	— .00108
Nov. 26	1 56 11	23 38 07.543				
	3 32 37	1 14 49.450				— .04095
	1 36 26	1 36 41.907	+ 15.841	1 36 41.841	— .066	— .00068
Dic. 7	1 41 54	0 07 42.069				
	2 44 22	1 10 20.385				— .05172
	1 02 28	1 02 38.316	+ 10.262	1 02 38.262	— .054	— .00086
Dic. 10	1 37 20	0 15 08.664				
	3 16 20	1 54 25.141				— .12933
	1 39 00	1 39 16.477	+ 16.263	1 39 16.263	— .214	— .00216

(Sigue la Tabla No. 3)

FECHA (Greenw)	Señales WWVH	Cronom. Sid. Negus 1763	Correc- ción	Intervalo Sidéreo	Dif. Marcha Hor. Marcha min.
Dic. 14	1 37 30	0 31 24.310			
	2 50 38	1 44 44.458			— .10963
	1 13 08	1 13 20.148	+ 12.011	1 13 20.014	— .134 — .00183
Dic. 17	1 30 21	0 35 15.991			
	2 36 49	1 41 54.956			— .04141
	1 06 28	1 06 38.965	+ 10.919	1 06 38.919	— .046 — .00069
1958 Ero. 14	2 06 07	3 01 33.540			
	3 26 20	4 51 29.805			— .06489
	1 20 13	1 20 26.265	+ 13.178	1 20 26.178	— .087 — .00108
Ero. 16	1 50 55	2 54 18.658			
	2 57 45	4 01 19.729			— .08327
	1 06 50	1 07 01.071	+ 10.979	1 07 00.979	— .092 — .00137
Ero. 29	1 32 56	3 27 25.302			
	3 25 37	5 20 24.894			— .04301
	1 52 41	1 52 59.592	+ 18.511	1 52 59.511	— .081 — .00072
Feb. 5	1 02 39	3 25 03.052			
	2 41 19	5 03 59.356			— .05822
	1 38 40	1 38 56.304	+ 16.209	1 38 56.209	— .095 — .00097
Feb. 26	1 42 43	5 27 31.927			
	3 01 34	6 46 35.948			— .05160
	1 18 51	1 19 04.021	+ 12.953	1 19 03.953	—0.068 — .00086
1958 Feb. 28	1 06 17	4 58 57.311			
	2 41 19	6 34 14.881			+ .02582
	1 35 02	1 35 17.570	+ 15.611	1 35 17.611	+ .041 + .00043

(Termina la Tabla No. 3)

FECHA (Greenw)	Señales WWVH	Cronom. Sid. Negus 1763	Correc- ción	Intervalo Sidéreo	Dif. Marcha	Hor. Marcha min.
Mar. 13	1 55 54	6 40 20.725				
	3 17 19	8 01 59.072				+ .01984
	1 21 25	1 21 38.347	+ 13.374	1 21 38.374	+ .027	+ .00033
Mar. 15	2 06 58	6 59 21.650				
	4 06 24	8 59 07.215				+ .02756
	1 59 26	1 59 45.565	+ 19.620	1 59 45.620	+ .055	+ .00046

TABLA 4

CALCULO DE LA CORRECCION CRONOMETRICA $\Delta T'$, EN FUNCION DE UNA LONGITUD APROXIMADA: $\lambda' = 6^h36^m46^s.740$

FECHA Greenw.	Hora Sid. a 0 hrs.	Hora Univ. TU2	Corrección	$\Sigma - \lambda'$	Hora Cronomé- trica	$\Delta T'$
1957						
Oct. 29	2 28 13.988	2 50 54.968	+28 ^s .078	22 42 50.294	22 42 41.992	+ 8 ^s .302
Nov. 6	2 59 46.401	2 50 50.962	+28.067	23 14 18.690	23 14 24.367	— 5.677
Nov. 9	3 11 36.064	2 22 07.968	+23.349	22 57 20.641	22 57 31.997	—11.356
Nov. 26	4 18 37.533	2 48 27.966	+27.675	0 30 46.434	0 30 33.191	+13.243
Dic. 7	5 01 59.633	2 13 54.964	+22.000	0 39 29.857	0 39 48.356	—18.499
Dic. 10	5 13 49.318	2 21 29.984	+23.245	0 58 55.807	0 59 26.021	—30.214
Dic. 14	5 29 35.552	2 20 38.983	+23.105	1 13 50.900	1 14 40.468	—49.568
Dic. 17	5 41 25.210	2 05 04.964	+20.548	1 10 03.982	1 10 05.710	— 1.728
1958						
Ero. 14	7 31 48.814	2 52 18.963	+28.307	3 47 49.344	3 47 53.185	— 3.841
Ero. 16	7 39 41.929	2 21 39.976	+23.273	3 24 58.438	3 25 08.760	—10.322
Ero. 29	8 30 57.150	2 25 46.975	+23.949	4 20 21.334	4 20 25.021	— 3.687
Feb. 5	8 58 33.059	1 51 28.970	+18.313	4 13 33.602	4 14 01.112	—27.510
Feb. 26	10 21 20.661	2 26 16.994	+24.031	6 11 14.946	6 11 13.103	+ 1.843
Feb. 28	10 29 13.773	1 56 29.983	+19.138	5 49 16.154	5 49 18.540	— 2.386
Mzo. 13	11 20 23.963	2 42 33.983	+26.705	7 26 42.911	7 27 08.368	—25.457
Mzo. 15	11 28 22.076	3 02 31.981	+29.986	7 54 37.303	7 55 04.744	—27.441

TABLA No. 5

CALCULO DE CORRECCIONES A LA LONGITUD POR MOVIMIENTO DEL POLO

$$\text{Fórmula } c = - 1/15 (x \text{sen} \lambda - y \text{cos} \lambda) \text{ tang } \varphi$$

FECHA Greenw.	x	y	0.98716x	0.15982y	Suma	c
1957						
Oct. 29	+0.098	-0.090	+0.09674	-0.01438	+0.08236	-0.002
Nov. 6	+ .070	- .097	+ .06910	- .01550	+ .05360	- .001
Nov. 7	+ .055	- .100	+ .05429	- .01598	+ .03831	- .001
Nov. 9	+ .044	- .103	+ .04344	- .01646	+ .02698	- .001
Nov. 26	- .057	- .117	- .05627	- .01870	- .07497	+ .002
Nov. 27	- .064	- .117	- .06318	- .01870	- .08188	+ .002
Dic. 10	- .151	- .118	- .14906	- .01886	- .16792	+ .004
Dic. 14	- .172	- .120	- .16979	- .01918	- .18897	+ .004
Dic. 17	- .188	- .118	- .18559	- .01886	- .20445	+ .005
1958						
Ero. 14	- .266	- .061	- .26258	- .00974	- .27232	+ .006
Ero. 16	- .268	- .054	- .26456	- .00863	- .27319	+ .006
Ero. 29	- .274	- .001	- .27048	- .00015	- .27063	+ .006
Ero. 30	- .276	+ .004	- .27246	+ .00080	- .27166	+ .006
Feb. 5	- .279	+ .031	- .27542	+ .00495	- .27047	+ .006
Feb. 26	- .271	+ .157	- .26752	+ .02509	- .24243	+ .006
Feb. 28	- .269	+ .165	- .26555	+ .02637	- .23918	+ .006
Mzo. 12	- .249	+ .223	- .24580	+ .03564	- .21016	+ .005
Mzo. 15	- .245	+ .232	- .24185	+ .03708	- .20477	+ .005

TABLA No. 6

CALCULO FINAL DE LA LONGITUD Y SU ERROR PROBABLE

FECHA	LONGITUD Calculada	c	LONGITUD Reducida	E _p	v	vv	p	pvv
1957								
Oct. 29	6 36 46.699	— ^s .002	6 36 46.697	±0.009	+0.023	0.000529	0.31	0.000164
Nov. 6	.703	— .001	.702	.013	+ .018	.000324	.15	.000048
Nov. 7	.655	— .001	.654	.009	+ .066	.004356	.31	.001350
Nov. 9	.630	— .001	.629	.021	+ .091	.008231	.06	.000497
Nov. 26	.663	+ .002	.665	.013	+ .055	.003025	.15	.000454
Nov. 27	.721	+ .002	.723	.007	— .003	.000008	.51	.000005
Dic. 10	.734	+ .004	.738	.030	— .018	.000324	.03	.000010
Dic. 14	.758	+ .004	.762	.017	— .042	.001764	.09	.000158
Dic. 17	.666	+ .005	.671	.018	+ .049	.002401	.08	.000192
1958								
Ero. 14	.731	+ .006	.737	.024	— .017	.000289	.04	.000204
Ero. 16	.725	+ .006	.731	.016	— .011	.000121	.10	.000012
Ero. 29	.680	+ .006	.686	.017	+ .034	.001156	.09	.000104
Ero. 30	.752	+ .006	.758	.012	— .038	.001444	.17	.000245
Feb. 5	.709	+ .006	.715	.005	+ .005	.000025	1.00	.000025
Feb. 26	.787	+ .006	.793	.009	— .073	.005329	.31	.001652
Feb. 28	.725	+ .006	.731	.012	— .011	.000121	.15	.000018
Mzo. 13	.790	+ .005	.795	.009	— .075	.005625	.31	.001744
Mzo. 15	.769	+ .005	.774	.026	— .054	.002916	.04	.000117
SUMA			12961				3.90	0.006999
PROMEDIO			.720					

(Continúa de la Tabla No. 6)

$$\text{Promedio pesado} = \frac{\text{Suma } (p\lambda)}{\text{Suma } p} = \frac{2.81580}{3.90} = .722$$

$$\text{Error probable} = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{\text{Suma } pvv}{\text{Suma } p(n-1)}} = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{0.006999}{3.90 \times 17}} = \pm 0^{\circ}.070$$

Longitud del poste de observación 6^h 36^m 46^s .722 ± 0^s.007

ANEXO No. 1

CALCULOS DE LONGITUD

Fórmulas: $\Delta\lambda = Aa - (\alpha - t - \Delta T')$; $\lambda' = 6\ 36\ 46.74$; $\lambda = \lambda' + \Delta\lambda$

Fecha: 29 de Octubre de 1957			OBSERVADOR: Manuel Medina Peralta					
ESTRELLAS	A	($\alpha-t-\Delta T'$)	AA	A($\alpha-t-\Delta T'$)	Aa	$\Delta\lambda$	v	vv
31 Pegasi	+0.132	-0.062	0.017424	-0.008184	-0.053	+0.009	-0.050	0.002500
36 Pegasi	+ .184	+ .018	.033856	+ .003312	- .074	- .092	+ .051	.002601
n Aquarii	+ .339	- .097	.114921	- .032883	- .136	- .039	- .002	.000004
B. D. Lacertae	- .288	+ .149	.082944	- .042912	+ .115	- .034	- .007	.000049
β Pegasi	- .166	+ .126	.027556	- .020916	+ .006	- .060	+ .019	.000361
59 Pegasi	+ .191	- .043	.036481	- .008213	- .076	- .033	- .008	.000064
SUMAS: PROMEDS.	+0.392	+0.091	0.313182	-0.109796		-0.041 .740		0.005579
						$\lambda = 6\ 36\ 46.699$	± 0.009	

ECUACIONES NORMALES:

$$\begin{aligned}
 6.000 \Delta\lambda - 0.392 a + 0.091 &= 0 \\
 - 0.392 \Delta\lambda + 0.313182a + 0.109796 &= 0 \\
 2.352 \Delta\lambda - 0.143664a + 0.035672 &= 0 \\
 - 2.352 \Delta\lambda + 1.879092a + 0.658776 &= 0 \\
 &+ 1.735428a + 0.694448 = 0; a = - 0.40016 \\
 6.000 \Delta\lambda + 0.157 + 0.091 &= 0; \Delta\lambda = -0.041
 \end{aligned}$$

Longitud W. de Greenw. = $6\ 36\ 46.699 \pm 0.009$

ANEXO No. 2

CALCULOS DE LONGITUD

Fórmulas: $\Delta\lambda = Aa - (\alpha - t - \Delta T')$; $\lambda' = 6\ 36\ 46.74$; $\lambda = \lambda' + \Delta\lambda$

Fecha: 5 de Noviembre de 1957			OBSERVADOR: Eduardo F. Paquentín.					
ESTRELLAS	A	($\alpha-t-\Delta T'$)	AA	A($\alpha-t-\Delta T'$)	Aa	$\Delta\lambda$	v	vv
λ Pegasi	-0.075	-0.050	0.005625	+0.003750	+0.015	+0.065	-0.097	0.009409
β Pegasi	-.166	+.087	.027556	-.014442	+.034	-.053	+.017	.000289
B. D. Lacertae	-.288	+.128	.082944	-.036864	+.059	-.069	+.034	.001156
ψ Andromedae	-.651	+.150	.423801	-.097650	+.133	-.017	-.017	.000289
ζ Piscium	+.243	-.028	.059049	-.006804	-.050	-.022	-.017	.000289
ω Piscium	+.222	-.058	.049284	-.012876	-.045	+.013	-.051	.002601
59 Pegasi	+.191	+.043	.036481	+.008213	-.039	-.082	+.044	.001936
φ Pegasi	+.010	+.123	.000100	+.001230	-.002	-.125	+.088	.007744
Sumas	-0.514	+0.352	0.684840	-0.155443				0.023713
Promed.						-0.037		

ECUACIONES NORMALES:

$$\begin{aligned}
 8.000 \Delta\lambda + 0.514 a + 0.352 &= 0 \\
 0.514 \Delta\lambda + 0.684840a + 0.155443 &= 0 \\
 4.112 \Delta\lambda + 0.264196a + 0.180928 &= 0 \\
 4.112 \Delta\lambda + 5.478720a + 1.243544 &= 0 \\
 + 5.214524a + 1.062616 &= 0; a = -0.20378 \\
 8.000 \Delta\lambda - 0.105 + 0.400 &= 0; \Delta\lambda = -0.037
 \end{aligned}$$

Longitud W. de Greenwich = $6\ 36\ 46.703 \pm 0^s.013$

ANEXO No. 3

DETERMINACION DEL VALOR ANGULAR DEL NIVEL MONTANTE DEL TEODOLITO
ASTRONOMICO WILD T-4

Fecha: 25 de Julio de 1959

$$\text{Fórmula: } d = \frac{[xx] - \frac{[x]^2}{n}}{[xy] - \frac{[x][y]}{n}}$$

Núm. 1

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
115	0.1	29.4		14.75	1696.25
120	3.4	32.5	3.20	17.95	2154.00
125	6.2	35.1	2.70	20.65	2581.25
130	9.3	38.0	3.00	23.65	3074.50
135	13.0	41.7	3.70	27.35	3692.25
140	15.9	44.1	2.65	30.00	4200.00
145	18.3	47.5	2.90	32.90	4770.50
150	21.9	49.8	2.95	35.85	5377.50
155	25.9	53.7	3.95	39.80	6169.00
160	28.2	56.0	2.30	42.10	6736.00
165	31.9	59.5	3.60	45.70	7540.50

$$[x]=1540 \quad [x]^2=2371600 \quad [xx]=218350 \quad [m]=30.95 \quad [y]=330.70$$

$$[xy] = 47991.75 \quad n = 11 \quad [x][y] = 509278 \quad [mm] = 98.20$$

$$d = \frac{218350 - \frac{2371600}{11}}{47992 - \frac{509278}{11}} = \frac{2750}{1694} = 1''.62$$

Núm. 2 (Continúa el Anexo No. 3)

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
165	30.7	58.1		44.40	7326.00
160	27.2	54.7	3.45	40.95	6552.00
155	23.5	51.0	3.70	37.25	5773.75
150	21.1	48.4	2.50	34.75	5212.50
145	17.9	45.0	3.30	31.45	4560.25
140	15.2	42.4	2.65	28.80	4032.00
135	12.4	39.6	2.80	26.00	3510.00
130	10.1	37.1	2.40	23.60	3068.00
125	7.0	34.0	3.10	20.50	2562.50
120	4.0	31.0	3.00	17.50	2100.00
115	0.9	27.8	3.15	14.35	1650.25

$[x]=1540$ $[x]^2=2371600$ $[xx]=218350$ $[m]=30.05$ $[y]=319.55$
 $[xy] = 46347.25$ $n = 11$ $[x] [y] = 492107$ $[mm] = 92.49$

$$d = \frac{218350 - \frac{2371600 \cdot 319.55}{492107}}{11} = \frac{2750}{1619} = 1''.70$$

Núm. 3

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
150	58.2	32.0		45.10	6765.00
155	54.8	28.2	3.60	41.50	6432.50
160	51.3	25.0	3.35	38.15	6104.00
165	48.0	21.6	3.35	34.80	5742.00
170	44.8	18.3	3.25	31.55	5363.50
175	41.5	15.2	3.20	28.35	4961.25
180	38.0	11.8	3.45	24.90	4482.00
185	35.1	9.0	2.85	22.05	4079.25
190	32.2	6.1	2.90	19.15	3638.50
195	28.0	2.4	3.65	15.50	3022.50

$[x]=1725$ $[x]^2=2975625$ $[xx]=299625$ $[xy]=50590.50$ $[x] [y]=519.11$
 $[y]=301.05$ $[m]=29.60$

$$d = \frac{299625 - \frac{2975625 \cdot 301.05}{519.11}}{11} = \frac{2063}{-1341} = -1''.54$$

(Continúa el Anexo No. 3)

Núm. 4

Microm. (x)	BURBUJA		Movim. (m)	Prom. de Lecturas (y)	PRODUCTOS xy
	Ext. I	Ext. D			
165	30.7	58.1		44.40	7326.00
160	27.2	54.7	3.45	40.95	6552.00
155	23.5	51.0	3.70	37.25	5773.75
150	21.1	48.4	2.50	34.75	5212.50
145	17.9	45.0	3.30	31.45	4560.25
140	15.2	42.4	2.65	28.80	4032.00
135	12.4	39.6	2.80	26.00	3510.00
130	10.1	37.1	2.40	23.60	3068.00
125	7.0	34.0	3.10	20.50	2562.50
120	4.0	31.0	3.00	17.50	2100.00
115	0.9	27.8	3.15	14.35	1650.25

$$[x]=1540 \quad [x]^2=2371600 \quad [xx]=218350 \quad [x][y]=492107 \quad [y]=319.55$$

$$[xy]=46347.25$$

$$d = \frac{218350 - \frac{2371600}{11}}{46347 - \frac{492107}{11}} = \frac{2750}{1610} = 1''.70$$

RESUMEN

Julio 25, 1959		v	vv	
1	1.62	+	0.02	0.0004
2	1.70	-	.06	.0036
3	1.54	+	.10	.0100
4	1.70	-	.06	.0036
Promedio	1.64	±	0.03	vv=0.0176

Determinación hecha en Julio de 1957	d = 1.6364	+	0.0018	0.00000324
idem Julio de 1959	d = 1.6400	-	.0018	.00000324
PROMEDIO:	1.6382			0.00000648

ANEXO No. 4

COORDENADAS DEL POLO INSTANTANEO INTERPOLADO POR EL BUREAU INTERNATIONAL DE L'HEURE

FECHAS		X	Y	
1957	Octubre	8	+0.195	-0.045
	"	18	+ .146	- .070
	"	28	+ .098	- .090
	Noviembre	2	+ .074	- .096
	"	7	+ .050	- .102
	"	17	- .007	- .112
	"	27	- .070	- .118
	Diciembre	7	- .140	- .120
	"	17	- .229	- .102
1958	Enero	6	- .258	- .085
	"	16	- .269	- .051
	"	26	- .275	- .010
	Febrero	5	- .280	+ .036
	"	15	- .280	+ .090
	"	25	- .271	+ .157
	Marzo	7	- .259	+ .200
	"	17	- .239	+ .246
	"	27	- .213	+ .291
	Abril	6	- .181	+ .333
	"	16	- .149	+ .363
	"	26	- .116	+ .383
	Mayo	6	- .080	+ .400
	"	16	- .042	+ .415
	"	26	- .002	+ .425
	Junio	5	+ .038	+ .430
	"	15	+ .075	+ .427
	"	25	+ .108	+ .419
	Julio	5	+ .139	+ .406
	"	15	+ .170	+ .384
	"	25	+ .200	+ .352
	Agosto	4	+ .228	+ .318
	"	14	+ .255	+ .278
	"	24	+ .282	+ .234
	Septiembre	3	+ .305	+ .186
	"	13	+ .324	+ .135
	"	23	+ .340	+ .082

FECHAS		X	Y
Octubre	3	+ .349	+ .030
"	13	+ .333	— .022
"	23	+ .301	— .074
Noviembre	2	+ .263	— .124
"	12	+ .219	— .168
"	22	+ .171	— .204
Diciembre	2	+ .121	— .231
"	12	+ .068	— .248

ANEXO No. 5

DIVERSOS VALORES PARA LA LONGITUD DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA
OBTENIDOS EN EPOCAS ANTERIORES

OBSERVADORES	FECHA	PUNTOS INTERMEDIOS	RESULTADOS
Anguiano - Davis Norris		Veracruz-Galveston	6 ^h 36 ^m 46 ^s .07
Comisión Geográfica Exploradora		Veracruz-Galveston	47 ^s .26
González-Valle-Davis-Norris		Veracruz	46 ^s .79
Fernández - Luna			46 ^s .82
Landero-Valle-Fernández	1883	Ciudad Juárez	46 ^s .70
Landero-Valle-Anguiano	1883	Ciudad Juárez	46 ^s .65
Gama - González		Ciudad Juárez	46 ^s .84
Blanco - González	1891	Ciudad Juárez	46 ^s .11
Valle - González	1893	Nogales	46 ^s .70
Puga - González	1893	Puma	47 ^s .26
Gama		S. Luis Missouri-Laredo	46 ^s .67
Medina P. y Paquentín D.L.	1958	Señales de radio	46 ^s .727

NOMBRES COMPLETOS DE LOS OBSERVADORES MEXICANOS

Ing. Angel Anguiano.
Ing. Camilo González
Ing. Felipe Valle
Ing. Leandro Fernández
Ing. Valentín Gama
Ing. Jacobo Blanco
Ing. Guillermo Beltrán y Puga
Ing. Carlos F. de Landero
Ing. Manuel Medina Peralta
Ing. Eduardo F. Paquentín D.L.

DETERMINACION DE LA LATITUD GEOGRAFICA.

Se determinó esta coordenda aplicando el método de Horrebow-Talcott, empleando, al efecto, el mismo instrumento que se usó en la determinación de la hora, o sea, el Teodolito Astronómico Wild T-4 de la Dirección de Geografía y Meteorología.

Siendo de importancia esencial en esta observación la buena calidad de los niveles de latitud, se hizo un estudio cuidadoso del par de burbujas que, dentro de su estuche, lleva el instrumento Wild. Para el efecto se usó el comparador de niveles Fauth, ya empleado repetidas veces en estudios análogos.

En el Anexo No. 6 figuran los datos de las numerosas comparaciones efectuadas con uno y otro nivel, así como los resultados del cálculo y sus errores probables.

Es fácil apreciar, en los datos de registro de estas comparaciones, que la calidad de las burbujas es muy mediana. En efecto, se notará que uno y otro nivel son de muy diversa sensibilidad y que, el movimiento de sus burbujas, en relación con las indicaciones del micrómetro, revelan su curvatura y por ende su precisión, son variables.

En atención a que no se dispuso de otras burbujas —que por otra parte hubiera sido difícil adaptar al instrumento—, nos vimos precisados a utilizar las existentes.

La fórmula de Horrebow-Talcott para el cálculo de la latitud, es la siguiente:

$$\varphi = \frac{1}{2} (\delta_1 + \delta_2) + \frac{1}{2} (m_1 - m_2) R + \frac{1}{2} (n_1 - n_2) + \frac{1}{2} (r_1 - r_2)$$

Por medio de la observación se obtienen los datos para el cálculo de los términos segundo y tercero de la fórmula, en el supuesto de conocer el valor de una revolución del tornillo microtérmico, o sea R.

A continuación se expone, lo más concretamente posible, tanto el proceso de la observación como del cálculo.

Las observaciones de latitud se desarrollaron en tres períodos: de noviembre a diciembre de 1957, de marzo a diciembre de 1958 y durante enero y una parte de febrero de 1959.

Las observaciones efectuadas en el primer período, pueden considerarse de entrenamiento, pues ambos observadores usaban por primera vez el Teodolito Astronómico Wild.

Las observaciones efectuadas y logradas en su mayor parte durante el período de 1958, son las consignadas en esta memoria, pues están ajustadas a todos los márgenes de precisión reglamentarias.

Las observaciones ejecutadas el año de 1959 revelan que, dentro del intervalo de estos dos períodos de observaciones, se alteró el valor angular del

micrómetro, pues se obtuvieron datos sistemáticamente superiores, en varios décimos de segundo, con relación a los de 1958. Esta circunstancia motiva un estudio especial, ya programado, que se llevará a cabo tan pronto como lo permitan las condiciones atmosféricas.

La secuela normal de las operaciones de cada noche era la siguiente:

- a) Renivelación cuidadosa del instrumento.
- b) Verificación de la correcta posición meridiana del antejo.
- c) Determinación de la ΔT cronométrica por medio de las señales de radio de la estación WWVH.
- d) Observación de la primera estrella del par inmediato, anotando tanto la indicación del micrómetro como la hora de su paso por el meridiano.
- e) Lectura y anotación de ambos niveles de latitud.
- f) Giración del instrumento 180 grados para observar la segunda estrella del par.
- g) Observación de la segunda estrella.
- h) Lectura de ambos niveles de latitud.

El registro de campo contiene las siguientes columnas para las siguientes anotaciones:

Número del par de estrellas.

Hora cronométrica del paso meridiano de cada una de las estrellas del par.

Lectura micrométrica.

Hilos de la retícula sobre los que se hicieron las lecturas.

Nivel número 1.— Extremos N y S.

Nivel número 2.— Extremos N y S.

Notas.

OPERACIONES DE CALCULO.

No fue posible efectuar las operaciones de cálculo paralelamente a la observación de las estrellas, lo que hubiera sido deseable, para corregir inmediatamente alguna irregularidad.

De todos los términos de la fórmula de latitud, el más laborioso de calcular, por el número de operaciones que encierra, es el primero.

Consiste este cálculo en la determinación de las posiciones aparentes de las estrellas de cada par para la fecha y la hora de observación. Esto implica las siguientes operaciones:

1) Cálculo de las posiciones medias de las estrellas observadas para el año de la observación. Se realiza esta operación con las fórmulas siguientes:

$$\alpha_o = \alpha_m + (t_o - 1950) \text{ Var. Anual} + \frac{1}{2} (t_o - 1950)^2 (1/100 \text{ Var. Sec.})$$

$$\delta_o = \delta_m + (t_o - 1950) \text{ Var. Anual} + \frac{1}{2} (t_o - 1950)^2 (1/100 \text{ Var. Sec.})$$

2) Cálculo de las declinaciones aparentes, para el día y la hora de la observación, de todas las estrellas observadas. La fórmula usual es la siguiente:

$$\delta = \delta_o + \tau\mu' + g\cos(G + \alpha_o) + h\cos(H + \alpha_o) \text{ sen}\delta_o + i\cos\delta_o$$

Las fórmulas anteriores fueron usadas en el cálculo de estas observaciones de latitud.

Cuando se tenga la oportunidad de hacer estos cálculos en una máquina de cálculo electrónica, lo que economizará esfuerzo y tiempo, es preferible emplear las siguientes fórmulas:

$$\delta = \delta_o + \tau\mu' + i\cos\delta_o + X\text{sen}\alpha_o + Y\cos\alpha_o$$

en la cual

$$X = -(B + C \text{ sen}\delta_o); Y = D \text{ sen}\delta_o + A (a'/\cos\alpha_o)$$

Cualquiera que sea la fórmula por medio de la cual se calculen las declinaciones aparentes de las estrellas, debe comprobarse su cálculo haciéndolo por duplicado por dos calculadores, pues todo el desarrollo de los cálculos subsecuentes se basa en la exactitud del primer término de la fórmula, que alcanza el mayor valor numérico.

En el caso presente, los cálculos se operaron por diversas personas y en épocas muy separadas y ésto último motivó que se hicieran rectificaciones que demoraron los cálculos subsecuentes.

Tanto los datos de los "números independientes" como el de constantes de Bessel, se tomaron del "American Ephemeris and Nautical Almanach", cuya obra consigna estos datos para las Oh. de tiempo universal.

En la Tabla No. 7 titulada "Cálculo Preliminar de Latitud", en las columnas 4 y 5, figuran las declinaciones aparentes de cada una de las estrellas observadas, y en la columna 6 está su semisuma, que constituye el primer término de la fórmula de latitud.

El segundo término, $\frac{1}{2}(m_1 - m_2)R$ representa el segundo de importancia; pues si en la observación no se cometieran errores, la suma de estos dos primeros términos sería la latitud de la estación.

Debido a que generalmente se desconoce el valor de R, se parte de uno aproximado, por ejemplo, el obtenido en la observación inmediatamente anterior hecha con el mismo instrumento. En nuestro caso, la Oficina de

Geografía de la Dirección de Geografía y Meteorología nos proporcionó el dato de: $\frac{1}{2} R = 77''.33$.

Con el valor anterior y las diferencias micrométricas ($m_1 - m_2$) que para cada par observado se toman del registro de campo, se calcularon los valores de este término, cuyo signo es el de $z_s - z_n$, o sea la diferencia de distancias zenitales entre la estrella que culmina al sur del zenit y la opuesta.

La octava columna de la Tabla No. 7 contiene la corrección por nivel. Se calcula esta corrección por la fórmula:

$$\frac{1}{2} (n_1 - n_2) = \frac{1}{4} \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) \frac{1}{2} [(n_1 + n_2 + s_1 + s_2) - (n'_1 + n'_2 + s'_1 + s'_2)]$$

en la que d_1 y d_2 son los valores, en segundos de arco, de una división de los niveles 1 y 2, respectivamente; n_1 n_2 s_1 s_2 las lecturas de los extremos norte y sur de los niveles, antes de la inversión; y las acentuadas, después de la inversión. Se tomará como minuendo de esta resta, el paréntesis que corresponda a la observación hecha con el ocular hacia el "Este".

El factor de esta fórmula, de acuerdo con los datos que proporcionan las comparaciones de los niveles es igual a 0.14, de modo que para nuestro caso la fórmula de nivel puede escribirse como sigue:

$$\frac{1}{2} (n_1 - n_2) = 0.14 (\text{Suma niveles } e - \text{Suma niveles } w)$$

La corrección por refracción atmosférica está presentada por el término $\frac{1}{2} (r_1 - r_2)$ de la fórmula general y se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{1}{2} (r_1 - r_2) = 57''.9/2 \text{ sen } (z_s - z_n) \text{ sec}^2 \frac{1}{2} (z_s + z_n) \quad (\text{seg. arco})$$

El signo de esta corrección es el mismo de $\frac{1}{2} (m_1 - m_2)$.

Se promediaron los diversos resultados de la latitud preliminar, obteniéndose el valor: $19^\circ 24' 19''.794$, con un error probable de observación de $\pm 0''.468$.

Este cálculo preliminar tiene por objeto hacer un primer análisis de las observaciones para desechar las que se salgan de las tolerancias reglamentarias.

Según Hoskinson, en su manual of Geodetic Astronomy, pág. 78, las observaciones que deben desecharse son las siguientes:

- 1.—Aquellas cuyas discrepancias excedan de 3".
- 2.—Automáticamente las que excedan de $5e_p$, o sea 5 veces el error probable de observación.

3.—Finalmente, se considera como límite de tolerancia aceptable $3.5e_p$.

La Tabla No. 7 ya sólo contiene los pares de estrellas aceptables, de acuerdo con las tolerancias anteriores, que son las que rigen oficialmente al U.S. Coast and Geodetic Survey y al Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

En el caso actual, se verá que la discrepancia máxima es de $-1''.420$ y que la tolerancia, de acuerdo con el error probable de observación, fue de $\pm 1''.638$.

La Tabla No. 8 titulada "Cálculo de correcciones $\Delta\varphi$ y Δr a la latitud preliminar y al valor provisional del micrómetro", está formada de acuerdo con la siguiente teoría:

Designado por $\Delta\varphi$ a la corrección que debe aplicarse a la latitud preliminar, y φ la latitud correcta, se tiene:

$$\Delta\varphi = \varphi_m - \varphi$$

Si n es el número de latitudes aceptadas; $\Delta\varphi$ la corrección a la latitud preliminar; Δr la corrección a un $\frac{1}{2}R$, y finalmente, v' las discrepancias obtenidas en el cálculo preliminar, se tendrán n ecuaciones de la fórmula:

$$\Delta\varphi - M\Delta r = v' = v$$

En esta ecuación, M representa la diferencia micrométrica ($m_1 - m_2$).

Formando las ecuaciones normales se tendrán las siguientes ecuaciones tipo:

$$\begin{aligned} n \Delta\varphi - [M] \Delta r + [v'] &= 0 \\ -[M] \Delta\varphi + [M^2] \Delta r - [Mv'] &= 0 \end{aligned}$$

La Tabla No. 8 se ha formado para preparar y realizar el cálculo de estas ecuaciones, de cuya solución se obtienen las correcciones $\Delta\varphi$ y Δr , que aplicadas a los valores preliminares aproximarán más su valor real a las incógnitas Δr y φ .

Quedan por considerar cuatro correcciones para obtener el valor más probable de la latitud del Observatorio. Estas son:

- 1.—La reducción al polo medio.
- 2.—La asignación de sus pesos a las observaciones para su debida promediación.
- 3.—La reducción de la latitud al poste en que estuvo establecido el Círculo Meridiano del Observatorio, por haber sido este lugar al que se han referido todas las observaciones anteriores.
- 4.—La reducción de la latitud al nivel del mar.

Las tablas números 9 y 10 contienen los datos para reducir las latitudes obtenidas en los cálculos anteriores, al polo medio. En una determinación ordinaria, que por lo regular se efectúa en tres o cuatro noches de observaciones, se reducen éstas, en promedio, al polo medio. En el caso presente, por haberse desarrollado las observaciones en un largo período, la corrección se hizo a los valores parciales de cada noche.

La fórmula para calcular esta corrección es la siguiente:

$$\Delta\varphi = - (x \cos\lambda + y \operatorname{sen}\lambda)$$

en la que x e y son las coordenadas instantáneas del polo, expresadas en segundo de arco, y λ es la longitud oeste de la estación.

Las coordenadas instantáneas del polo, para las fechas de las observaciones, fueron interpoladas de los datos que publica el Bulletin Horaire de la Oficina de Longitudes de París.

En la Tabla No. 11 se hizo el cálculo del peso de cada par observado, ya corregido por movimiento del polo. Los valores de la latitud reducidos al polo medio figuran en la columna Núm. 8 de dicha Tabla, partiéndose de dichos valores para calcular sus pesos.

La Tabla No. 11 titulada "Cálculo del Promedio Pesado y su Error Probable" está basada en las siguientes fórmulas:

1) Peso de un par observado n veces

$$p = \frac{1}{\frac{\epsilon_{\delta_1}^2}{\delta_1} + \frac{\epsilon_{\delta_2}^2}{\delta_2} + \frac{4e^2}{n}}$$

en la que ϵ_{δ_1} y ϵ_{δ_2} son los errores probables de las declinaciones de las estrellas del par; e es el error probable de la observación, que en el caso actual fue de $\pm 0''.548$; y n el número de veces que se observó el par respectivo.

Los valores de ϵ_{δ_1} y ϵ_{δ_2} están tomados del Catálogo Fundamental de Boss, 1950, y constan en la columna 4 de la tabla 11.

2) Latitud pesada

$$\varphi = \frac{[p\varphi]}{[p]}$$

3) Error probable de la latitud pesada:

$$r_o = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{[pvv]}{[p] (m - 1)}}$$

m es el número de los pares observados.

Los valores numéricos de la latitud pesada y su error probable figuran al final de la tabla respectiva, habiendo anotado solamente los segundos, pues los grados y minutos de la latitud han permanecido invariantes desde la primera tabla.

La referencia del poste en que se efectuaron las observaciones al lugar en que por muchos años estuvo establecido el Círculo Meridiano del Observatorio, figura en la pág. 15 de esta Memoria, en la que se consigna la cifra — 1".200 como diferencia de latitudes entre el poste de observación y el Círculo Meridiano.

Finalmente, la corrección por "altitud" de la estación, y que según Hoskinson es una fórmula aproximada, pero que debe emplearse, dado que las latitudes anteriores han sido corregidas con el valor que proporciona dicha fórmula, se calcula por la expresión:

$$\Delta\varphi = - 0''.000171 \text{ hsen } 2\varphi$$

en la que h es la altitud de la estación y φ la latitud de la misma. Sustituyendo los valores $h = 2297.5\text{m}$ y $\varphi = 19^\circ 24'$, que corresponden al Observatorio, se obtiene la corrección por altitud, igual a — 0''.246.

•

En resumen, los datos finales de LATITUD para el Observatorio, son los siguientes:

LATITUD DEL POSTE DE OBSERVACION ..	19°24'19".594
REDUCCION AL CIRCULO MERIDIANO	—1".200
CORREC. POR ALTITUD DE LA ESTACION ..	—0".246
LATITUD DEL OBSERVATORIO (Circ. Merid.)	19°24'18".148 ± 0".058

CONCLUSION:

En vista de los errores probables obtenidos para ambas coordenadas, su expresión numérica deberá ser:

LATITUD NORTE	19°24'18".15 ± 0".06
LONGITUD OESTE	99°11'40".91 ± 0".10

AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL
 CALCULO PRELIMINAR DE LATITUD
 OBSERVACIONES EFECTUADAS EN EL AÑO DE 1958

TABLA No. 7
 TEODOLITO ASTRONOMICO
 Wild T-4

ESTACION TACUBAYA
 México

Par	Cat. Boss 1950	DECLINACIONES		$\frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2)$	MICROM $\frac{1}{2}(m_1 - m_2)$	NIVEL $\frac{1}{2}(n_1 - n_2)$	REFACC. $\frac{1}{2}(r_1 - r_2)$	19°24'	v'	v'v'	
<i>24 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Manuel Medina Peralta</i>											
57	10701	10779	35°31'23".113	3°02'44".195	19°17'03".654	+7 17.533	-0.928	+0.119	20.378	-0.584	0.341056
58	10959	11091	13 14 06 .657	25 37 59 .902	19 26 03 .280	-1 43.313	-0.647	-0.119	19.201	+0.593	0.351649
60	11781	11886	6 45 46 .691	32 05 21 .009	19 25 33 .850	-1 12.845	-0.534	-0.035	20.436	-0.642	0.412164
61	12037	12243	30 50 54 .275	8 13 10 .990	19 32 02 .632	-7 43.439	-0.098	-0.140	18.955	+0.839	0.703921
63	12690	12892	5 38 11 .566	33 04 42 .694	19 21 27 .130	+2 53.296	-0.267	+0.045	20.204	-0.410	0.168100
64	13112	13316	33 50 18 .363	4 50 05 .306	19 20 11 .834	+4 09.157	-0.422	+0.072	20.641	-0.847	0.717409
65	13414	13569	14 12 37 .355	24 35 27 .963	19 24 02 .659	+ 17.090	+0.408	+0.008	20.165	-0.371	0.137641
<i>25 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín</i>											
58	10959	11091	31 14 06 .655	25 37 59 .951	19 26 03 .303	-1 45.942	+1.209	-0.119	18.451	+1.343	1.803649
59	11358	11659	20 52 40 .870	18 14 02 .086	19 33 21 .478	-9 02.934	+1.659	-0.160	20.043	-0.249	0.062001
60	11781	11886	6 45 46 .673	32 05 21 .075	19 25 33 .874	-1 16.170	-1.209	-0.035	18.878	+0.916	0.839056
61	12037	12243	30 50 54 .340	8 13 10 .983	19 32 02 .662	-7 44.521	+1.912	-0.140	19.913	-0.119	0.014161
62	12373	12583	15 28 50 .680	23 08 49 .398	19 18 50 .039	+5 26.023	+3.512	+0.084	19.658	+0.136	0.018496
63	12690	12892	5 38 11 .544	33 04 42 .754	19 21 27 .149	+2 49.739	+1.982	+0.045	18.915	+0.879	0.772641
64	13112	13316	33 50 18 .474	4 50 05 .278	19 20 11 .876	+4 06.141	+0.942	+0.072	19.031	+0.763	0.582169
65	13414	13569	14 12 37 .362	24 35 28 .120	19 24 02 .741	+ 15.002	+1.842	+0.008	19.593	+0.201	0.040401
66	13679	13742	9 07 41 .215	29 50 37 .934	19 29 09 .574	-4 51.534	+0.928	+0.009	18.959	+0.835	0.697225
<i>26 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Manuel Medina Peralta</i>											
59	11358	11659	20 52 40 .911	18 14 02 .112	19 33 21 .512	-8 59.995	-0.973	-0.160	20.384	-0.590	0.348100
60	11781	11886	6 45 46 .659	32 05 21 .150	19 25 33 .904	-1 13.695	+1.040	-0.035	21.214	-1.420	2.016400
61	12037	12243	30 50 54 .401	8 13 10 .970	19 32 02 .686	-7 42.124	-0.450	-0.140	19.972	-0.178	0.031684
63	12690	12892	5 38 11 .526	33 04 42 .841	19 21 27 .184	+2 52.523	-0.220	+0.045	19.527	+0.267	0.071289
65	13414	13569	14 12 37 .389	24 35 28 .203	19 24 02 .796	+ 17.941	-0.295	+0.008	20.450	-0.656	0.430336

Par	Cat. Boss 1950		DECLINACIONES			MICROM $\frac{1}{2}(m_1-m_2)$	NIVEL $\frac{1}{2}(n_1-n_2)$	REFACC. $\frac{1}{2}(r_1-r_2)$	19°24'	v'	v'v'
			δ_1	δ_2	$\frac{1}{2}(\delta_1+\delta_2)$						
<i>27 de marzo de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín</i>											
55	10128	10237	3°27'33".838	35°08'33".510	19°18'03".674	+6 16.520	-0.183	+0.100	20.111	-0.317	0.100489
56	10392	10548	25 52 59 .505	12 55 00 .176	19 23 59 .840	+ 20.028	+0.366	0.000	20.234	-0.440	0.193600
58	10959	11091	13 14 06 .594	25 38 00 .009	19 26 03 .302	-1 43.313	+0.322	-0.119	20.193	-0.399	0.159201
60	11781	11886	6 45 46 .649	32 05 21 .225	19 25 33 .937	-1 13.850	0.000	-0.035	20.052	-0.258	0.066564
63	12690	12892	5 38 11 .512	33 04 42 .939	19 21 27 .226	+2 53.760	+0.155	+0.045	21.186	-1.392	1.937664
64	13112	13316	33 50 18 .657	4 50 05 .244	19 20 11 .950	+4 08.152	+0.366	+0.072	20.534	-0.740	0.547600

3 de diciembre de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín

2	346	425	1 27 39 .550	37 44 42 .744	19 36 11 .147	-11 47.647	-4.232	-0.347	18.921	+0.873	0.762129
5	846	1028	16 26 25 .307	22 24 11 .271	19 25 18 .289	-1 00.085	+0.956	-0.017	19.143	+0.651	0.423801
7	1093	1302	23 52 57 .140	14 43 38 .439	19 18 17 .790	+6 00.976	+1.294	+0.110	20.170	-0.376	0.141376
11	1766	1927	5 08 32 .330	33 37 48 .120	19 23 10 .225	+1 08.128	+1.237	+0.027	19.617	+0.177	0.031329
14	2064	2143	35 02 29 .379	3 27 44 .143	19 15 06 .758	+9 10.667	+1.153	+0.082	18.660	+1.134	1.285956
18	2601	2675	19 18 30 .641	19 25 26 .922	19 21 58 .782	+2 20.122	+0.675	+0.042	19.621	+0.173	0.029929

8 de diciembre de 1958.—OBSERVADOR: Ing. Eduardo Paquentín

74	32977	33062	9 57 14 .727	28 37 03 .288	19 17 09 .008	+7 09.104	+1.369	+0.121	19.597	+0.197	0.038809	
									Suma	673.007	-0.011	16.277995
									Promedio	19.794		

Error medio: $\frac{16.277995}{34-1} = \pm 0''.702334$

Error probable $\frac{2}{3} 0.702334 = 0''.468222$

Error probable del promedio $= \frac{0.468222}{\sqrt{34}} = 0''.08029$

Tolerancia: $3.5 \times 0.468222 = 1''.638777$

TABLA No. 8

CALCULO DE LAS CORRECCIONES $\Delta\phi$ y Δr a la latitud preliminar y al valor provisional del micrómetro, respectivamente, y de sus errores probables.

PAR. NUM.	M	M ²	Mv'	M Δr	LATITUD 19°24'	v	v v
<i>Fecha: 24 de marzo de 1958</i>							
57	+5.658	32.012964	-3.304272	-0.111236	20.267	-0.473	0.223724
58	-1.336	1.784896	-0.792248	+0.026266	19.227	+0.567	0.321489
60	-0.942	0.887364	+0.604764	+0.018520	20.454	-0.660	0.465600
61	-5.993	35.916049	-5.028127	+0.117822	19.073	+0.721	0.519841
63	+2.241	5.022081	-0.918810	-0.044058	20.160	-0.366	0.133956
64	+3.222	10.381284	-2.729034	-0.063344	20.578	-0.784	0.614656
65	+0.221	0.048841	-0.081991	-0.004345	20.161	-0.367	0.134689
<i>Fecha: 25 de marzo de 1958</i>							
58	-1.370	1.876900	-1.839910	+0.026934	18.478	+1.316	1.731856
59	-7.021	49.294441	+1.748229	+0.138033	20.181	-0.387	0.149769
60	-0.985	0.970225	-0.902260	+0.019365	18.897	+0.897	0.804609
61	-6.007	36.084049	+0.714833	+0.118098	20.031	-0.237	0.056169
62	+4.216	17.774656	+0.573376	-0.082886	19.575	+0.219	0.047961
63	+2.195	4.118025	+1.929405	-0.043154	18.872	+0.922	0.850084
64	+3.183	10.131489	+2.428624	-0.062578	18.968	+0.826	0.682276
65	-0.194	0.037636	+0.038994	-0.003814	19.589	+0.205	0.042025
66	-3.770	14.212900	-3.147950	+0.074118	19.033	+0.761	0.579121
<i>Fecha: 26 de marzo de 1958</i>							
59	-6.983	48.762289	+4.119970	+0.137286	20.521	-0.727	0.528529
60	-0.953	0.908209	+1.353260	+0.018736	21.233	-1.439	2.070721
61	-5.976	35.712575	+1.063728	+0.117488	20.089	+0.295	0.087025
63	+2.231	4.977361	+0.595677	-0.043861	19.483	+0.311	0.096721
65	+0.032	0.053824	-0.152192	-0.004561	20.445	-0.651	0.432801
<i>Fecha: 27 de marzo de 1958</i>							
55	+4.869	23.707161	-1.543473	-0.095724	20.015	-0.221	0.048841
56	+0.259	0.067081	-0.113960	-0.005092	20.229	-0.435	0.189225
58	-1.336	1.784896	+0.533064	+0.026266	20.219	-0.425	0.180625
60	-0.955	0.912025	+0.246390	+0.018775	20.071	-0.277	0.076729
63	+2.247	5.049009	-3.127824	-0.044176	21.142	-1.348	1.817104
64	+3.209	10.297681	-2.374660	-0.063089	20.471	-0.677	0.458329

PAR. NUM.	M	M ²	Mv'	MΔr	LATITUD 19°24'	v	v v
--------------	---	----------------	-----	-----	-------------------	---	-----

Fecha: 3 de diciembre de 1958

2	-9.151	83.740801	-7.988823	+0.179909	19.101	+0.693	0.480249
5	-0.777	0.603729	-0.505827	+0.015276	19.158	+0.636	0.404496
7	+4.668	21.790224	-1.755168	-0.091773	20.078	-0.284	0.080656
11	+0.881	0.776161	+0.155937	-0.017320	19.600	+0.194	0.037636
14	+7.121	50.708641	+8.075214	-0.139999	18.520	+1.274	1.623076
18	+1.816	3.283344	+0.313476	-0.035624	19.585	+0.209	0.043681

Fecha: 8 de diciembre de 1958

74	+5.549	30.791401	+1.093153	-0.109093	19.488	+0.306	0.093636
----	--------	-----------	-----------	-----------	--------	--------	----------

SUMA

+0.653	545.180213	-10.718430					16.608910
Promedio: 19.794							

Ecuaciones normales (Tipo):

Idem. numéricas:

$$n \Delta\varphi - [M] \Delta r + [v'] = 0$$

$$- [M] \Delta\varphi + [M^2] \Delta r - [Mv'] = 0$$

$$34000 \Delta\varphi - 0.653 \Delta r - 0.011 = 0$$

$$- 0.653 \Delta\varphi + 545.180213 \Delta r + 10.718430 = 0$$

Solución:

$$\Delta r = 0''.000$$

$$\Delta\tau = - 0''.020$$

RESULTADOS

	φ	$\frac{1}{2} R$
Valor Preliminar	19°24'19''.794	77''.33
Corrección	0''.000	- 0''.02
Valor Corregido	19°24'19''.794	77''.31

CALCULO DE ERRORES

Error probable de observación

$$e_p = \sqrt{\frac{0.22847981}{34-2}} = \pm 0''.478$$

$$\text{Error prob. de la latitud} \quad e_{\varphi} = \sqrt{\frac{0.22847981}{34 \cdot \frac{0.426409}{545.180}}} = \pm 0''.082$$

$$\text{Error prob. del v/r microm.} \quad e_r = \sqrt{\frac{0.22847981}{545 \cdot \frac{0.4264}{34}}} = \pm 0''.020$$

CALCULO DEL ERROR PROBABLE DE OBSERVACION

Estación Observatorio de Tacubaya

Observaciones el año de 1958

Par Núm.	LATITUD 19°24'	PROME- DIOS.	v	v v	Cálculos
57	20''.267				
58	19 .227		+0.081	0.006561	
	18 .478		+0.830	0.688900	
	20 .219	19.308	-0.911	0.829921	
59	20 .181		+0.170	0.028900	
	20 .521	20.351	-0.170	0.028900	
60	20 .454		-0.290	0.084100	
	18 .897		+1.267	1.605289	
	21 .233		-1.069	1.142761	
	20 .071	20.164	+0.093	0.008649	
61	19 .073		+0.658	0.432964	
	20 .031		-0.300	0.090000	
	20 .089	19.731	-0.358	0.128164	
62	19 .575				
63	20 .160		-0.246	0.060516	
	18 .872		+1.042	1.085764	
	19 .483		+0.431	0.185761	
	21 .142	19.914	-1.228	1.507984	

Par Núm.	LATITUD 19°24'	PROME- DIOS.	v	v v	Cálculos
64	20 .578		-0.572	0.327184	
	18 .968		+1.038	1.077444	
	20 .471	20.006	-0.465	0.216225	
65	20 .161		-0.096	0.009216	
	19 .589		+0.476	0.226576	
	20 .445	20.065	-0.380	0.144400	
				9.916179	
66	19 .033				
55	20 .015				
56	20 .229				
2	19 .101				
5	19 .158				
7	20 .078				
11	19 .600				
14	18 .520				
18	19 .585				
74	19 .488				

$$e = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{9.916179}{22-7}} = \pm 0''.548$$

TABLA No. 9

CALCULO de reducciones al polo medio para los días de observación.

FORMULA: $\Delta\varphi = - (x \cos\lambda + y \operatorname{sen}\lambda)$

FECHA	x	y	x cosλ	y senλ	-Δφ
1958 Marzo 24	-0.221	+0.278	+0.03532	+0.27443	+0.30975
" " 25	-0.218	+0.282	+0.03484	+0.27838	+0.31322
" " 26	-0.216	+0.286	+0.03452	+0.28233	+0.31685
" " 27	-0.213	+0.291	+0.03404	+0.28725	+0.32130
" Dic. 3	+0.116	-0.233	-0.01854	-0.23001	-0.24855
" " 8	+0.090	-0.241	-0.01438	-0.23790	-0.25228

$$\lambda = 99^\circ 11' 41'' \quad \operatorname{sen}\lambda = 0.98716$$

$$\cos\lambda = -0.15980$$

Las coordenadas instantáneas del polo fueron interpoladas de las Tablas que publica el "Bulletin Horaire".

TABLA No. 10
 REDUCCION DE LAS LATITUDES AL POLO MEDIO.
 OBSERVACIONES DEL AÑO DE 1958

Par Núm.	Fecha 1958	Latitud Final 19°24'	Reducc. al Polo Medio	Latitud final Reduc. al Polo
57	marzo 24	20".267	—0".310	19°24' 19".957
58		19 .227		18 .817
60		20 .454		20 .144
61		19 .073		18 .763
63		20 .160		19 .850
64		20 .578		20 .268
65		20 .161		19 .851
58	marzo 25	18 .478	—0".313	18 .165
59		20 .181		19 .868
60		18 .897		18 .584
61		20 .031		19 .718
62		19 .575		19 .262
63		18 .872		18 .559
64		18 .968		18 .655
65		19 .589		19 .276
66		19 .033		18 .720
59	marzo 26	20 .521	—0".317	20 .204
60		21 .233		20 .916
61		20 .089		19 .772
63		19 .483		19 .166
65		20 .445		20 .128
55	marzo 27	20 .015	—0".321	19 .694
56		20 .229		19 .908
58		20 .219		19 .898
60		20 .071		19 .750
63		21 .142		20 .821
64		20 .471		20 .150
2	Dic. 3	19 .101	+0".249	19 .350
5		19 .158		19 .407
7		20 .078		20 .327
11		19 .600		19 .849
14		18 .520		18 .769
18		19 .585		19 .835
74	Dic. 8	19 .488		19 .740
		672 .992	— 6.752	666 .240

TABLA No. 11

CALCULO DEL PROMEDIO PESADO Y ERROR PROBABLE
OBSERVACIONES DEL AÑO DE 1958

ESTACION TACUBAYA
MEXICO

PAR NUM.	ESTRE- LLAS	NUM. OBS.	ϵ δ	ϵ^2 δ	$\frac{4e^2}{n}$	P	φ 19°24'	P φ	v	vv	pvv
57	10701	1	0.1300	0.0169	1.20297	0.8117	19'' .957	16.199097	-0.363	0.131769	0.10695690
	10779		0.1100	0.0121							
58	10959	3	0.0320	0.0010	0.40099	2.4827	18 .993	47.153921	+0.601	0.361201	0.89675372
	11091		0.0290	0.0008							
59	11350	2	0.1200	0.0144	0.60148	1.6208	20 .036	32.474349	-0.442	0.195364	0.31664597
	11659		0.0330	0.0011							
60	11781	4	0.0600	0.0036	0.30074	3.1813	19 .849	63.145624	-0.254	0.064516	0.20556288
	11886		0.1000	0.0100							
61	12037	3	0.0420	0.0017	0.40099	2.4231	19 .418	47.051756	+0.176	0.030976	0.07505795
	12243		0.1000	0.0100							
62	12373	1	0.0410	0.0017	1.20297	0.8284	19 .262	15.956641	+0.332	0.110224	0.09130956
	12583		0.0500	0.0025							
63	12690	4	0.0900	0.0081	0.30074	3.0699	19 .599	60.166970	-0.005	0.000025	0.00007675
	12892		0.1300	0.0169							
64	13112	3	0.0430	0.0018	0.40099	2.4753	19 .691	48.741132	-0.097	0.009409	0.02329010
	13316		0.0340	0.0012							
65	13414	3	0.0320	0.0010	0.40099	2.4802	19 .752	48.988910	-0.158	0.024964	0.06191571
	13569		0.0350	0.0012							
66	13679	1	0.0350	0.0012	1.20297	0.8280	18 .720	15.500160	+0.874	0.763876	0.63248933
	13742		0.0600	0.0036							
55	10128	1	0.0700	0.0049	1.20297	0.8254	19 .694	16.255428	-0.100	0.010000	0.00825400
	10232		0.0600	0.0036							

(Sigue la Tabla No. 11)

56	10392	1	0.0460	0.0021	1.20297	0.8216	19 .908	16.356413	—0.314	0.098596	0.08100647
	10588		0.1100	0.0121							
2	346	1	0.0440	0.0019	1.20297	0.8291	19 .350	16.043085	+0.244	0.059536	0.04936130
	425		0.0360	0.0013							
5	846	1	0.0500	0.0025	1.20297	0.8198	19 .407	15.909859	+0.187	0.034969	0.02866759
	1028		0.1200	0.0144							
7	1093	1	0.0800	0.0064	1.20297	0.8262	20 .327	16.794167	—0.733	0.537289	0.44390817
	1302		0.0320	0.0010							
11	1766	1	0.0600	0.0036	1.20297	0.8190	19 .849	16.256331	—0.255	0.065025	0.05325548
	1927		0.1200	0.0154							
14	2064	1	0.0480	0.0023	1.20297	0.8242	18 .769	15.469410	+0.825	0.680625	0.56097113
	2143		0.0900	0.0081							
18	2601	1	0.0290	0.0008	1.20297	0.8290	19 .834	16.446386	—0.240	0.057600	0.04775040
	2675		0.0500	0.0025							
74	32977	1	0.1200	0.0144	1.20297	0.8207	19 .740	16.200618	—0.146	0.021316	0.01749404
	33062		0.0300	0.0011							
						<u>27.6164</u>		<u>541.106257</u>		<u>3.257280</u>	<u>3.70072745</u>

$$\varphi = \frac{541.106257}{27.6164} = 19''.594$$

$$r_0 = \pm 0.6745 \sqrt{\frac{3.70072745}{27.6164 \times 18}} = \pm 0''.0582069$$

ANEXO No. 6

DETERMINACION DEL VALOR ANGULAR DE LOS NIVELES
DE LATITUD NUMERADOS 1 Y 2

Nivel 1. (Graduación grande)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
0	107.0	129.9		118.45	0.00	Cámara a la derecha $d_1 = 1''.10$
5	106.5	133.1	1.35	119.80	559.00	
10	110.0	136.7	3.55	123.35	1233.50	
15	113.0	139.7	3.00	126.35	1895.25	
20	117.0	143.5	3.90	130.25	2605.00	
25	122.0	148.6	5.05	135.30	3382.50	
30	127.0	153.8	5.10	140.40	4212.00	
35	132.0	158.5	4.85	145.25	5083.75	
40	137.5	164.0	5.50	150.75	6030.00	
$[x]=180; [x]^2=32400; [m]=32.30; [y]=1189.90; [xy]=25001.00$ $[x^2]=5100 \quad [m^2]=143.92 \quad [x][y]=214182$						
40	139.0	165.5		152.25	6090.00	Cámara a la derecha $d_1 = 1''.11$
35	136.0	162.5	3.00	149.25	5223.75	
30	132.4	159.0	3.55	145.70	4371.00	
25	126.9	153.2	5.65	140.05	3501.25	
20	122.3	149.0	4.40	135.65	2713.00	
15	116.8	143.1	5.70	129.95	1949.25	
10	113.0	139.3	3.80	126.15	1261.50	
4	109.4	136.0	3.45	122.70	613.50	
0	106.8	133.0	2.80	119.90	0.00	
$[x]=180; [x]^2=32400; [m]=32.35; [y]=1221.60; [xy]=25723.25$ $[x^2]=5100 \quad [m^2]=139.59 \quad [x][y]=219888$						
90	164.5	135.1		149.80	13482.00	Cámara a la izquierda $d_1 = 1''.23$
95	160.5	131.2	3.95	145.85	13855.75	
100	156.0	126.7	4.50	141.35	14135.00	
105	151.7	122.5	4.25	137.10	14395.50	
110	146.2	117.1	5.45	131.65	14481.50	
115	141.8	112.8	4.35	127.30	14639.50	
120	138.9	109.9	2.90	124.40	14928.00	
125	135.4	106.3	3.55	120.85	16106.25	
130	133.0	104.1	2.30	118.55	15411.50	

(Sigue el Anexo No. 6)

Nivel 1. (Graduación grande)						
Micr.	NIVEL		Mov.	Prom.	xy	Notas y resultados
x	I	D		Lects. y		
130	135.0	106.0		120.10	15613.00	Cámara a la izquierda $d_1 = 1''.30$
125	137.6	108.7	3.05	123.15	15393.75	
120	140.5	11.7	2.95	126.10	15132.00	
115	143.1	114.4	2.65	128.75	14806.25	
110	146.9	118.0	3.70	132.45	14569.50	
105	151.7	123.0	4.90	137.35	14421.75	
100	156.0	127.2	4.25	141.60	14160.00	
95	160.7	132.0	4.75	146.35	13903.25	
90	164.7	136.0	4.00	150.35	13531.50	
100	164.5	134.9		149.70	14970.00	
105	160.0	130.3	4.55	145.15	15240.75	
110	154.0	124.5	5.90	139.25	15317.50	
115	149.4	119.9	4.60	134.65	15484.75	
120	144.0	114.4	5.45	129.20	15504.00	
125	141.8	112.2	2.20	127.00	15875.00	
130	138.8	109.2	3.00	124.00	16120.00	
135	135.3	106.0	3.35	120.65	16287.75	
140	134.0	104.5		119.25	16695.00	Cámara a la izquierda $d_1 = 1''.247$
135	136.8	107.2	2.75	122.00	16470.00	
130	139.7	110.1	2.90	124.90	16237.00	
125	142.8	113.4	3.20	128.10	16012.50	
120	147.1	117.9	4.40	132.50	15900.00	
115	151.4	122.0	4.20	136.70	15720.50	
110	156.0	126.7	4.65	141.35	15548.50	
105	160.4	131.0	4.35	145.70	15298.50	
100	164.6	135.0	4.10	149.80	14980.00	
15	106.6	136.0		121.30	1819.50	Cámara a la derecha $d_1 = 1''.026$
20	111.0	140.7	4.55	125.85	2517.00	
25	115.2	144.9	4.20	130.05	3251.25	
30	121.2	151.0	6.05	136.10	4083.00	
35	126.0	155.5	4.65	140.75	4926.25	
40	131.0	160.7	5.10	145.85	5834.00	
45	135.0	164.8	4.05	149.90	6745.50	

(Sigue el Anexo No. 6)

Nivel 1. (Graduación grande)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
45	136.5	166.3		151.40	6813.00	
40	133.7	163.4	2.85	148.55	5942.00	Cámara a la derecha
35	129.7	159.5	3.95	144.60	5061.00	
30	125.3	155.1	4.40	140.20	4206.00	
25	121.1	151.0	4.15	136.05	3401.25	$d_1 = 1''.239$
20	116.0	145.7	5.20	130.85	2617.00	
15	112.0	141.8	3.95	126.90	1903.50	
10	108.2	138.0	3.80	123.10	1231.00	
5	105.0	134.8	3.20	119.90	599.50	

RESUMEN

Fecha	d_1	v	vv
Agosto 1	1''.18	+ 0.02	0.0004
" "	1 .11	+ 0.09	0.0081
" 8	1 .23	- 0.03	0.0009
" "	1 .30	- 0.10	0.0100
" 15	1 .20	+ 0.02	0.0004
" "	1 .28	+ 0.08	0.0064
" "	1 .03	+ 0.17	0.0289
" "	1 .24	- 0.04	0.0016

PROMEDIO $d_1 = 1''.20 \pm 0''.02$

Nivel No. 2 (Graduación chica)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
30	3.8	20.7		12.25	367.50	
35	10.1	26.9	6.25	18.50	647.50	Cámara a la derecha
40	17.9	34.7	7.80	26.30	1052.00	
45	21.3	38.0	3.35	29.65	1186.00	
50	23.4	40.1	2.10	31.75	1587.50	$d_2 = 1''.119$
55	26.2	42.9	2.80	34.55	1900.25	
60	31.8	48.4	5.55	40.10	2406.00	
65	46.8	63.3	14.95	55.05	3578.25	

(Sigue el Anexo Nº 6)

Nivel No. 2 (Graduación chica)						
Micr. x	NIVEL		Mov.	Prom. Lects. y	xy	Notas y resultados
	I	D				
65	47.0	63.8		55.40	3601.00	
60	45.9	62.6	1.15	54.25	3255.00	Cámara a la derecha
55	44.0	60.7	1.90	52.35	2879.25	
50	25.9	42.3	18.25	34.10	1705.00	
45	23.2	40.0	2.50	31.60	1422.00	$d_2 = 0''.950$
40	21.2	38.0	2.00	29.60	1184.00	
35	18.0	34.8	3.20	26.40	924.00	
30	15.8	32.3	2.35	24.05	721.50	
25	5.4	22.0	10.75	13.20	330.00	
25	5.0	21.7		13.35	333.75	
30	8.0	24.7	3.00	16.35	490.50	Cámara a la izquierda
35	16.7	33.2	8.55	24.90	871.50	
40	19.2	35.8	2.60	27.50	1100.00	
45	21.8	38.1	2.45	29.95	1347.75	$d_2 = 1''.183$
50	23.7	40.1	1.95	31.90	1595.00	
55	26.1	42.7	2.50	34.40	1892.00	
60	29.7	46.1	3.50	37.90	2274.00	
65	46.5	63.0	16.85	54.75	3558.75	
65	47.1	63.7		55.40	3601.00	
60	46.1	62.4	1.15	54.25	3255.00	Cámara a la izquierda
55	44.6	60.9	1.50	52.75	2901.25	
50	26.1	42.3	18.55	34.20	1710.00	
45	23.7	39.9	2.40	31.80	1431.00	$d_2 = 0''.952$
40	21.7	37.9	2.00	29.80	1192.00	
35	17.9	34.1	3.80	26.00	910.00	
30	15.8	32.0	2.10	23.90	717.00	
25	5.8	22.0	10.00	13.90	347.50	
RESUMEN						
Fecha				d_2	v	vv
Agosto	22			1''.12	- 0.07	0.0049
"	"			0 .95	+ 0.10	0.0100
"	"			1 .18	- 0.13	0.0169
"	"			0 .95	+ 0.10	0.0100
PROMEDIO $d^2 = 1''.05 \pm 0''.04$						

SITUACION GEOGRAFICA DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA
MEXICO, D.F.

ESTADO ATMOSFERICO DURANTE EL PERIODO DE LAS OBSERVACIONES

FECHA	Tempera- tura ambiente	Dirección del viento	Velocidad del viento
1958 Marzo 24	19.6	SW	1.6 m/s
” 25	17.2	WSW	2.1
” 26	16.2	WNW	3.9
” 27	19.3	SW	2.0
Dic. 3	11.3	NNW	1.4
” 8	15.4	NNW	0.8
1959 Enero 15	14.3	NNW	0.6
” 17	15.2	C	0.2
” 22	14.7	WSW	0.8
” 24	15.0	SSW	2.0
” 26	13.8	C	0.3
” 27	13.1	C	0.3
” 28	14.2	C	0.0
” 29	14.6	C	0.4
” 30	15.3	WNW	3.7
” 31	13.5	SSE	1.5
Febro. 2	15.2	SSW	1.2
” 3	14.7	SW	1.3
” 4	14.5	SSW	1.0
” 6	12.9	WNW	3.9
” 9	16.9	SSE	0.7

Las anteriores observaciones se tomaron a las 21 horas de los días indicados.

OBSERVACIONES DE LATITUD DEL OBSERVATORIO DE TACUBAYA
EFECTUADAS EN DIVERSAS EPOCAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

AÑO	AUTORIDAD	INSTRUMENTO USADO	LATITUD
1884	Ing. Angel Anguiano.	Altazimut Troughton	19 24 17.5
1891	Ing. Guillermo Beltrán y Pu- ga.	Círculo Meridiano	17.90
1893	Ing. Camilo González.	Idem	17.91
1910	Ing. Valentín Gama.	Zenital Repsold	17.88
1916	Ings. Caballero y Vázquez Schiaffino.	Idem	17.53
1917	Ings. Sotero Prieto y Joaquín Gallo.	Idem	17.71
1917	Ing. Ignacio Avilés.	Círculo Meridiano	18.02
1917	Ing. M. Hernández Becerra.	Zenital Repsold	17.75
1918	Ing. Silverio Alemán.	Idem	18.00
1921	Prof. F. Escalante.	Idem	18.05
1924	Ing. L. Segura	Idem	18.34
1926	Ing. Joaquín Gallo.	Idem	18.29
1958	Ings. Manuel Medina Peralta y Eduardo Paquentín.	Teod. Astronómico Wild	18.15

PERSONAL COOPERADOR EN ESTE TRABAJO

Ing. Manuel Medina Peralta	Observador y Calculista, Jefe del Grupo.
Ing. Eduardo F. Paquentín	Observador, Calculista.
Ing. Federico Alonso Lerch	Calculista.
Sr. Enrique Cobo	Ayudante de Observador, Calculista.
Sr. Eliezer Erosa Irabién	Técnico en radio.
Srita. Elena Laura López Reyes	Calculista.
Sra. Ma. del Refugio Rentería	Mecanógrafa Cuadrista.
Srita. Concepción Medina Nicolau	Mecanógrafa Cuadrista.

México, D. F., Octubre de 1961.