UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE INGENIEROS

VARIOS PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LA DIRECCIÓN DEL MERIDIANO ASTRONÓMICO ; PRÁCTICA DE TOPOGRAFÍA ; PRÁCTICA DE ASTRONOMÍA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO

PRESENTA:

TAPIA, PAULINO

MÉXICO, D. F. 1903

Varios procedimientos para determinar la dirección del Meridiano Astronómico, y cuyas aplicaciones presenta co-mo tésis en su exámen de To-pógráfo é Hidrógrafo, el alumno Paulino Tapia.

Orientación
Practica de Topografía
Practica de Astronomía

Orientación

Para cumplir con la prescripción de ley, relativa á la orientación de planos, para conocer la declinación de la aguja magnética y en generál, el azimut de una linea cualquiera; es indispensable determinar previamente la dirección del Meridiano Astronómico, de cuyo conocimiento se derivan además interesantes aplicaciones, entre las que citaré principalmente la que tiene por objeto investigar antes de abandonar una estación trigonométrica para pasar á la siguiente, ó antes de cerrar un polígono, si existe ó nó algun error entre los angulos, pues es claro que será posible serciorarse de ello, determinando directamente el azimut de un lado cualquiera, y comparar el resultado con el azimut inverso deducido del cálculo, teniendo presente por si fuese necesario la convergencia de los meridianos.

Bajo este punto de vista, se comprende la importante aplicación de que seria objeto el problema de la orientación, para cuya resolución existen varios procedimientos, limitándome á exponer los siguientes, tanto porque con ellos se alcanza toda la presición necesaria en las operaciones topográficas, cuanto porque son los únicos de los que he hecho aplicaciones, y si es cierto que están en íntima relación con la Astronomía Práctica, en cambio su relativa sencillez los hace perfectamente adecuados á las distintas circunstancias en que se puede encontrar el Topógrafo, en relación con los instrumentos enteramente indispensables de que deba disponer.

Primer Método.

Si se conoce la hora del paso de una estrella E, (fig 1) por el meridiano de un lugar, y si en ese instante se pone en coincidencia con ella el centro de la retícula del telescopio de un instrumento, éste quedará situado en el plano Meridiano. Fijados los movimientos del teodolito, anotada la indicación C_o del círculo horizontal, y dirijiendo en seguida el telescopio á una señal A, haciendo por consiguiente la nueva lectura C, del círculo horizontal, la diferencia $C - C_o$, será el azimut de esa dirección.

fig 1.

El Sr. F. Diaz Covarrubias, en su tratado de Topografía, da una tabla por la que se puede deducir la hora del tránsito de la estrella Polar; pero puede suceder que por cualquier cáusa se carezca de dicha tabla ó que por circunstancias atmosféricas la Polar no sea visible en su oportunidad, y entonces el observador acudirá al Anuario del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya del que supongo estará provisto, para obtener los elementos necesarios con los que calculará la hora del tránsito, no solamente de varias circumpolares, sino también de un considerable número de estrellas, valiéndose para el efecto de las posiciones medias de éstas. Es decir, con la ascención recta y la declinación de una estrella, será fácil conocer: la hora exacta de su tránsito y la inclinación que se deba dar al telescopio para que en el campo de éste aparezca la mencionada estrella, y sea por consiguiente visible en el instante de la observación.

Las ascenciones rectas estan dadas en tiempo sidéreo, por ser éste el que se emplea en los cálculos astronómicos, y, como los relojes ó cronómetros de bolsa de los que por lo regular se hace uso en la práctica de las observaciones, están arreglados al tiempo solar medio, veremos cómo se procede para el caso en que, conociendo la hora sidérea, se tenga la equivalente en tiempo medio ó al contrario.

Un astro a, (fig 2), cuya ascención recta γa, y ángulo horario h, sean conocidos proporcionará la hora siderea T, por la relación: $T = \alpha + h$. Si el astro considerado es el Sol medio, su ángulo horario H, no será otra cosa sino la hora media que se cuente en ese instante, y, entonces la fórmula precedente, permitirá deducir de la hora media de un lugar, la sideral correspondiente y viceversa, cuando conozcamos la ascencion recta A del Sol Medio.

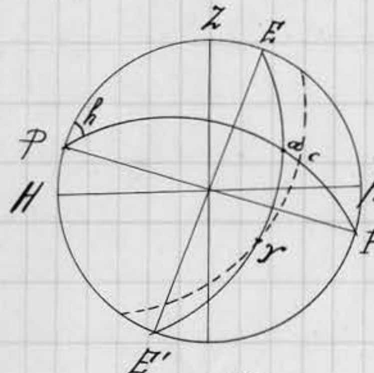

Fig. 2

Este dato, lo suministran los anuarios y las Efemérides, para todos los dias del año, asi es que siempre nos será posible resolver la relación $T = A + H$. Como éste último elemento está expresado en tiempo, y la unidad elegida para valuarlo es la hora, se entiende que la determinación exacta de ésta, debe hacerse previamente antes de ejecutar cualquiera observación. Además, como de los tres elementos que constituyen la ecuación $T = A + H$, sólo H, está indicado en tiempo medio, y los otros dos en sidéreo, habrá que expresar á H, tambien en esta ultima clase de tiempo, para que subsista la ecuación, es decir, habrá que convertir tiempo medio en tiempo sidereo ó bien al contrario si se presenta el problema inverso, y ésto se hace con el auxilio de algunas tablas, como las que se encuentran en la Astronomia del Sr. F. Diaz Covarrubias, en el Anuario del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya, ó simplemente valiéndose de la relación: $\frac{m}{S} = \frac{235.90944}{236.55533}$ de donde resulta:

$$m = 0.99726965$$

$$S = 1.00273790m.$$

en que m, designa una duración cualquiera expresada en tiempo medio, y S, su equivalente en tiempo sideral. La ecuación $T = A + H$, se convertirá entonces en $T = A + H + accl(H)$, representando por $accl(H)$, la corrección que indiquen las tablas ó que resulte del cálculo.

Para tener la hora media H, correspondiente á la sideral T, se aplicará la ecuación: $H = T - A - red(T - A)$, en que la diferencia $(T - A)$, no es mas que el ángulo horario H, expresado en tiempo sidéreo. Como en el instante en que un astro pasa por el meridiano, su angulo horario es nulo, entonces sucederá que la ascencion recta de ese astro, será la hora sidérea de su paso meridiano; es decir: se tendrá $T = \alpha$. Nada mas facil que indicar ésta hora en tiempo medio, bastando para ello substituir por T su valor en la ecuación $H = T - A - red(T - A)$, resultando: $H = \alpha - A - red(T - A)$. Esto quiere decir, que para conocer en un dia cualquiera, la hora media del tránsito de un astro por el meridiano de un lugar, bastará consultar en las Efemérides ó en el anuario, tanto la ascención recta del astro como la del Sol Medio en el dia considerado. Se restará de la ascención recta del astro, la ascención recta del Sol Medio, mas la corrección que den las tablas por (T- A).

Se comprende, que una vez conocida la hora media, para tener la cronométrica, es decir la hora que deba señalar nuestro reloj en el momento del tránsito del astro, se combinará con la hora media, la corrección y la marcha diaria del reloj.

La inclinación que debe tener el telescopio para que en su campo se presente la estrella, se deduce teniendo en concideracion la latitud φ, del lugar y la declinación δ, del astro. Si φ es mayor que δ, culminará la estrella al Sur del zenit, y si φ es menor que δ, pasara al Norte. Como en ambos casos la distancia zenital meridiana es igual á la diferencia de φ y δ, se tiene:

al Sur del Zenit.... $\zeta = \varphi - \delta$

al Norte del Zenit.... $\zeta = \delta - \varphi$.

Ejemplo:

En mi práctica de Astronomia, en el Observatorio N. de Tacubaya, calculé el dia 31 de Julio de 1902, la hora cronométrica á la que pasaría por el meridiano, la estrella α de la Ursæ Minoris, siendo la corrección del reloj que usé en la observación, de $-3^m\, 6^s.5$.

DATOS.

$\Delta t = -3^m\, 6^s.5$.

Ascención recta de la Polar = α = $1^h\ 24^m\ 24^s.34$
Ascencion recta del Sol medio = A = $8^h\ 33^m\ 46^s.76$.

Cálculo

α	= 1^h	24^m	$24^s.34$
A	= 8	33	46.76
α - A	= 16^h	50^m	$37^s.580$
red. por (T-A)	-	2	$45^s.568$
Hora media del tránsito = H =	16^h	47^m	$52^s.012$
Corrección del reloj	- (-	3^m	$06^s.500$
Hora Cronométrica . . .	= 16^h	50^m	$58^s.512$.

Como se vé, el momento del tránsito de la Polar, sería cuando el reloj indicara las $16^h 50^m 58^s.512$ ó en tiempo civil las $4^h 50^m 58^s$ de la mañana del día 1.ro de agosto.

Conocida por el cálculo precedente la hora del tránsito, no hay ̶ mas que ir minutos antes al lugar designado para hacer la orientación, centrar ahi el teodolito, nivelarlo lo mejor posible, y en seguida dirigir su telescopio á la estrella elegida, poniendo su imagen en el centro de la retícula, y mantenerla sobre el hilo vertical, hasta que el reloj indique el instante preciso de la observación, momento en que naturalmente todo movimiento del teodolito debe paralizarse, siendo por consiguiente la indicación meridiana, la lectura que en esta posición se haga en el círculo horizontal.

Este método, á pesar de ser demasiado facil, no solo en su ejecución, sino en los cálculos que demanda, no es de frecuente —

aplicación á causa de que presenta serios inconvenientes. En efecto, debiendo visar el astro en el momento preciso del paso, no es posible hacer observaciones repetidas cuya utilidad es indiscutible puesto que ellas eliminan casi todos los errores instrumentales; además, quizá la mayor parte de las veces, la hora del tránsito se tiene que esperar mucho tiempo del que no siempre se dispone, y, finalmente, como los elementos para calcular la hora del paso, están dados sólo para determinado meridiano, la aplicación de este método en otro lugar distante, exigiría cierta corrección en la hora que dependeria de la diferencia de las longitudes entre ambos lugares, y, la longitud como se sabe es un dato mas difícil aun de determinar.

II

Por azimutes de la estrella Polar.

En el método precedente, es condición indispensable esperar la hora del tránsito de una estrella

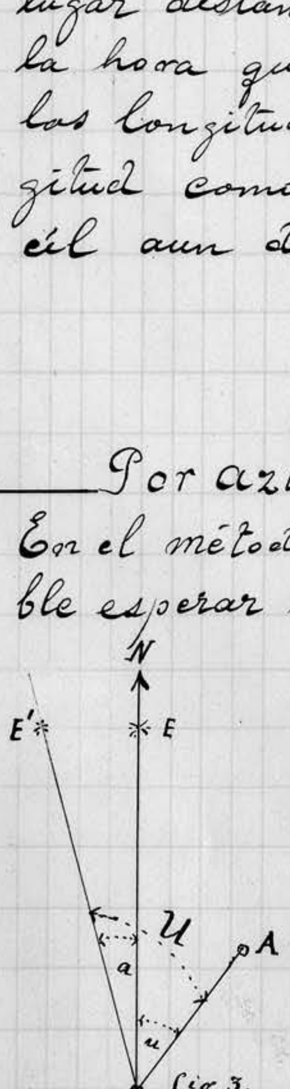

fig 3.

E, para determinar la dirección del plano Meridiano N S. (fig 3). Esta misma dirección será conocida, si se observa la estrella en una posición cualquiera E', pues es claro que calculando entonces el angulo a, y midiendo con el teodolito el E'S A, formado por las proyecciones horizontales S E' y S A, se obtendrá la dirección meridiana, y por tanto el azimut $u = U - a$, de la señal A. Por lo expuesto se vé, que lo que es indispensable ante todo conocer, es el angulo a, ó sea el azimut de la estrella, y éste se deduce de las consideraciones siguientes: _ Supongo

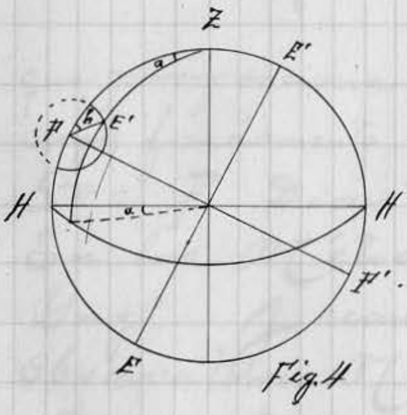
Fig. 4

que la estrella despues de su paso por el Meridiano, ocupa la posición E', en el círculo que describe al derredor del polo. Uniendo E' con el Zenit y el polo P, resultará con el meridiano formado un triángulo esférico Z P E', que se puede resolver perfectamente, puesto que para ello basta conocer tres de sus elementos de los que dos de ellos Z P y E'P, que por ser respectivamente la colatitud del observador y la distancia polar de la estrella, son datos comunmente ya conocidos, quedando sólo por determinar cualquiera de los ángulos, lo cual es facil, porque el angulo en P, por ser el ángulo horario de la estrella, se obtiene directamente valorizado en tiempo. Para ésto, solo es necesario anotar la hora T, en que se observe la estrella y calcular la T_0, de su paso por el meridiano, pues es claro que entonces el tiempo transcurrido entre la hora del paso y la de la observación, no será sino el valor de $P = T - T_0$.

Una vez conocido el valor de P, el problema se reduce á resolver un triángulo esférico, conociendo dos lados y el angulo comprendido, usando la fórmula correspondiente de Trigonometría Esférica, pero por ser a, generalmente muy pequeño, se simplifica el cálculo aplicando la fórmula:

$$a = \frac{\delta \operatorname{sen} P}{\operatorname{sen} \varphi} + \frac{\delta^2 \operatorname{sen} P}{\operatorname{sen} \varphi} \operatorname{sen} 1'' \cos P \cot \varphi.$$

que proporciona toda la exactitud necesaria, y cuyo fundamento se encuentra en la Astronomía del Sr: F. Dias Covarrubias. (pag 401).
En los Métodos Astronómicos del Sr: Yng.º Juan Mateos, en el Anuario del Observatorio N. de Tacubaya, y en algunos otros autores, se encuentran unas tablas especiales, que sólo demandan el conocimiento del ángulo horario y el de la latitud, para la determinación del azimut de la Polar, evitando naturalmente la necesidad de hacer el cálculo indicado en la fórmula anterior.
En lo que precede, supuse conocida la latitud φ, del lugar para el cálculo del azimut; pero puede suceder, que ésta magnitud no se conozca ni aun aproximadamente, y entonces con relativa facilidad puede obtenerse aplicando el Método del Sr: Yng.º D. Felipe Valle, que permite determinar al mismo tiempo por observaciones á la Polar, el azimut de ésta y la latitud del ob-

servador. La exposición clara y completa de éste método, se encuentra en el anuario del Observatorio N. de Tacubaya, y sería mucho atrevimiento de mi parte, abordar aquí el mismo asunto, por lo que sólo agregaré como aplicación, alguna de mis observaciones que hice durante mi práctica en aquel observatorio.

Agosto 2 de 1902.

Observaciones á la Estrella Polar, para la determinación del azimut y de la Latitud.

Posición Directa

DATOS

Hora en que se observó la Polar . . . . . $9^h\ 22^m\ 20^s$

Circulo vertical . . . . $19°\ 10'\ 35''.00$

Círculo Horizontal . . . . $286°\ 11'\ 40''.00$

Ascencion recta de la Polar . . . . . . $1^h\ 24^m\ 26^s.46$

δ Draconis { Hora en que se observó = $10^h\ 30^m\ 20^s.00$
ascención recta = A.R. $19^h\ 12^m\ 32^s.00$ −

Δt . . . = $-8^h\ 42^m\ 12^s.00$

Cálculo.

Hora en que se observó la Polar . . . . $9^h\ 22^m\ 20^s.00$

Δt . . . . $-8^h\ 42^m\ 12.00$

Hora sidérea aproximada de la observación = $18^h\ 04^m\ 32^s.00$

Ascención recta de la Polar. $-1^h\ 24^m\ 26^s.46$

$16^h\ 40^m\ 05^s.54$

$-\ 24^h\ 00^m\ 00^s.00$

Angulo horario de la Polar . . . . = $-7^h\ 19^m\ 54^s.46$

á la vuelta.

Círculo vertical	$19° 10' 35''.00$
Corrección por refracción	$- 2' 46''.10$
Altura verdadera . . .	$19° 07' 48''.90$
Reducción al Polo . .	$+ 25' 00''.00$
Latitud φ - - - - - - =	$19° 32' 48''.90$

Azimut . . . . =	$- 1° 12' 06''.6$
Circulo Horizontal . . =	$286° 11' 40''.0$
Indicación Meridiana =	$284° 59' 33''.4$

Posición Inversa

DATOS

Hora en que se observó la Polar	$9^h 44^m 58^s.5$
Circulo vertical	$19° 00' 45''.0$
Circulo Horizontal	$106° 05' 00''.0$
Ascencion recta de la Polar	$1^h 24^m 26^s.46$

δ Draconis:
- Hora en que se observó $10^h 30^m 20^s.00$
- A.R. . . . . . . $19^h 12^m 32.00$
- Δt - - - - - - $- 8^h 42^m 12^s.00$

Cálculo

Hora en que se observó la Polar	$9^h 44^m 58^s.5$
Δt . . . . =	$- 8^h 42^m 12^s.0$
Hora sidérea aproximada de la observación . =	$18^h 27^m 10^s.5$
Ascención recta de la Polar	$1^h 24^m 26.46$
	$17^h 02^m 44^s.04$
	$- 24^h 00^m 00^s.00$
Angulo horario de la Polar . . . . . =	$- 6^h 57^m 15^s.96$

A la vuelta

Circulo Vertical . . . . 19° 00' 45".00
Corrección por refracción . . . . – 2' 47".7
Altura Verdadera . . . . . 18° 57' 57".30
Reducción al Polo . . . . . + 18' 06".00
Latitud φ . . . . = 19° 16' 03".30

Azimut . . . . = – 1° 14' 19".2
Circulo Horizontal . . . . = 106° 05' 00".0
Indicación Meridiana = 104° 50' 40".8

Promedios

Latitud . . . . . . = 19° 24' 26".1
Azimut . . . . = – 1° 13' 12".9
Indicación Meridiana . = 284° 65 07".1

III

Por estrellas circumpolares en su mayor elongación.

De las distintas posiciones en que se encuentran las estrellas circumpolaris en los círculos que describen al derredor del polo, hay dos E E', en

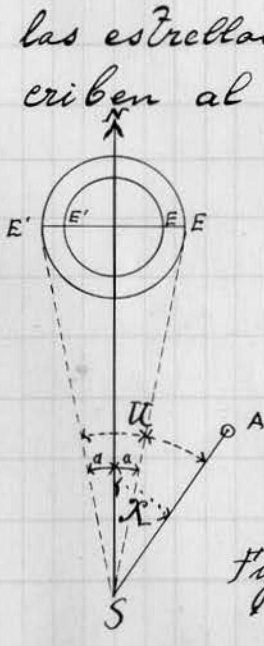

Fig. 5

que sus distancias al Plano Meridiano, son mayores que otras cuales quiera, y en donde se ha comprobado experimentalmente que sus movimientos azimutales, son sensiblemente nulos ó que, en esos instantes sus ángulos horarios son constantes para todos los puntos de un mismo paralelo. En estas circunstancias se dice que la estrella está en su mayor elongación, y ésta como se vé, bien puede ser oriental ú Occidental.

Siendo los azimutes a, iguales en ambas posiciones, el de la señal A, tendrá por expresión $X = U \pm a$.

Este método, en verdad no es mas que un caso particular del anterior, y al mencionarlo es porque, si bien es cierto que presenta el inconveniente de tener que operar solo á determinada hora que habrá las más veces que esperar, ofrece en cambio la ventaja de que, siendo los movimientos de las estrellas en los puntos de sus trayectorias que mencioné al principio sensiblemente nulos, se podrá por lo tanto hacer varias observaciones sin temer después de algunos minutos, ninguna influencia en la variación de sus azimutes.

Se comprende, que para proceder conforme á éste Método, habrá necesidad primeramente de investigar el valor del angulo horario en el momento de la elongación, pues sólo así nos será dable conocer la hora exacta en que se deba de ejecutar la observación. Para ésto,

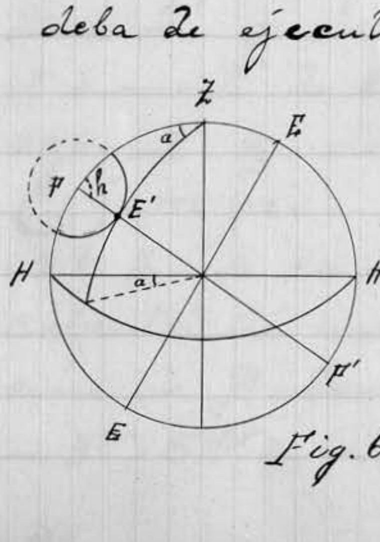

Fig. 6.

se tiene que, en el instante de la elongación, el vertical de la estrella es tangente al círculo que ésta describe en torno del polo, y por consiguiente, el triángulo esférico ZPE', será rectángulo en la estrella E'.

El valor $\underline{\underline{h}}$, del angulo horario, se deducirá entonces aplicando la fórmula correspondiente de Trigonometría Esférica: $\tan\varphi = \tan\delta\cos h$. de donde:

$$\cos h = \frac{\tan\varphi}{\tan\delta}.$$

φ y δ, son respectivamente la latitud del observador y la declinación de la estrella.
Conocido el valor de $\underline{\underline{h}}$, se podrá calcular la hora sidérea de la elongación, por la citada relación $T = \alpha + h$. Transformando ésta en tiempo medio por la fórmula $H = T - A - red(T-A)$, se obtendrá la hora media, de donde finalmente se deducirá la cronométrica como antes he indicado.
Del mismo triángulo esférico se tiene que el azimut de la estrella en su mayor elongación, es dado por la expresión:

$$\operatorname{sen} a = \frac{\cos\delta}{\cos\varphi}.$$

Conocido el valor de $\underline{\underline{a}}$, habrá que agregarlo ó substraerlo á la indicación que señale el circulo azimutal en el momento de la elongación, y se tendrá el azimut $\underline{x}$, de la señal A.
Ejemplo: El dia 2 de agosto de 1902, á la latitud de Tacubaya, $19°24'17''.5$, calculé la hora cronométrica de la elongación de Polar (α Ursae Minoris), siendo $-3^m\ 6^s.5$ la corrección del reloj.

DATOS

Latitud $= \varphi = 19°\ 24'\ 17''.5$.

Declinacion de la Polar $= \delta = +88°\ 47'\ 13''$.

Ascencion recta de la Polar $= \alpha = 1^h\ 24^m\ 26^s.46$

Ascencion recta del Sol medio á medio dia medio $= 8^h\ 40^m\ 42^s24 = A$.

Fórmulas $\cos h = \dfrac{\tan\varphi}{\tan\delta}$. $\operatorname{sen} a = \dfrac{\cos\delta}{\cos\varphi}$.

Cálculo

$\tan\varphi$ 9.5468522
$\tan\delta$ .... $-$1.6741773
$(\cos h)$ 7.8726749
h .. $= 89°\ 34'\ 21''.48 = 5^h\ 58^m\ 17^s.40$ en tiempo.

$\cos\delta$ 8.3255270
$\cos\varphi$ ...... $-$9.9746012
$(\operatorname{sen} a)$ 8.3509258
$a = 1°\ 17'\ 08''$.

α .. $= 1^h\ 24^m\ 26^s46$
h ... $= 5^h\ 58^m\ 17^s.40$
$\alpha + h = T = 7^h\ 22^m\ 43^s.86$
A ..... $= -8^h\ 40^m\ 42^s.24$
$T - A$ ... $22^h\ 42^m\ 01^s.620$
red$(T-A)$ .... $-3^m\ 43^s.136$
H . . $= 22^h\ 38^m\ 18^s.484$ = Hora media.
c ...... $= -(-3^m\ 06^s.5)$ .... corrección del reloj.
$22^h\ 41^m\ 24^s.984$ = Hora Cronométrica.

$T = \alpha + h$.
$H = T - A - \text{red}(T-A)$
$c = -3^m\ 6^s.5$

O en tiempo civil las $10^h\ 41^m\ 24^s.984$ P.M.

IV

Por alturas iguales de una estrella.

Como el Meridiano es un plano de simetría con respecto á los paralelos, la dirección de éste será determinada cuando se observe una misma estrella E, (fig. 7) á alturas iguales sobre el horizonte, tanto al Oriente como al Occidente, pues es claro que, entonces los ángulos NCE′ y NCE, ó sean los azimutes respectivos de la estrella en ambas posiciones, serán iguales y su promedio no será otra cosa que la indicación meridiana M. Es decir, que

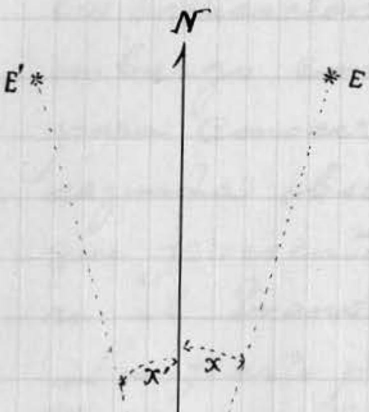

Fig. 7

si la graduación azimutal del teodolito, es según el sentido en que se mueven las manecillas de un reloj, en ésta leeremos una indicación g, en el momento de visar la estrella hacia el Este, y el valor del azimut Oriental será $x = g - M$. Llamando g', la lectura que se obtenga al Occidente, el azimut Occidental será $x' = M - g'$. Siendo estos numéricamente iguales, se tiene:

$$g - M = M - g'$$

de donde $$M = \frac{g + g'}{2}.$$

Determinada de esta manera la indicación Meridiana, no quedará mas que dirigir el telescopio á la señal para tener inmediatamente el azimut G_o de ésta.

Por lo expuesto se vé que, éste método es uno de los mas sencillos procedimientos para la determinación del Meridiano, pues no requiere mas que tomar las lecturas en el círculo azimutal del teodolito, sin tomar en consideración las indicaciones del reloj, á las que sin embargo conviene atender únicamente para conocer la hora aproximada de la segunda observación. El único inconveniente que presenta, es que su aplicación requiere el transcurso de varias horas.

La parte práctica de la operación, consiste en nivelar perfectamente el teodolito, dirigiendo en seguida el telescopio á la estrella elegida. Se pone su imágen en contacto con el hilo vertical de la retícula, y por los movimientos tangenciales se le mantiene en ésta posición hasta que cruce el horizontal del centro, instante en que todo movimiento debe quedar perfectamente paralizado. De una manera análoga se procede en la segunda observación, cuando la estrella deba tomar una altura igual, únicamente cuidando de que al dirigirle el telescopio, la inclinación de éste no sea alterada y se haga sólo valiéndose del movimiento azimutal.

V

Por alturas iguales de dos estrellas. —

El método precedente aunque bastante sencillo, requiere el transcurso de cierto tiempo, y este inconveniente se elimina operando con dos estrellas á igual altura y que se encuentren respectivamente una al Este y la otra al Oeste. En estas condiciones, es cierto que ambas estrellas, describen distintos paralelos, y por consiguiente sus angulos horarios serán desiguales cuando alcanzen la misma altura sobre el horizonte; pero si se hace la corrección por la diferencia de sus declinaciones, evidentemente que éste procedimiento equivale al anterior con la ventaja de proporcionar resultados muy exactos y de ser muy rápido en su ejecución.

La teoría completa de éste método, la desarrolla el Sr. F. Diaz Covarrubias, en su tratado de Astronomía, y mi objeto sólo es indicar el procedimiento que, en unión de mis compañeros de práctica, seguimos bajo las indicaciones del Sr. Yng.º D. Felipe Valle, al hacer las observaciones.

La dificultad que surge inmediatamente ~~consiste~~ consiste en saber elegir entre todas las estrellas del cielo, el par que alcance la misma altura á la misma hora, á fin de terminar rapidamente la observación. Para subsanar este inconveniente, nos serviamos de una lista de pares de estrellas, ó con anticipación preparábamos algunos pares sirviendonos del Catálogo de estrellas del anuario. En estas circunstancias, no deja de comprenderse que la parte práctica de la operación, demanda un conocimiento avanzado del cielo, y las estrellas designadas nos las hacia conocer perfectamente el Señor Valle.- Esto no dejaba de constituir aun para nosotros un serio inconveniente, en atención á que no siempre podíamos encontrarnos al alcance de las indicaciones del mencionado Señor.— Los Métodos Astronómicos del Señor Yngº Juan Mateos, me facilitarón por mi parte salvar éste nuevo inconveniente, pues en el lugar en que se encuentra la exposición del método de que me ocupo, hay los suficientes datos para desvanecer cualquiera duda que pudiese surgír á este respecto. Es decir, el citado Autor, no solamente proporciona un considerable número de pares de estrellas distribuidas convenientemente en unas tablas, sino que las sugeta á las condiciones más ventajosas en que puedan cómodamente ser observables en cualquiera noche del año, indicando como argumentos, la latitud del lugar, los nombres y magnitudes de las estrellas de cada par, la hora de la observación, su distancia tzenital común y sus azimutes respectivos en el momento de verificarse la altura igual, y esto es lo suficiente para establecer en el instrumento las graduaciones necesarias para que en el campo del telescopio se presenten oportunamente las estrellas.

Ejemplo: El dia 10 de Agosto de 1902, á la latitud del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya, (19° 24′ 17.″5), calculé la hora en que se verificaba la altura igual del par núm: 54 (θ Pegasi (3.3) al Este y α Serpentis (2.3) al oeste).

Consultando las tablas de la obra del Señor Mateos, se encuentra en la página núm: 73, que el par núm: 54, adquiere igual altura el dia 18 de Agosto y á 19° de latitud, á las $9^h 1^m$. Como la hora se necesita en distinta fecha, es facil obtenerla, puesto que en cada dia del año, la altura igual de cualquier par, se verifica 4 minutos antes que el dia anterior, de modo que, si el dia 18, la altura igual es á las $9^h 1^m$, el dia 10, tendría lugar á las $9^h 33^m$. Esta sería la hora media simultánea, pero siendo necesario observar sucesivamente cada una de las estrellas, lo que se hace, es anticipar de unos 6 á 10 minutos, la observación de la primera y retardar igual cantidad, por consiguiente, la segunda, con el objeto de que haya el tiempo suficiente de terminar aquella y prepararse á la de ésta. Aquí, el anticipo fué de 8^m, por lo que θ Pegasi, se observó á las $9^h 25^m$, y α Serpentis á las $9^h 41^m$. La distancia zenital común, $48°35'$, y los azimutes ($-99°30'$) Oriental, y ($97°53'$) Occidental, sirvieron para dar al telescopio la posición en que debían aparecer en su campo las estrellas, atendiendo antes á las consideraciones siguientes: A causa de haber anticipado 8^m, la observación de θ Pegasi que se visó en primer lugar, su distancia zenital naturalmente tenía que ser distinta de la que sería á las $9^h 33^m$, es decir de $48°35'$; pero como las estrellas que se encuentran cerca del primer vertical, están dotadas de un movimiento zenital que varía uniformemente y en término medio á razón de un grado por cada 4 minutos de tiempo, la corrección por 8^m, evidentemente que fué aumentando $2°$ á $48°35'$, obteniéndose $50°35'$. Para contar los azimutes, y por consiguiente hacer como antes dije, que el telescopio quedase en las direcciones respectivas para que las estrellas aparecieran en su campo, bastó establecerlo aproximadamente en el plano meridiano, valiéndose para el efecto de la declinación magnética local.

Para tener en definitivo los datos precisos de la observación, hubo necesidad aun, de modificar aunque sólo en unos cuantos minutos, tanto la distancia zenital como los azimutes, debido á que, la latitud que se tomó por argumento fué de 19°, discordantes en 24' 17."5, con respecto á la de Tacubaya. Para hacer la interpolación, se tomarón las diferencias por 1' que constan en las tablas al lado de los azimutes y de las distancias zenitales, y se multiplicárón por los minutos de exceso de la latitud, obteniéndose respectivamente:

$Z = 50° 35'$ dif. por $1' = + 9''.00$
$+ 3'.6$ $\times 24'.3$
$Z = 50° 38'.6$ $218''.7$

$A = - 99° 30'$ dif. por $1' = - 0' 52''.00$
$- 21.6$ $\times 24'.3$
$A = 99° 51'.6$ 1263.6

$A' = + 97° 53'.00''$ dif por $1' = 0' 52''.00$
$+ 21'.6$ $\times 24'.3$
$A' = 98° 14'.6$ 1263.6

Por lo que á las horas de observación, las indicaciones precisas del instrumento habrian de haber sido:
Z .... $= 50° 38'$.
azimut al Oriente $= - 99° 52'$;
azimut al Occidente $= + 98° 15'$; si éste se hubiese instalado exactamente en el Meridiano, pero no habiendo sido así, los datos que se obtuvieron de la

observación directa fueron: Distancia zenital = 50° 38′; Azimut al Oriente = − 99° 44′, Azimut al Occidente = + 98° 10′, Con los que el cálculo es como sigue:

θ Pegassi al Este.

$\alpha' = 22^h\ 05^m\ 18^s.40 \qquad \delta' = +5°\ 43'\ 13''.7$

$t' = 9^h\ 24^m\ 50^s.00 \qquad g' = 99°\ 44'$

α Serpentis al Oeste

$\alpha = 15^h\ 39^m\ 29^s.33 \qquad \delta = +6°\ 43'\ 49''.8$

$t = 9^h\ 40^m\ 45^s.00 \qquad g = 98°\ 10'\ 00''.0$

Fórmulas.

$$G_0 = \tfrac{1}{2}(g'+g) - \tfrac{1}{2}\left(\frac{\delta-\delta'}{\cos\varphi\,\mathrm{sen}\,\theta}\right); \quad \theta = \tfrac{1}{2}(t-t') + \tfrac{1}{2}(\alpha'-\alpha).$$

Cálculo

t . . . . $= 9^h\ 40^m\ 45^s.00 \qquad \alpha' = 22^h\ 05^m\ 18^s.40$

t' . . . . $= 9^h\ 24^m\ 50^s.00 \qquad \alpha = 15^h\ 39^m\ 29^s.33$

$t - t'$ . . . . . . $= 0^h\ 15^m\ 55^s.00 \qquad \alpha' - \alpha = 6^h\ 25^m\ 49^s.07$

Corrección (tabla VII) $= +0^h - 8^m\ 2^s.62 \qquad \frac{\alpha'-\alpha}{2} = 3^h\ 12^m\ 54^s.53$

Tiempo sidéreo $(t-t') = 0^h\ 15^m\ 57^s.62$

$\frac{1}{2}(t-t')$ . . . . $= 0\ \ 7^m\ 58^s.81$

$\frac{\alpha'-\alpha}{2}$ . . . . $= 3^h\ 12^m\ 54^s.53$

θ . . . . . . $= 3^h\ 20^m\ 53^s.34$ en tiempo

θ . . . . . . $= 50°\ 13'\ 20''.00$ en arco

δ . . . . $= 6°\ 43'\ 49''.8 \qquad \frac{1}{2}(\delta-\delta')$ . . . 3.2596059

δ' . . . . $= 5°\ 43'\ 13''.7 \qquad \cos\varphi$ . . . -9.9746012

$\delta - \delta' = 1°\ 00\ 36''.1 \qquad \mathrm{sen}\,\theta$ . . . -9.8756618

$\delta - \delta' = 3636''.1 \qquad 3.4093429$

$\frac{\delta-\delta'}{2}$ . . $= 1818''.0 \qquad 2566''.51 = 42'\ 46''.51$

$g' + g + 360° = 99°\ 44' + 261°\ 50 + 360° = 721°\ 34'.$

$\frac{g'+g}{2} = 360°\ 47'\ 00''; \quad \frac{1}{2}\left(\frac{\delta-\delta'}{\cos\varphi\,\mathrm{sen}\,\theta}\right) = 42'\ 46''.51$

$\frac{1}{2}(g' + g)$ . . . . = 360° 47′ 00″.00

$\frac{1}{2}\left(\frac{\delta - \delta'}{\cos\varphi \operatorname{sen}\theta}\right)$ . . . . = − 000° 42′ 46″.51

Yndicacion Meridiana = G_0 = 360° 04′ 13″.49

VI

Por variaciones azimutales cerca del meridiano.

Este procedimiento lo he visto en los Métodos Astronómicos del Señor Ingº Juan Mateos, y en su parte práctica se reduce á nivelar lo mejor posible el instrumento de que se haga uso, dirigiendo en seguida su telescopio á una estrella que esté próxima á pasar por el meridiano, bisectándola con el hilo horizontal de la retícula, y manteniéndola en esta posición hasta que cruce el vertical del centro, instante en que se anotan la hora t' y la graduación g' del círculo horizontal. Despues de unos 15 á 25 minutos, con la misma estrella se repite exactamente la misma operación anotando, por consiguiente, la hora $\underline{t}$, y la nueva graduación $\underline{g}$ del círculo horizontal. Con sólo estos elementos, la indicación meridiana G_0, se obtiene aplicando cualquiera de las fórmulas:

$$G_0 = g + \frac{g' - g}{t - t'}(t - T).$$

$$G_0 = g' - \frac{g' - g}{t - t'}(T - t').$$

en que T, representa la hora cronométrica del tránsito de la estrella, la cual se deduce siguiendo el procedimiento que repetidas veces he ya mencionado: $(H = \alpha - A - \text{red}(T - A))$.

Ejemplo: ______

En el Observatorio Astronómico N. de Tacubaya, el dia 23 de Mayo de 1903, observé la estrella α de la Ursæ Minoris, con un altazimut que aproxima $10''$, y con un cronómetro que, al compararlo, tuvo una Corrección de $-3^m\,40^s.5$.

DATOS.

$t' = 8^h\,55^m\,30^s.0$, $t = 9^h\,16^m\,50^s.5$, $\alpha = 1^h\,23^m\,42^s.92$

$g' = 9^\circ\,10'\,20''$, $g = 8^\circ\,53'\,10''.0$, $A = 4^h\,00^m\,46^s.75$

Fórmula:

$$G_0 = g + \frac{g'-g}{t-t'}(t - T).$$

Cálculo.

Hora sidérea del tránsito $= \alpha =$	$1^h\,23^m\,42^s.92$
Asención recta del Sol medio $= A =$	$4^h\,00\,46^s.75$
$\alpha - A$ . . . . $=$	$21^h\,23^m\,06^s.17$
red $(\alpha - A)$	$-3^m\,30^s.21$
Hora media del Paso . . $= H =$	$21^h\,19^m\,35^s.98$
Corrección del reloj	$-(-3^m\,40^s.50)$
Hora Cronométrica $= T =$	$21^h\,23^m\,16^s.48$

$g' \ldots = 9^\circ\,10'\,20''$ $\qquad t \ldots = 9^h\,16^m\,50^s.5$

$g \ldots = 8^\circ\,53'\,10$ $\qquad t' \ldots = 8^h\,55^m\,30^s.0$

$g' - g \ldots = 0^\circ\,17'\,10''$ $\qquad t - t' = 0^h\,21^m\,20^s.$

$g' - g \ldots = 1030''.0.$ $\qquad t - t' = 1280^s.0$

$\frac{g'-g}{t-t'} = \frac{1030''.0}{1280^s.0} = 0''.805.$ $\qquad t - T = 9^h\,16^m\,50^s.5 - 9^h\,23^m\,16^s.48$

$= -0^h\,6^m\,26^s.48 =$

$= -386^s.48.$ — á la vuelta. ______

$$\left(\frac{g'-g}{z-z'}\right)(z-T) = 0''.805 \times -386^s.48 = -311''.12 =$$
$$= -5'\ 11''\ 12.$$

$$g \ldots\ldots\ldots\ldots = 8^\circ\ 53'\ 10''.00$$
$$\left(\frac{g'-g}{z-z'}\right)(z-T) \ldots\ldots = 0^\circ\ \ 5'\ 11''.12$$
$$G_0 \ldots\ldots = 8^\circ\ 47'\ 58''.88$$

VII
Por variaciones de altura cerca del primer Vertical

El siguiente método, lo mismo que el precedente, se encuentra en la mencionada obra del Sr. Ingº Juan Mateos. Es, sin duda, el más sencillo de todos los que hasta aquí he citado, pues mientras en aquellos es indispensable conocer, algunas veces sólo la latitud del lugar y la hora exacta de la observación, y otras, estos elementos más las posiciones medias de las estrellas, sus distancias zenitales y casi siempre la ascención recta del Sol medio, en éste sólo son requisitos indispensables que la operación se practique: primero, observando una estrella que se encuentre cerca del primer vertical, en sus dos pasos por los hilos horizontales extremos de la retícula, anotando la diferencia ΔT de las correspondientes horas en que éstos pasos se verifiquen, así como la graduación $\underline{g}$, del círculo horizontal; y en seguida, moviendo el instrumento en azimut, se hace otra observación exactamente igual con una estrella que diste unos

30° á 45° al Norte ó al Sur de la primera, obteniéndose por consiguiente los nuevos datos $\Delta t'$ y la lectura g' del circulo horizontal, con lo que la indicación Meridiana a_0, se conoce resolviendo las fórmulas:

$$\frac{\Delta t}{\Delta t'} = R, \qquad g' - g = A.$$

$$\tan a = \frac{\operatorname{sen} A}{R - \cos A}, \qquad G_0 = g - a.$$

cuyo fundamento es el siguiente:

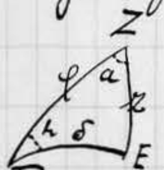

Fig. 8.

En el triángulo esférico ZPE, se tiene:

$$\cos z = \operatorname{sen}\varphi \operatorname{sen}\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos h.$$

Diferenciando esta ecuación, con relación á z y á h, resulta:

$$-\operatorname{sen} z\, dz = -\cos\varphi\cos\delta\operatorname{sen} h\, dh.$$

$$\therefore \frac{dz}{dh} = \frac{\cos\varphi\cos\delta\operatorname{sen} h}{\operatorname{sen} z} \ldots\ldots (1)$$

para otra estrella por analogía se tendrá:

$$\frac{dz'}{dh'} = \frac{\cos\varphi\cos\delta'\operatorname{sen} h'}{\operatorname{sen} z'} \ldots\ldots (2).$$

Por otra parte, $\dfrac{\operatorname{sen} a}{\operatorname{sen} h} = \dfrac{\cos\delta}{\operatorname{sen} z} \quad \therefore$

$\operatorname{sen} h = \dfrac{\operatorname{sen} a \operatorname{sen} z}{\cos\delta}$, y sustituyendo este valor en la (1) se tiene:

$$\frac{dz}{dh} = \frac{\cos\varphi\cos\delta}{\operatorname{sen} z} \times \frac{\operatorname{sen} a \operatorname{sen} z}{\cos\delta} = \cos\varphi \operatorname{sen} a.$$

la (2) producirá: $\dfrac{dz'}{dh'} = \cos\varphi \operatorname{sen} a'$.

Llamando $v = \dfrac{dz}{dh}$, y $v' = \dfrac{dz'}{dh'}$, las variaciones de las distancias zenitales en la unidad de tiempo, resulta dividiendo ambas ecuaciones:

$\frac{v'}{v} = \frac{\delta h \times dz'}{dh' \times dz}$, pero se tiene que $\delta z' = \delta z$,

en virtud de ser constante la pequeña distancia zenital, comprendida entre los hilos horizontales extremos de la retícula, por lo que

$\frac{v'}{v} = \frac{dh}{dh'} = \frac{\Delta t}{\Delta t'}$.

Recordando que: $\frac{\delta z}{\delta h} = \cos\varphi \operatorname{sen} a$.

y $\frac{dz'}{dh'} = \cos\varphi \operatorname{sen} a'$, se tendrá que:

$v = \cos\varphi \operatorname{sen} a \ldots (3)$

$v' = \cos\varphi \operatorname{sen} a' \ldots (4)$. Dividiendo (4) entre (3).

$\frac{v'}{v} = \frac{\Delta t}{\Delta t'} = \frac{\operatorname{sen} a'}{\operatorname{sen} a} \ldots (5)$

Haciendo $\frac{\Delta t}{\Delta t'} = R$, y llamando $A = a' - a$ = á la diferencia de los azimutes de las estrellas, resulta:

$a' = A + a$. — Sustituyendo esta expresión en la (5), resulta:

$R = \frac{\operatorname{sen}(A+a)}{\operatorname{sen} a} = \frac{\operatorname{sen} A \cos a + \operatorname{sen} a \cos A}{\operatorname{sen} a}$; dividiendo por $\cos a$, los terminos del quebrado.

$R = \frac{\operatorname{sen} A + \tan a \cos A}{\tan a}$ ∴

$R \tan a = \operatorname{sen} A + \tan a \cos A$.

$\tan a (R - \cos A) = \operatorname{sen} A$ ∴ $\tan a = \frac{\operatorname{sen} A}{R - \cos A}$

Designando por β y γ, las estrellas (fig 9), se tiene:

$g' - g = \beta O' \gamma = a' - a$. Suponiendo en O,

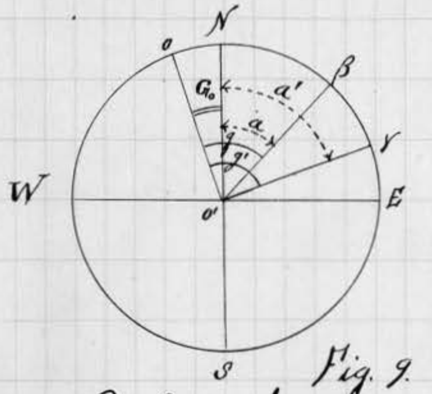

Fig. 9.

el cero de la graduación del círculo horizontal, la indicación meridiana G_o, será:

$$G_o = O\,O'\beta - N\,O'\beta =$$

$$= g - a.$$

Estas fórmulas como se vé, son en extremo fáciles de calcular, y prácticamente se reconoce que la exactitud que suministran es la suficiente para orientar los planos topográficos, pudiendose sin embargo alcanzar mayor presición, repitiendo las observaciones cuantas veces se quiera, puesto que hay sobradas estrellas que llenan debidamente las dos únicas ya citadas condiciones que el método exige, con las ventájas de no ser necesario conocer ni siquiera sus nómbres, ni el estado del reloj, y finalmente, la de ser bastante rápido en su ejecución.

Ejemplo:

En el Observatorio Astronómico N. de Tacubaya, el día 23 de Mayo de 1903, hice las siguientes observaciones:

Estrella cerca del primer Vertical

Primer hilo . . . $9^h\ 58^m\ 40^s$
Segundo hilo . . $9^h\ 59^m\ 20^s$ $\Big\}$ $g' = 88°\,25'\,10''$

$\Delta t' \ldots = 0^h\ 00^m\ 40^s$

Estrella al Norte.

Primer hilo	$10^h\ 15^m 50^s$	
Segundo hilo	$10^h\ 16^m\ 52^s$	$g = 48°\ 10'\ 30''.00$
Δt . . . . =	$0^h\ 01^m\ 02^s$	

Cálculo.

$\Delta t = 62.^s0$. $\quad \dfrac{\Delta t}{\Delta t'} = 1.^s55 = R.$

$\Delta t' = 40.^s0$,

$$g' = 88°\ 25'\ 10''.0$$
$$g = 48°\ 10'\ 30''.0$$
$$g' - g = A = \ldots\ 40°\ 14'\ 40''.0$$

$\cos A$ . . . . . 9.8826925 $\qquad$ $\operatorname{sen} A$ . . . 9.8102661

$\cos A = 0.7633$ $\qquad$ $R - \cos A$ . . . 9.8958092

R . . $= 1.5500$ $\qquad$ $\tan a$ . . . 9.9144569

$R - \cos A = 0.7867$ $\qquad$ $a = -39°\ 23'\ 30''.0$

$g = 48°\ 10'\ 30''.0$

Indicación Meridiana G_0 . . . . . = $8°\ 47'\ 00''.0$

Práctica
de
Topografía.

Práctica de Hidromensura.

Marzo 31 de 1902.

Medida del agua del Desierto con vertedor ahogado.

Fórmula.

$$q = ml h \sqrt{2g(H-h)}.$$

DATOS

$m = 0^{m}.506$ — $H \ldots = 0^{m}.195$

$l = 1.00$ — $H-h \ldots = 0.031$

$h = 0.164$ — $2g(H-h) \ldots = 0.60636$

$g = 9.78$ — $\sqrt{2g(H-h)} = 0.778.$

Cálculo.

$2 \times g = 2 \times 9.78 = 19.56;$

$195 - 164 = H - h = 0^{m}.031;$

$2g(H-h) = 19.56 \times 0.031 = 0^{m}.60636.$

$\sqrt{2g(H-h)} = \sqrt{0.60636} = 0^{m}.778.$

$mlh = 0^{m}.506 \times 1^{m}.00 \times 0^{m}.164 = 0^{m}.082984.$

$mlh\sqrt{2g(H-h)} = 0^{m}.083 \times 0^{m}.778 = 0^{m}.064574$

Gasto por segundo $= 0^{m^3}.065$ litros

Gasto por minuto $\ldots = 3^{m^3}.900$ litros

Abril 1ro. de 1902.

Medida del agua de CHapultepec, con orificio rectangular en pared delgada.

Fórmula.

$q = ma\sqrt{2gh}$.

DATOS

l	$= 0^{m}.165$
b	$= 0.205$
$b \times l = a$	$= 0^{m^2}.034$
m . . = ...	$= 0.64$
$a \times m$	$= 0.022$
g	$= 9^{m}.78$
$2g$	$= 19.56$
h	$= 0^{m}.0825$
$2gh$	$= 1.6137$
$\sqrt{2gh}$	$= 1.27$

Cálculo

$2g = 2 \times g = 2 \times 9^{m}.78 = 19.56$

$2g \times h = 19.56 \times 0^{m}.0825 = 1.6137$

$\sqrt{2gh} = \sqrt{1.6137}$ . . . . . $= 1.27$

$l \times b$ . . . $= 0^{m}.165 \times 0.205 = 0.033825$

$a \times m$ . . $= 0^{m^2}.034 \times 0^{m}.64$ . . $= 0.02176$

$a \times m \times \sqrt{2gh} = 0.02176 \times 1.27 = 0^{m^3}.02794$

Gasto por segund $= 0^{m^3}.028$ litros

Gasto por minuto $= 1^{m^3}.680$ litros

Abril 1.ro de 1902.

Medida del agua de Rio Hondo, con vertedor libre.

Fórmula.

$q = l m h \sqrt{2gh}$

DATOS

m	$= 0^{M}.402$	$2g$	$= 19.56$
l	$= 5^{M}.00$	$2gh$	$= 1.64304$
h	$= 0^{M}.084$	lmh	$= 0.169.$
g	$= 9.78$	$\sqrt{2gh}$	$= 1^{M}.281$

cálculo

$2 \times g = 2 \times 9.78 = 19.56$

$2g \times h = 19.56 \times 0.084 = 1.64304$

$\sqrt{2gh} = \sqrt{1.64304} = 1.281$

$m \times l = 0^{M}.402 \times 5^{M}.00 = 2^{M}.010$

$m \times l \times h = 2^{M}.010\ 0.084 = 0.168840$

$m l h \sqrt{2gh} = 0.169 \times 1.281 = 0^{M^3}.216489$

Gasto por segundo $= 0^{M^3}.2165$ litros

Gasto por minuto $= 12^{M^3}.990$ litros.

Abril 8, de 1902.

Determinación del gasto de la Bomba núm: 2425, instalada en Chapultepec.

DATOS

Número de embolos $= 2 = n$,

Diámetro del embolo $= 17''$ pulgadas $= 0.^{M} 4318$

Carrera del émbolo $= c = 18$ pulgadas $= 0.^{M} 4572$.

Superficie $= S = \frac{1}{4} \pi d^2 = 0.^{M^2} 14633$

$\pi = 3,1416$

Número de golpes de embolo por minuto. $= 34. = n'$

Fórmula.

$Q = s \times c \times n' \times n$.

Cálculo.

$1' = 0.^{M} 0254$; $0.^{M} 0254 \times 17'' = 0.4318$.

$0.^{M} 0254 \times 18'' = 0.4572$.

$\pi = 3.1416$; $\frac{1}{4} \pi = 0.7854$.

$d^2 = 0.4318 \times 0.4318 = 0.18645124$

$d^2 \times \frac{1}{4} \pi = 0.18645 \times 0.7854 = 0.146337830 = S$

$S \times c = 0.14633 \times 0.4572 = 0.06690207$

$S \times c \times n' = 0.0669 \times 34 = 2.^{M^3} 2746$

$S \times c \times n' \times n = 2.^{m^3} 2746 \times 2 = 4.^{m^3} 5492$

Gasto por minuto $= 4.^{M^3} 5492$ litros

Gasto por segundo $= 0.^{M^3} 07582$ litros

Abril 10 de 1902

Fórmula de Kutter, para determinar la velocidad y gasto del Canal de Santa Fé.

Fórmula:

$$v = \frac{\left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{s}\right)\sqrt{RS}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

DATOS

$n = 0.013$ $\qquad$ $A = 0^{M^2}.1532$

$\frac{1}{n} = 76.92$ $\qquad$ $p = 1.5978$

$S = \frac{N}{L} = \frac{\text{Dif. de nivel}}{\text{Longitud}} = \qquad R = \frac{A}{P} = 0.0958$

$= 0.00288.$ $\qquad$ $\sqrt{R} = \sqrt{0.0958} = 0.309.$

$\frac{0.00155}{S} = \frac{0.00155}{0,00288} = 0.5381$ $\qquad$ $\sqrt{RS} = 0.01661$

$\frac{n}{\sqrt{R}} = 0.042$

Cálculo.

$\frac{1}{n} = \frac{1}{0.013} = 76,92;$ $\quad \frac{N}{L} = \frac{0.203}{70.44} = 0.00288 = S$

$\frac{0.00155}{S} = \frac{0.00155}{0.00288} = 0.5381;$ $\quad \frac{A}{P} = \frac{0.1532}{1.5978} =$

$= 0.0958 = R;$ $\quad \sqrt{R} = \sqrt{0.0958} = 0.309.$

$RS = 0.0958 \times 0.00288 = 0,000275904.$

$\sqrt{RS} = \sqrt{0,000275904} = 0.01661;$ $\quad \frac{n}{\sqrt{R}} = \frac{0.013}{0.309} =$

$= 0.042.$

$23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S} = 23 + 76.92 + 0.5381 = 100.4581$

$\sqrt{RS}\left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}\right) = 100.4581 \times 0.01661 = 1.668609041$

$23 + \frac{0.00155}{S} = 23 + 0.5381 = 23.5381;$

$\frac{n}{\sqrt{R}}\left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) = 23.5381 \times 0.042 = 0.7886002$

$1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}} = 1 + 0.7886002 = 1.7886002.$

$\frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}\sqrt{RS}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}; = v = \frac{1.66861}{1.78860} = 0^{M}.932;$ $\quad Q = A \times V =$

$= 0^{M^2}.1532 \times 0.932 = 143$ litros por segundo. — $8^{M^3}.580$ litros por minuto.

Abril 10 de 1902.

Medida del agua del Canal de Santa Fé, con vertedor libre.

Fórmula.

$q = m l h \sqrt{2gh}$.

DATOS

m =	0.40	$2g$ =	19.56
l =	$1^{M}.00$	$2gh$ =	3.1996
h =	$0^{M}.16$	lmh =	0.064
g =	9.78	$\sqrt{2gh}$ =	1.769

Cálculo

$2 \times g$ .... $2 \times 9.78 = 19.56$

$2g \times h = 19.56 \times 0^{M}.16 = 3,1296$

$\sqrt{2gh} = \sqrt{3,1296} = 1,769$

$m \times l = 0.4 \times 1 = 0.4$

$m \times l \times h = 0.4 \times 1 \times 0.16 = 0.064$

$m l h \sqrt{2gh} = 0.064 \times 1.769 = 0^{M^3}.113$

Gasto por segundo = $0^{M^3}.113$ litros

Gasto por minuto ... = $6^{M^3}.780$ litros.

Abril 10, de 1902.

Determinación por medio de flotadores, de la velocidad del agua en el Canal de Santa Fé.

Secciones.	Hora del paso de los flotadores por las Secciones		Distancia entre cada dos secciones consecutivas	Tiempo empleado por los flotadores para pasar de una sección á la siguiente.		Velocidades por segundo.	
	Verde	Colorado		Verde	Colorado	Verde	Colorado
0	$11^m 55^s$	$12^m 02^s$	$12^M.45$				
I	$12^m 21^s$	$12^m 29^s$	17.16	26^s	$27^s.0$	$0^M.38$	0.37
II	$13^m 06^s.5$	$13^m 11^s$	16.94	$45^s.5$	$42^s.0$	0.30	0.32
III	$13^m 44^s$	$13^m 49$	12.02	$37^s.5$	$38^s.0$	0.36	0.365
IV	$14^m 07^s.5$	$14^m 11^s.5$	11.87	$23^s.5$	22.5	0.41	0.427
V	$14^m 29^s.5$	$14^m 31.5$		$22^s.0$	20.0	0.43	0.47
			$74^M.44$			Promedios $= 0^M.382$	

$14^m 29^s.5 - 11^m 55^s = 2^m 34^s.5.$

$14^m 31^s.5 - 12^m 02^s = 2^m 29^s.5$

Constante $= 0.8.$

De donde resulta:

$$\frac{l}{t} = v = \frac{74^M.44}{2^m 29^s.5} = 0{,}4978$$

$$\frac{l'}{t'} = v' = \frac{74.44}{2^m.34^s.5} = 0{,}481 \;;$$

Por lo que: $V = 0^M.4978 \times 0.8 = 0^M.3920$

$V' = 0.481 \times 0.8 \quad = \underline{0.3848}$

0.7768

$$\frac{V+V'}{2} = \frac{0.7768}{2} = 0.3884,$$

Promedios: $\left\{ \begin{array}{l} 0^M.382 \\ 0^M.3884 \end{array} \right.$

Velocidad por Segundo $= 0^M.3852.$

Abril 16 de 1902.

Fórmula de Kutter, para determinar la velocid y gasto del Canal de la Loma de Dolores.

Fórmula: $v = \dfrac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RS}$

DATOS

$n = 0.013$, $A = 0.^{M^2}48556$; $P = 2.^{M}09477$;

$\frac{1}{n} = 76.92$, $R = \frac{A}{P} = 0.232$.

$S = \frac{N}{L} = \frac{\text{Dif. de nivel}}{\text{Longitud}} =$ $\sqrt{RS} = \sqrt{0.232} = 0.482$.

$= 0.000925$; $\sqrt{RS} = \sqrt{0.232 \times 0.000925} =$

$\frac{0.00155}{S} = \frac{0.00155}{0.000925} = 1.675$; $= 0.014649$; $\frac{n}{\sqrt{R}} = 0.0269$

Cálculo.

$\frac{1}{n} = \frac{1}{0.013} = 76.92$; $\frac{N}{L} = \frac{0.185}{200^{M}} = 0.000925$.

$\frac{0.00155}{S} = \frac{0.00155}{0.000925} = 1.675$; $R = \frac{A}{P} = \frac{0.^{M^2}48556}{2.09477} = 0.23179$.

$\sqrt{R} = \sqrt{0.232} = 0.482$; $R \times S = 0.232 \times 0.000925 =$

$= 0.000114600$; $\sqrt{RS} = \sqrt{0.000114600} = 0.014649$.

$\frac{n}{\sqrt{R}} = \frac{0.013}{0.482} = 0.0269$;

$23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S} = 23 + 76.92 + 1.675 = 101.595$.

$\sqrt{RS}\left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}\right) = 101.595 \times 0.014649 = 1,48836675$

$23 + \frac{0.00155}{S} = 23 + 1.675 = 24.675$;

$\frac{n}{\sqrt{R}}\left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) = 24.675 \times 0.0269 = 0.6637575$.

$\left(1 + 23 + \frac{0.00155}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}} = 1 + 0.6637575 = 1.6637575$.

$\dfrac{\left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}\right)\sqrt{RS}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} = \dfrac{1.4884}{1.6638} = 0.8945 = v$.

Velocidad por segundo $= 0.^{M}8945 = v$

Gasto por segundo $= A \times v = 0.^{M^2}48556 \times 0.8945 =$

$= 0.^{M^3}4346$ litros.

Gasto por minuto $= 26.^{M^3}076$ litros

Determinación por medio de flotadores, de la velocidad del agua en el Canal de la Loma de Dolores.

Abril 16 de 1902.

Secciones	Hora del paso de los flotadores por las secciones.		Distancia entre cada dos secciones concecutivas.	Tiempo empleado por los flotadores para pasar de una sección á la siguiente:		Velocidades por segundo.	
	Verde	Colorado		Verde	Colorado	Verde	Colorado
VIII	$31^{m}.24^{s}$	$31^{m}.21^{s}$					
VII	$32^{m}.04^{s}$	$32^{m}.00^{s}$	$25^{M}.00$	$40^{s}.0$	39.0	$0^{M}.50$	$0^{M}.51$
VI	$32^{m}.40^{s}$	$32^{m}.35^{s}$	25.00	36.0	35.0	.55	.57
V	$33^{m}.16^{s}$	$33^{m}.11^{s}$	25.00	36.0	36.0	.55	.55
IV	$33^{m}.51^{s}$	$33^{m}.46^{s}$	25.00	35.0	35.0	.57	.57
III	$34^{m}.27^{s}$	$34^{m}.24^{s}$	25.00	36.0	38.0	.55	.508
II	$35^{m}.05$	$35^{m}.02^{s}$	25.00	38.0	38.0	.508	.508
I	$35^{m}.43$	$35^{m}.38^{s}$	25.00	38.0	36.0	.508	.55
0	$36^{m}.21$	$36^{m}.17^{s}$	25.00	38.0	39.0	.508	.51

Abril 16 de 1902.

Método de los mínimos cuadrados, para determinar las constantes del Tacómetro, empleando la velocidad media de $0^M.54$ por segundo obtenida por flotadores.

Fórmula: $v = \alpha + \beta n$.

DATOS.

$\alpha + 3.3\beta = 0^M.54$ $\qquad \alpha + 3.26\beta = 0.54$

$\alpha + 3.5\beta = 0.54$ $\qquad \alpha + 3.13\beta = 0.54.$

$\alpha + 3.63\beta = 0.54$

Resultando:

$\alpha = 0^M.55833$; $\beta = -0.00542$, con lo cúal la primera ecuación de condición dá:

$0.55833 - 3.3 \times 0.00542 = 0^M.54\cancel{644} =$

$v = \alpha + \beta n = 0^M.55833 - 3.3 \times 0.00542 = 0^M.54044$ por segundo.

Cálculo.

$3.3\alpha + 10.89\beta = 1.782$

$3.5\alpha + 12.25\beta = 1.890$

$3.63\alpha + 13.17\beta = 1.960$

$3.26\alpha + 10.62\beta = 1.760$

$3.13\alpha + 9.80\beta = 1.690$

$16.82\alpha + 56.73\beta = 9.082 \ldots (1)$

$5\alpha + \beta(3.3 + 3.5 + 63 + 3.26 + 3.13) =$
$= 5\alpha + 16.82\beta = 2.70. (2)$

$\alpha = \dfrac{2.70 - 16.82\beta}{5}$, sustituyendo en la (1). se tiene:

$\left(\dfrac{2.70 - 16.82\beta}{5}\right) 16.82 + 56{,}73\beta = 9.082.$

$(2.70 - 16.82\beta)\, 16.82 + 56.73\beta \times 5 = 9.082 \times 5 = 45{,}414 -$
$- 282{,}9124\beta + 283{,}65\beta = 45{,}41$, ejecutando las operaciones resulta:

$0.7376\beta = 45.41 - 45{,}414 \therefore$

$\beta = -\dfrac{0.004}{0.7376} = -0.00542.$ y

$\alpha = 0^M.55833.$

Práctica de Astronomía.

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya
Observaciones á la Polar, para la determinación del azimut y de la Latitud.

Julio 28 de 1902

Posición Directa.

DATOS

Hora en que se observó la Polar . . . . $9^h\ 12^m\ 14^s.00$
Circulo Vertical $18°\ 56'\ 00''.00$
,, Horizontal $139°\ 07'\ 15''.00$
ascención recta de la Polar (A.R) $1^h\ 24^m\ 21^s.29$

M Sagittarii { Hora en observó . . . . . $9^h\ 39^m\ 07^s.00$
ascención recta $18^h\ 07^m\ 54^s.13$
Δt . . . . . $= 8^h\ 28^m\ 47^s.13$

Càlculo (Método del anuario).

Hora en que se observó la Polar . . . $9^h\ 12^m\ 14^s.00$
Δt . . . . $8^h\ 28^m\ 47^s.13$
Hora sideria aprxida: de la observación . . . $17^h\ 41^m\ 01^s.13$
A.R de la Polar . . . . $1^h\ 24^m\ 21^s.29$
$16^h\ 16^m\ 39^s.84$
$-24^h\ 00^m\ 00^s.00$

Angulo horario de la Polar . . . . $= -\ 7^h\ 43^m\ 20^s.16$

Circulo Vertical . . $18°\ 56'\ 00''.00$. Azimut . . . . $= -1°\ 09'\ 00''.00$
Correccion por refracción . . $2'\ 48''.36$. Circulo Horizontal . . . $=139°\ 07'\ 15''.00$
altura Verdadera . . . . . $18°\ 53'\ 11''.64$. Indicacion Meridiana . . $=137°\ 58'\ 15''.00$
Reduccion al Polo . . . . . $32'\ 18''.00$.
φ . . . . $19°\ 25'\ 29''.64$.

Promedios

φ . . . . $= 19°\ 24'\ 38''.21$
azimut . . . . $= -\ 1°\ 09'\ 15''.75$
Indicación Meridiana . . . $= 137°\ 56'\ 51''.75$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

observaciones á la Polar, para la determinación del azimut y de la Latitud.

Julio 28 de 1902.

Posición Inversa.

DATOS.

Hora en que se observó la Polar	$9^h\ 22^m\ 56^s.00$
Circulo Vertical	$18°\ 55'\ 00''.00$
,, Horizontal	$139°\ 05'\ 00''.00$
ascencion recta de la Polar (A.R)	$1^h\ 24^m\ 21^s.29$

M Sagittarii { Hora en que se observó ... $9^h\ 39^m\ 07^s.00$; Ascención recta ... $18^h\ 07^m\ 54^s.13$; Δt ... $8^h\ 28^m\ 47^s.13$ }

Cálculo (método del Anuario.)

Hora en que se observó la Polar	$9^h\ 22^m\ 56^s.00$
Δt	$8\ 28^m\ 47^s,13$
Hora siderea aprda. de la observación	$17^h\ 51^m\ 43^s.13$
A.R. de la Polar	$1\ 24^m\ 21.29$
	$16^h\ 27^m\ 21^s.84$
	$-24^h\ 00\ 00.00$
angulo horario de la Polar	$= -7^h\ 32^m\ 38^s.16$

Circulo Vertical	$18°\ 55'\ 00''.00$	azimut	$= -1°\ 10'\ 31''.8$
Corrección por refracción	$2'\ 48''.00$	Circulo Horizontal	$= 139°\ 05'\ 00''.0$
altura verdadera	$18\ 52'\ 11''.60$	Indicación Meridiana	$= 137°\ 54'\ 28''.2$
Reducción al Polo	$29'\ 18''.00$		
φ	$19°\ 21'\ 29''.6$		

Promedios

φ	$= 19°\ 24'\ 38''.21$
azimut	$= -1°\ 09'\ 15''\ 75$
Indicación Meridiana	$= 137°\ 56'\ 51''.75$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.
Observaciones á la Polar, para la determinación del azimut y de la Latitud.

Julio 28 de 1902.

Posición Directa.

DATOS

Hora en que se observó la Polar. .... $9^h\ 12^m\ 14^s.00$
Circulo Vertical .... $18°\ 56'\ 00''.00$
" " Horizontal .... $139°\ 07'\ 15''.00$
Ascención recta de la Polar (AR). .... $1^h\ 24^m\ 21^s.29$

χ Draconis { Hora en que se observó. - $10^h\ 00^m\ 57^s.00$
Ascención Recta.... $18^h\ 22\ 49^s.36$
Δt ... ... = $8^h\ 21^m\ 52^s.36$

aplicando el Método del Anuario, el cálculo es como sigue:

Hora en que se observó la Polar	$9^h\ 12^m\ 14^s.00$
Δt	$8\ 21\ 52.36$
Hora sideria aproximada de la observación	$17^h\ 34^m\ 06^s.36$
A.R de la Polar.	$1^h\ 24^m\ 21^s.29$
	$16\ 09^m\ 45^s.07$
	$-24^h\ 00^m\ 00^s.00$

Angulo horario de la Polar...... = $-7^h\ 50^m\ 14^s.93$.

Circul Vertical	$18°\ 56'\ 00''.00$,	Azimut	$=-1°\ 07'\ 57''.6$
Corrección por Refracción. .	$2'\ 48''.00$,	Circulo Horizontal.	$=139°\ 07'\ 15''.0$
Altura verdadera .	$=18°\ 53'\ 12''.00$,	Indicación Meridiana	$=137°\ 59'\ 17''.4$
Reducción al Polo	$34'\ 54''.00$,		
φ	$=19°\ 28'\ 06''.00$,		

Promedios { φ .... $=19°\ 24'\ 38''.21$
a.z .... $=-1°\ 09'\ 15''.75$
Indicación Meridiana $=137°\ 56'\ 51''.75$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Observaciones á la Polar, para la determinación del azimut y de la Latitud.

Julio 28 de 1902.

Posición Inversa.

DATOS.

Hora en que se observó la Polar	$9^h 22^m 56^s.00$
Circulo Vertical.	$18° 55' 00''.00$
,, Horizontal	$139° 05' 00''.09$
Ascención recta de la Polar (A.R)	$1^h 24^m 21^s.29$

χ Draconis { Hora en que se observó.... $10^h 00^m 57^s.00$
Ascención recta $18^h 22^m 49^s.36$
Δt. ... $= 8^h 21^m 52^s 36$

Cálculo. (Método del Anuario).

Hora en que se observó la Polar	$9^h 22^m 56^s.00$
Δt	$8^h 21\ 52.36$
Hora sideriaria ~~apxda~~ de la observación	$17^h 44^m 48^s.36$
A.R de la Polar	$1^h 24^m 21^s 29$
	$16^h 20^m 27^s.07$
	$-24^h 00^m 00^s.00$
Angulo horario de la Polar	$= - 7\ 39^m 32^s 93$

Circulo Vertical ......18° 55' 00".0. Azimut........ = 1° 09' 33".6

Correccion por refracción... 2' 48".4. Circulo Horizontal.. = 139° 05' 00".0

Altura verdadera.....18° 52' 11".6 Indicación Meridiana = 137° 55' 26.4

Reducción al Polo... 31' 16".0.

φ. ....19° 23' 27".6.

Promedios.

φ............................ = - 1° 09' 33".6

Azimut..................... = 139° 05' 00".0

Indicacion Meridiana... = 137° 55' 26".4

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Determinación de la hora, por el método de alturas iguales del Sol.

Julio 29 de 1902.

Observación Antemeridiana.

1.er Limbo $\{ 23^h 45^m 26^s.5$ Círculo vertical $= 5° 06' 10''$

2.o Limbo $\{ 23^h 47^m 41^s.5$

$T = 23^h 46^m 34.0$ nivel $\begin{cases} o = 1.5 \\ e = 5.5 \end{cases}$

Observación Postmeridiana.

2.o Limbo $\{ 0^h 29^m 54^s.00$

1.er Limbo $\{ 0^h 32^m 08^s.00$

$T' = 0^h 31^m 01^s.37$

Fórmulas.

$\theta = \frac{1}{2}(T - T')$; $\varepsilon = \frac{\theta v}{15}\left(\frac{\tan\varphi}{\operatorname{sen}\theta} - \frac{\tan\delta}{\tan\theta}\right)$.

$\frac{1}{2}(\Delta T + \Delta T') = M + \varepsilon - \frac{1}{2}(T + T')$.

Variación el 29 .... $v_1 = 34''.97$

Variacion el 30 .... $v_2 = 35''.74$

Variación de variación en $24^h = v_2 - v_1$; en $1^h = \frac{v_2 - v_1}{24}$.

Variación media $= v_m = \frac{v_2 - v_1}{24} \times 6^h.613$.

$v = v_1 + v_m$.

DATOS

T' .... $0^h 31^m 01^s.37$, $\delta_g = 18° 55' 29''.1$ {Declinación de Green.

T .... $23^h 46^m 34^s.00$, $AR = 8^h 31^m 06^s.06$

$T' - T$ .... $0^h 44^m 27^s.37$, $\varphi = 19° 24' 17''.5$

$\frac{1}{2}(T' - T)$ ...... $0^h 22^m 13^s.68 = \theta$,

$\frac{1}{2}(T' + T)$ ...... $12^h 08^m 47^s.8$,

$\lambda = L = 6^h 36^m 46^s.7$ = Longitud del Observatorio de Tacubaya al W de Green.

CALCULO.

$\theta = \frac{1}{2}(T' - T) = 0^h 22^m 13^s.68 = 5° 31' 54''.0$ en arco.

$v_1 + v_m = v = 35''.182$.

$\theta \times v = 0^h.369 \times 35''.18 = 12.98$

$\frac{\theta \times v}{15} = 0.865.$

$\tan \varphi$ . . . . 9.5468522 ; $35''.74 - 34''.97 = 0.77$

$\operatorname{sen} \theta$ . . . . -8.9840585 $\quad \frac{0.77}{24} = 0.032$

0.5627937 . . . 3,654. $\quad 34''.97 + 0.106 =$

$= 35''.076.$

$0.032 \times 3.3 = 0.1056$

$\tan \delta$ . . . . 9.5335248 $\quad 35''.076 \times 6^h.61 = 3'51''.5$

$\tan \theta$ . . . . . . -8.9860857 $\quad \delta = 18°55'29''.1$

0.5474391 . . . 3.527 $\quad - \ 3'51''5$

$18°51'37''.6 = \delta =$

$\frac{\tan \varphi}{\operatorname{sen} \theta} - \frac{\tan \delta}{\tan \theta} = 3,654 - 3.527 = 0.127$ $\quad$ = Declinacion p^a Tacubaya

$\left(\frac{\tan \varphi}{\operatorname{sen} \theta} - \frac{\tan \delta}{\tan \theta}\right) \frac{\theta v}{15} = 0.127 \times 0.865 = 0.110$

$\varepsilon = 0^s.11$

$M = 12^h\ 06^m\ 16^s.19$ $\quad M + \varepsilon = 12^h\ 06^m\ 16^s.30$

$\varepsilon = \qquad 0.11$ $\quad -\frac{1}{2}(T + T') = -12\ 08^m\ 47^s.80$

$M + \varepsilon = 12^h\ 06^m\ 16^s.30$ $\quad -00^h\ 02^m\ 31^s.50.$

$\frac{1}{2}(\Delta T + \Delta T') = -2^m\ 31^s.5$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Observaciones postmeridianas de Sol, para la determinación de la hora, aplicando el Método de Distancias Zenitales.

Julio 31 de 1902.

1ra observación.

2º Limbo { $24^h\ 26^m\ 53^s\ 17$ — Circulo vertical = 4°43′50″

1er Limbo { $24^h\ 29\ 09.97$

$48^h\ 56\ 03.14$ — Nivel { o = 3, e = 1

Promedio = $24^h\ 28\ 01^s.57$

2a observación.

1er Limbo { $24^h\ 35^m\ 27^s.2$ — Circulo vertical = 6°38′40″

2º Limbo { $24^h\ 37^m\ 35^s\ 03$

$48^h\ 72\ 62\ 23.$ — nivel { o = 2, e = 3

Promedio $24^h\ 36^m\ 31.165$

$0^h\ 28^m\ 01^s.570$ — Barómetro = 586.^{m}15

$0^h\ 36\ 31.115$ — Termómetro fijo ... = 20°.1

$0^h\ 64^m\ 32^s.685$ — Termómetro libre = 21°.1

$T = 0^h\ 32^m\ 16^s.342$

Fórmulas.

$$z = z' + r - p \pm s \qquad T = \alpha + h$$

$$a = \tfrac{1}{2} z + \tfrac{1}{2}(\varphi - \delta) \qquad \Delta t = H - t = h + \varepsilon - t$$

$$b = \tfrac{1}{2} z - \tfrac{1}{2}(\varphi - \delta) \qquad p = \pi \operatorname{sen} z'$$

$$\operatorname{sen} \tfrac{1}{2} h = \sqrt{\frac{\operatorname{sen} a \operatorname{sen} b}{\cos \varphi \cos \delta}} \qquad r = \rho b l f.$$

DATOS

$z' = 5°41'15''.00$

$r = 4''29$

$p = 0''.88$

$$r = \rho b l f = \begin{cases} \log \rho \ldots\ 0.7649 \\ \log b \ldots\ 9.8861 \\ \log l \ldots\ 9.9825 \\ \log f \ldots\ 9.9992 \end{cases}$$

$(r) \ldots\ 0.6327$ — $r = 4''.29$

$$p = \pi \operatorname{sen} z' \begin{cases} \log \pi - 0.9447 \\ \operatorname{sen} z'\ 8.999 \end{cases}$$

$(p) \ldots\ 9.9439$

Cálculo:

$z' \ldots\ldots 5^\circ 41' 15''.00$

$r \ldots\ldots 4''.29$

$z' + r = 5^\circ 41' 19''.29$

$p \ldots\ldots - 0''.88$

$z \ldots = 5^\circ 41' 18''.41$

$\frac{1}{2} z \ldots\ldots 2^\circ 50' 37''.50$

$\frac{1}{2}(\varphi - \delta) \ldots 0^\circ 30' 43''.15$

$a \ldots = 3^\circ 21' 20''.65 \ldots\ldots \operatorname{sen}\ 8.7652570$

$b \ldots = 2^\circ 19' 54''35 \ldots\ldots \operatorname{sen}\ 8.6094423$

$\varphi = 19^\circ 24' 17''.5$

$-\delta = -18^\circ 22' 51''.2$

$\varphi - \delta = 1^\circ 01' 26''.3$

$\frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 0^\circ 30' 43''.15$

$\cos\varphi \ldots 9.9746012$

$\cos\delta \ldots 9.9772578$

$(\operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} h) \ldots\ldots 7.4228403$

$\operatorname{sen} \frac{1}{2} h \ldots\ldots 8.7114201$

$\frac{1}{2} h = 2^\circ 56' 57''85 = 11^m 47^s.13$ en tiempo

$h = 23^m 34^s.26$

$\varepsilon = 6\ 12^s.89$

$29^m 47^s 15$

$h + \varepsilon = 0^h 29^m 47^s.15$

$-T = -0^h 32^m 16^s.34$

$0^h -2^m 29^s.19$

$\Delta T = -2^m 29^s.19.$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.
Método de alturas iguales del Sol, para la determinación de la hora.

Julio 31 de 1902.

Observación Antemeridiana.

1er Limbo { $23^h\ 49^m\ 28.^s3$
2o Limbo { $23^h\ 51^m\ 44.^s6$ Nivel { o = 3, e = 1
$46^h\ 100^m\ 72.9$

T . . . . . . $= 23^h\ 50^m\ 36.45$ Circulo Vertical $= 4°\ 43'\ 50''$.

Observación Postmeridiana.

2o Limbo { $24^h\ 26^m\ 53.^s17$
1er Limbo { $24\ \ 29^m\ 09.97$ Nivel { o = 1, e = 3
$48^h\ 56^m\ 03.^s14$

T' . . . . . $= 24^h\ 28^m\ 01.^s57$

Fórmulas:

$\theta = \frac{1}{2}(T - T')$; $\varepsilon = \frac{\theta\, v}{15}\left(\frac{\tan\varphi}{\sin\theta} - \frac{\tan\delta}{\tan\theta}\right)$.

$\frac{1}{2}(\Delta T + \Delta T') = M + \varepsilon - \frac{1}{2}(T + T')$

Variacion el 31 de Julio .... $v_1 = 36.''57$

Variación el 1o de Agosto.. $v_2 = 37.''26$

Variación de Variación en $24 = v_2 - v_1$, en $1^h = \frac{v_2 - v_1}{24}$.

Variación media $= v_m = \frac{v_2 - v_1}{24} \times 6.^h613$.

$v = v_1 + v_m$.

DATOS

T' . . . . . $= 24^h\ 28^m\ 01.^s57$ $\delta = 18°\ 22'\ 51.''2$

T . . . . . $= 23^h\ 50^m\ 36.^s45$ A.R. $= 8^h\ 33^m\ 46.^s76$

$T' - T$ . . . . $= 0^h\ 37^m\ 25.^s12$ $M = 12^h\ 06^m\ 12.^s20$

$\frac{1}{2}(T' - T)$ .... $= 0\ 18^m\ 42.^s56$ $\varphi = 19°\ 24'\ 17.''5$.

$\frac{1}{2}(T' + T)$ .... $= 12^h\ 09^m\ 19.^s01$

$\lambda = L = 6^h\ 36^m\ 46.^s7$ = Longitud del Observatorio al W de Green.

El cálculo es como sigue:

$\theta = \frac{1}{2}(T' - T) = 0^h 18^m 48^s.56 = 4^\circ 40' 38''.4$ en arco.

$v_1 + v_m = v = 38''.57.$

$\theta \times v = 0^h.312 \times 38''.57 = 12.034$

$\frac{\theta \times v}{15} = 0.802$

$\log \tan \varphi$ ...	9.5468522	$\log \tan \delta$	9.5215112
$\log \operatorname{sen} \theta$ ...	-8.9113932	$\log \tan \theta$	-8.9128421
$\left(\frac{\tan \varphi}{\operatorname{sen} \theta}\right)$ ...	0.6354690	$\left(\frac{\tan \delta}{\tan \theta}\right)$ ...	0.6086691

$\frac{\tan \varphi}{\operatorname{sen} \theta} = 4{,}320.$ $\qquad$ $\frac{\tan \delta}{\tan \theta} = 4{,}061.$

$$\frac{\tan \varphi}{\operatorname{sen} \theta} - \frac{\tan \delta}{\tan \theta} = 0.259.$$

$$\left(\frac{\tan \varphi}{\operatorname{sen} \theta} - \frac{\tan \delta}{\tan \theta}\right)\frac{\theta v}{15} = 0.259 \times 0.802 = 0.208.$$

ε ...	0.208
M ...	$+\ 12^h 6^m 12^s.200$
$M + \varepsilon$ ...	$= 12^h 06^m 12^s.408$
$\frac{1}{2}(T + T')$ ...	$= -\ 12\ 09^m 19^s.010$
	$-\ 3^m 06^s.502$

$$\frac{1}{2}(\Delta T + \Delta T') = -3^m 06^s.502.$$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Metodo del Anuario para la determinación del azimut y de la latitud

Agosto 2 de 1902.

Posición Inversa.

DATOS.

Hora en que se observó la Polar . . . . . $9^h 44^m 58^s.5$

Círculo Vertical . . . $19° 00' 45''.0$

,, Horizontal . . . $106° 05' 00''$

Ascención recta de la Polar $1^h 24^m 26^s 46$

δ Draconis { Hora en que se observó . . . $10^h 30^m 20^s.00$
A.R . . . . $- 19^h 12^m 32^s.00$
Δt . . . $= - 8\ 42^m 12^s.00$

Cálculo

Hora en que se observó la Polar . . . . . $9^h 44^m 58^s.5$

Δt . . . . $+ 8^h 42^m 12^s.0$

Hora sideria aprox: de la observación $18^h 27^m 10^s.50$

A.R. de la Polar . . . . . . $- 1^h 24^m 26.46$

$17^h 02^m 44^s 04$

$- 24^h 00^m 00^s.00$

Angulo horario de la Polar . . $= - 6^h 57^m 15^s.96$

Circulo vertical . . . $= 19° 00' 45''.00$ Azimut . . . . . $= - 1° 14' 19''.2$

Correccion por z . . . . . $- 2' 47''.7$ Círculo Horizontal . . $= 106° 05' 00''.0$

Altura verdadera $= 18° 57' 57''.3$ Indicación Meridiana $= 104° 50' 40''.8$

Reducción al Polo . . . . . $+ 18' 06''.0$

φ . . . . . . $= 19° 16' 03''.30$

Promedios

φ . . . . $= 19° 24' 26''.1$

Circulo Horizontal . . . . . $= - 1° 13', 2''.9$

Indicación Meridiana . . . $= 284° 55' 07''.1$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Método del Anuario para la determinación del azimut y de la Latitud.

Agosto 2 de 1902.

Posición Directa.

DATOS

Hora en que se observó la Polar .... $9^h\ 22^m\ 20^s.00$

Círculo vertical .... $19°\ 10'\ 35''.00$

,, Horizontal .... $286°\ 11'\ 40''.00$

Ascencion recta de la Polar (AR) $1^h\ 24^m\ 26^s.46$

δ Draconis { Hora en que se observó ... $10^h\ 30^m\ 20^s.00$
Ascención recta. $19^h\ 12^m\ 32^s.00$
ΔT .... $= -8^h\ 42^m\ 12^s.00$

Cálculo.

Hora en que se observó la Polar ... $= 9^h\ 22^m\ 20^s$

ΔT. .... $= -8^h\ 42^m\ 12^s$

Hora sideria aprda: de la observacion .. $= 18^h\ 04^m\ 32^s$

A.R de la Polar ...... $-1^h\ 24^m\ 26.46$

$16^h\ 40^m\ 05^s.54$

$-24^h\ 00^m\ 00^s.00$

Angulo horario de la Polar .... $= -7^h\ 19^m\ 54^s.46$

Circulo Vertical ...... $19°\ 10'\ 35''.00$

Corrección por refracción .. $-2'\ 46''.10$

Altura verdadera .... $19°\ 07'\ 48''.90$

Redducción al Polo ..... $+25'\ 00''.00$

φ .... $= 19°\ 32'\ 48''.9$

Azimut ..... $= -1°\ 12'\ 06''.6$

Circulo Horizontal. $= 286°\ 11'\ 40''.0$

Indicación Meridiana $= 284°\ 59'\ 33''.4$

Promedios.

φ .... $= 19°\ 24'\ 26''.1$

Azimut .... $= 286 -1°\ 13'\ 47''.9$

Indicación Meridiana. $= 284°\ 55'\ 07''.1$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.
Observaciones á la Polar, á δ Draconis, δ aquilae y β Cigny, para la determinación del azimut y de la latitud.
Agosto 5 de 1902.
Posición Inversa.
DATOS.

Hora en que se observó la Polar . . . . $9^h 55^m 23^s.5$
Circulo Vertical . . . . $19° 25' 30''.0$
,, Horizontal . . . . $7° 34' 50''.00$
Ascención recta de la Polar . . . . . $1^h 24^m 29^s.02$

δ Draconis { Hora en que se observó $10^h 12^m 16^s.00$
A.R . . . . . $19^h 12^m 32^s.00$
Δt . . . . = $9^h 00^m 16^s.00$

Calculo (método del Anuario).

Hora en que se observó la Polar . . . $9^h 55^m 23^s.5$
Δt . . . . $-9^h 00^m 16^s.0$
Hora sideria aprda: de la observación . . $18^h 55^m 39^s.50$
AR de la Polar . . . . . . $-1^h 24^m 29^s.02$
$17^h 31^m 10^s.48$
$-24^h 00\ 00.00$
Angulo horario de la Polar . . . . = $-6^h 28^m 49^s.52$

Circulo vertical . . . . $19° 25' 30''.00$
Corrección por r. $-2' 43''.77$
Altura Verdadera $19° 22' 46''.23$
Reducción al Polo $11' 39''.60$
φ . . . . . . $19° 34' 25''.83$

Azimut . . . . . . = $-1° 16' 26''.18$
Circulo Horizontal = $7° 34' 50''.00$
Indicación Meridiana = $6° 18' 23''.82$

Promedios

φ . . . . = $19° 25' 05''.49$
Azimut . . . . = $-1° 15' 12''.99$
Indicación Meridiana . . = $185° 49' 55''.33$.

Corrección á la posición Inversa.

δ Aquilae: $\alpha = 19^h\ 20^m\ 33^s.41$; $\delta = +2^\circ\ 55'\ 8''.7$

β Cigny: $\alpha = 19^h\ 26^m\ 46^s.11$; $\delta = 27^\circ\ 45'\ 12''.3$.

	δ Aquilae	β Cigny
Tránsito	$10^h\ 20^m\ 47^s.00$	$10^h\ 26^m\ 27^s.50$
Ascención recta	$-19^h\ 20^m\ 33^s.41$	$19^h\ 26^m\ 46.11$
Diferencia	$= 8^h\ 59^m\ 46^s.41$	$9^h\ 00^m\ 18^s.61$

$\Delta t' = 9^h\ 00^m\ 02^s.51$

Hora en que se observó la Polar	$9^h\ 55^m\ 23^s.50$
$\Delta t'$	$9^h\ 00^m\ 02^s.51$
Hora sideria aprda: de la observacion	$18^h\ 55^m\ 26^s.01$
A.R. de la Polar	$-1^h\ 24^m\ 29^s.02$
	$17^h\ 30^m\ 56^s.99$
	$-24^h\ 00\ 00.00$
Ángulo horario de la Polar	$= -6^h\ 29^m\ 03^s.01$

Circulo Vertical	$19^\circ\ 25'\ 30''.00$	Azimut	$= -1^\circ\ 16'\ 24''.75$
Correccion por v	$-2'\ 43''.77$	Circulo Horizontal	$= 7^\circ\ 34'\ 50''.00$
Altura verdadera	$= 19^\circ\ 22'\ 46''.23$	Indicacion meridiana	$= 6^\circ\ 18'\ 25''.25$
Reduccion al Polo	$9'\ 58''.80$		
φ	$= 19^\circ\ 32'\ 45''.03$		

Promedios

$\varphi = 19^\circ\ 24'\ 16''.5$

Azimut $= -1^\circ\ 15'\ 11''.7$

Indicación meridiana $= 185^\circ\ 49'\ 56''.62$.

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Observaciones á la Polar, á δ Draconis, δ Aquilæ y β Cygni, para la determinación del Azimut y de la Latitud.

Agosto 5 de 1902.

Posición Directa.

DATOS

Hora en que se observó la Polar . . . . . . $9^h 21^m 37^s.00$

Círculo Vertical $18° 58' 10''.00$

,, Horizontal. $186° 35' 26''.66$

Ascención recta de la Polar (A.R) $1^h 24^m 29^s.02$

δ Draconis { Hora en que se observó . . $10^h 12^m 16^s.00$
A.R . . $-19^h 12^m 32^s.00$

At. . — $= 9^h 00^m 16^s.00$

Cálculo. (método del Anuario).

Hora en que se observó la Polar . . . . $9^h 21^m 37^s.00$

At. . $+9^h 00^m 16^s.00$

Hora sidería aproxda: de la observación $18^h 21^m 53^s.00$

A.R de la Polar . . . . . . $-1^h 24^m 29^s.02$

$16^h 57^m 23^s.98$

$-24\ 00^m 00^s.00$

Angulo horario de la Polar . — $= -7^h 02^m 36^s.02$

Círculo Vertical . . . . $18° 58' 10''.0$ Azimut . . . . . . $= -1° 13' 59''.81$

Corrección por 2 . . . . . $-2' 48''.84$ Círculo Horizontal . . . $= 186° 35' 26''.66$

Altura verdadera $18° 55' 21''.16$ Indicación Meridiana $= 185° 21' 26''.85$

Reducción al Polo . . . $+20' 24''.00$

φ . . . . $= 19° 15' 45''.16$

Promedios

φ . . . . $= 19° 25' 05''.49$

Azimut . . . . $= -1° 15' 12''.99$

Indicación Meridiana . . . $= 185° 49' 55''.33$

Corrección á la posición Directa.

δ Aquiloe $\begin{cases} \alpha = 19^h\ 20^m\ 33^s.41 \\ \delta = +2^\circ\ 55'\ 08''.70 \end{cases}$

β Cigny — $\begin{cases} \alpha = 19^h\ 26^m\ 46.11 \\ \delta = +27^\circ 45'\ 12''.3 \end{cases}$

	δ Aquiloe	β Cigny
Tránsito	$10^h\ 20^m\ 47^s.00$	$10^h\ 26^m\ 27^s.50$
Ascención recta	$19^h\ 20\ 33^s.41$	$19^h\ 26\ 46^s.11$
Diferencia	$= 8^h\ 59^m\ 46.41$	$= 9^h\ 00\ 18^s.61$

$\begin{cases} 9^h\ 00^m\ 18^s.61 \\ 8^h\ 59\ 46.41 \\ 18^h\ 00^m\ 05^s.02 \end{cases}$, $\quad 10^h\ 20^m\ 47^s.00$ / $19\ 26^m\ 46^s.11$ / $20^h\ 47^m\ 14^s.50$

$\Delta t' =$ Promedio $= 9^h\ 00^m\ 02^s.51 \qquad 10^h\ 23^m\ 37^s\ 25$

$\Delta t - \Delta t' = 9^h\ 00^m\ 16^s.00 - 9^h\ 00^m\ 02^s.51 = 13^s.49$

Hora en que se observó la Polar . . . $9^h\ 21^m\ 37^s.00$

$\Delta t'$ . . . . . . $9^h\ 00^m\ 02^s.51$

Hora sideria apda: de la observación $= 18^h\ 21^m\ 39^s.51$

A.R. de la Polar . . . . $-1^h\ 24^m\ 29^s.02$

$16^h\ 57^m\ 10^s.49$

$-\ 24.\ 00^m\ 00^s.00$

Angulo horario de la Polar . . $= -7^h\ 02^m\ 49^s.51$

Circulo Vertical	$18^\circ 58' 10''.00$	Azimut	$= -1^\circ 13' 58''.66$
Coreción por r	$-2' 48''.84$	Círculo Horizontal	$= 186^\circ 35' 26.66$
Altura verdadera	$= 18^\circ 55' 21''.16$	Indicación Meridiana	$= 185^\circ 21' 28''.00$
Reducción al Polo	$+ 20' 26''.80$		
φ	$= 19^\circ 15' 47''.96$		

— Promedios —

φ . . . . $= 19^\circ 24' 16''.5$

Azimut . . . . $= -1^\circ 15'$

Indicación Meridiana . . $= 185^\circ 49' 56''.62$.

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Determinación de la hora por alturas iguales de dos Estrellas

Agosto 11 de 1902.

Fórmulas.

$\theta \ldots = \frac{1}{2}(t-t') + \frac{1}{2}(\Delta t - \Delta t') + \frac{1}{2}(\alpha' - \alpha)$,

$\tan\frac{1}{2}\psi = \tan\frac{1}{2}(\delta-\delta')\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')\cot\theta$,

$\operatorname{sen} W = \dfrac{\tan\frac{1}{2}(\delta-\delta')\tan\varphi\cos\psi}{\operatorname{sen}\theta}$,

$\varepsilon = W - \psi$,

$\frac{1}{2}(\Delta t + \Delta t') = \frac{1}{2}(\alpha'+\alpha) + \varepsilon - \frac{1}{2}(t+t')$.

DATOS

α Corona al O.
- Hora en que se observó $= t = 9^h 56^m 34^s.5$
- ascencion recta . . . $= \alpha = 15^h 30^m 32^s.3$
- Declinación . . $= \delta = 27°\, 02'\, 39''.3$

α Pegasi al Este
- Hora en q. ob. $t' = 10^h 13^m 34^s.5$
- $\alpha' = 22^h 59^m 52^s.0$
- $\delta' = 14°\, 40'\, 41''$

Cálculo.

$t \ldots\ldots 9^h\, 56^m\, 34^s.5$

$t' \ldots\ldots \underline{10^h\, 13^m\, 34^s.5}$

$t-t' \ldots = -0^h\, 17^m\, 00^s.0$

$\frac{1}{2}(t-t') = -0^h\, 8^m\, 30^s.0$

aceleracion . . . . $+ \quad \underline{-1.396}$

$-0^h\, 8^m\, 31^s.396$

$-0^h\, 8^m\, 31^s.396$

$\frac{1}{2}(\alpha'-\alpha) = \underline{+3^h\, 44^m\, 39.350}$

$\theta = +3^h\, 36^m\, 07^s.954 = 54°\, 01'\, 59''.31$ en arco.

$\frac{1}{2}(\delta-\delta') = 6°\, 10'\, 59''.15$

$\frac{1}{2}(\delta+\delta') = 20°\, 51'\, 40''.15$.

$\frac{1}{2}(\alpha'+\alpha) = 19^h\, 15^m\, 12^s.15$.

log $\tan\frac{1}{2}(\delta-\delta')$ . . 9.0300397 . . . . 9.0300397

log $\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')$ . . 9.5810232 $\qquad$ $\tan\varphi$ . . . 9.5468522

log $\cot\theta$ . . . $\underline{9.8607334}$ $\qquad$ $\cos\psi$ . . . 9.9998094

$(\tan\psi)$ . . . 8.4717963 $\qquad$ $\operatorname{sen}\theta$ . . . $\underline{-9.9081400}$

$\psi = 1°\, 41'\, 50''.74$ $\qquad$ $\operatorname{sen}(W)$ . . 8.6685613.

$W = 2°\, 40'\, 19''.3$.

$\varepsilon = W - \psi = 2°\, 40'\, 19''.30 - 1°\, 41'\, 50''.74 = 0°\, 58'\, 28''.56. = 3^m\, 53^s.9$ en arco.

$\frac{1}{2}(\alpha'+\alpha) + \varepsilon = 19^h\, 15^m\, 12^s.15 + 3^m\, 53^s.9 = 19^h\, 19^m\, 06^s.05 =$ Hora siderea T, que convertida en hora media equivale á $10^h\, 00^m\, 18^s.57$.

$\frac{1}{2}(\alpha'+\alpha) + \varepsilon \quad = 10^h\, 00^m\, 18^s.57$

$\frac{1}{2}(t+t') \ldots = \underline{-10^h\, 04^m\, 34^s.50}$

$\frac{1}{2}(\Delta t + \Delta t') \ldots = -0^h\, 04^m\, 15^s.93$.

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.
Determinación de la hora por alturas iguales de dos estrellas.

Agosto 7 de 1902.

Formulas.

$$\theta = \tfrac{1}{2}(t-t') + \tfrac{1}{2}(\Delta t + \Delta t') + \tfrac{1}{2}(\alpha' + \alpha)$$

$$\varepsilon = (8.5229)(\delta - \delta')\left(\frac{\tan\varphi}{\operatorname{sen}\theta} - \frac{\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')}{\tan\theta}\right).$$

$$\tfrac{1}{2}(\Delta t + \Delta t') = \tfrac{1}{2}(\alpha' + \alpha) + \varepsilon - \tfrac{1}{2}(t + t').$$

— α Corona al Oeste — α Andrómeda al Este —

Ascención Recta (α)	$15^h 30^m 32^s 30$	$0^h 3^m 19^s.20 = \alpha'$
Declinación (δ)	$+27^\circ 02' 39''.3$	$+28^\circ 32' 58''.0 = \delta'$
Hora en que se observó: (t) =	$19^h 40^m 40^s.0$	$19^h 53^m 52^s.0 = t'$

Cálculo

$(t-t') = -0^h 13^m 12^s$

$\tfrac{1}{2}(t-t') = -0^h 06^m 36^s$

$\tfrac{1}{2}(\alpha'-\alpha) = -7^h 43^m 36^s$

$\theta \ldots = \begin{cases} -7^h 50^m 12^s.55 = \\ = 117^\circ 33' 08''.25 \text{ en arco.} \end{cases}$

$\delta = 27^\circ 02' 39''.3$

$\delta' = -28^\circ 32' 58''.0$

$\delta - \delta' = \begin{cases} -1^\circ 30' 18''.7 = \\ = 5418''.7 \text{ en arco} \end{cases}$

$\log \tan\varphi \ldots 9.5468522$

$\log \operatorname{sen}\theta \ldots 9.9477223$

$\left(\frac{\tan\varphi}{\operatorname{sen}\theta}\right) \ldots 9.5991299$

$\frac{\tan\varphi}{\operatorname{sen}\theta} = 0.39731.$

$\delta + \delta' = 55^\circ 35' 37''.0$

$\tfrac{1}{2}(\delta+\delta') = 27^\circ 47' 48.65$

$\log \tan\tfrac{1}{2}(\delta+\delta') \ldots 9.7219505$

$\log \tan\theta \ldots 9.2825562$

$\frac{\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')}{\tan\theta} \ldots 9.4393943$

$\frac{\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')}{\tan\theta} = 0.27503.$

$\left(\frac{\tan\varphi}{\operatorname{sen}\theta} - \frac{\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')}{\tan\theta}\right) = 0.122; \quad \frac{\delta-\delta'}{30} = 180.6.$

$\left(\frac{\tan\varphi}{\operatorname{sen}\theta} - \frac{\tan\frac{1}{2}(\delta+\delta')}{\tan\theta}\right)\frac{\delta-\delta'}{30} = 0.122 \times 180.6 = 22.033. = \varepsilon.$

$\tfrac{1}{2}(\alpha+\alpha') + \varepsilon = 19^h 47^m 17^s.78; \quad \tfrac{1}{2}(t-t') = 19^h 47^m 16^s$

$\varepsilon + \tfrac{1}{2}(\alpha+\alpha') - \tfrac{1}{2}(t+t') = 19^h 47^m 17^s.78 - 19^h 47^m 16^s.00 = 1^s.78$

$\tfrac{1}{2}(\Delta t + \Delta t') = +1^s 78.$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Determinación de la hora por el método de distancias zenitales.

Agosto 12 de 1902.

Fórmulas:

$z = z' + r - p \pm s$ $\quad$ $\operatorname{sen}\frac{1}{2}h = \sqrt{\dfrac{\operatorname{sen} a \operatorname{sen} b}{\cos\varphi \cos\delta}}$

$a = \frac{1}{2}z + \frac{1}{2}(\varphi - \delta)$. $\quad$ $T = \alpha + h$

$b = \frac{1}{2}z - \frac{1}{2}(\varphi - \delta)$ $\quad$ $\Delta t = T - t$.

DATOS.

$z' = \ldots = 48°33'30''$

Barómetro $= 587^m.05$

Termómetro fijo. $= 18°.2$

Termómetro libre. $= 14°9$

$\varphi = 19°24'17''.5$

$r = \rho b l f$ — $\begin{cases} \log \rho \ldots 1.82004 \\ \log b \ldots 9.88670 \\ \log l \ldots 9.99961 \\ \log f \ldots 9.99937 \end{cases}$

$(r) \ldots 1.70572$, $r = +50''.7$

α Bootis $\begin{cases} \text{Hora en que se observó} = 17^h 38^m 57^s.83 = t \\ \text{ascencion recta} \ldots 14^h 11^m 11^s 43 = \alpha \\ \text{Declinación} \ldots 19°41'33''.3. \end{cases}$

CALCULO.

$z' + r = 48°33'30'' + 50''.7 = 48°34'20''.7 = z$

$\frac{1}{2}z = 24°17'10''.35$; $\quad (\varphi - \delta) = -0°17'15''.8$

$\frac{1}{2}z + \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 24°17'10''.35 + 8'37''.9 = 24°25'48''.25 = b$.

$\frac{1}{2}z - \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 24°17'10''.35 - 8'37''.9 = 24°08'32''.45 = a$.

$\log \operatorname{sen} a \ldots 9.6117186$

$\log \operatorname{sen} b \quad 9.6165619$

$\log \cos\varphi - 9.9746012$

$\log \cos\delta - 9.9738318$

$(\operatorname{sen}^2\frac{1}{2}h) \ldots 9.2798475$

$(\operatorname{sen}\frac{1}{2}h) \ldots 9.6399237$

$\frac{1}{2}h = \begin{cases} 25°52'36''.8 = \\ = 1^h 43^m 30^s.45 \text{ en arco} \end{cases}$

$h = 3^h 27^m 00^s.90$

$\alpha = 14^h 11^m 11^s.43$

$T = 17^h 38^m 12^s.33$

$t = -17^h 38^m 57^s.83$

$\Delta t = 0^h 00^m 45^s.5$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Determinación de la hora por alturas iguales de dos estrellas.

Agosto 12 de 1902.

Fórmulas.

$$\theta = \tfrac{1}{2}(t+t') + \tfrac{1}{2}(\Delta t - \Delta t') + \tfrac{1}{2}(\alpha' - \alpha)$$

$$\tan\psi = \tan\tfrac{1}{2}(\delta-\delta')\tan\tfrac{1}{2}(\delta+\delta')\cot\theta$$

$$\operatorname{sen} w = \frac{\tan\tfrac{1}{2}(\delta-\delta')\tan\varphi\cos\psi}{\operatorname{sen}\theta}$$

$$\varepsilon = w - \psi$$

$$\tfrac{1}{2}(\Delta t+\Delta t') = \tfrac{1}{2}(\alpha'+\alpha) + \varepsilon - \tfrac{1}{2}(t+t')$$

DATOS

α Herculis al Oeste:
- Hora en que se observó $19^h\,32^m\,18^s.83 = t$
- Ascención recta ... $17^h\,10^m\,10^s.69 = \alpha$
- Declinación ... $14^\circ\,30'\,05''.9 = \delta$

ε Pegasi al Este:
- Hora en que se observó $19^h\,24^m\,2^s.16 = t'$
- $\alpha' = 21^h\,39^m\,22^s.35$
- $\delta' = 9^\circ\,25'\,32''.00$

CALCULO.

t ..... $19^h\,32^m\,18^s.83$

t' ..... $19^h\,24^m\,02^s.16$

$t - t' = 0^h\,08^m\,16^s.67$

$\tfrac{1}{2}(t-t') = 0^h\,04^m\,08^s.335$

$\tfrac{1}{2}(t-t') = 0^h\,04^m\,08^s.335$

$\tfrac{1}{2}(\alpha'-\alpha) = +2^h\,14^m\,35^s.830$

θ ... $= +2^h\,18^m\,44^s.165 =$

$= 34^\circ\,41'\,02''.48$ en arco.

$\tfrac{1}{2}(\delta+\delta') = 11^\circ\,57'\,48''.95$; $\tfrac{1}{2}(\delta-\delta') = 2^\circ\,32'\,16''.95$; $\tfrac{1}{2}(\alpha'+\alpha) = 19^h\,24^m\,46^s.52$

$\log\tan\tfrac{1}{2}(\delta-\delta')$	8.6466502	....	8.6466502
$\log\tan\tfrac{1}{2}(\delta+\delta')$	9.3261157	$\tan\varphi$ ...	9.5468522
$\log\cot\theta$ ...	0.1598811	$\cos\psi$	9.9999603
$\tan\psi$.	8.1326470	$\operatorname{sen}\theta$ ...	−9.7551507
$\psi = 0^\circ\,46'\,30''.92$		$\operatorname{sen} w$ ...	8.4383120
			$w = 1^\circ\,34'\,19''.67$

$\varepsilon = w - \psi = 1^\circ\,34'\,19''.67 - 0^\circ\,46'\,30''.92 = 47'\,48''.75 = 3^m\,11^s.25$ en arco.

$\tfrac{1}{2}(\alpha'+\alpha) + \varepsilon = 19^h\,24^m\,46^s.52 + 3^m\,11^s.25 = 19^h\,27^m\,57^s.77$

$\tfrac{1}{2}(t+t') = \ldots\ldots\ldots = 19^h\,28\,10^s.49$

$\tfrac{1}{2}(\Delta t+\Delta t')$ ---------- $= -0^h\,00^m\,12^s.72$.

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Método de distancias zenitales, para la determinación de la hora.

Agosto 18 de 1902.

Fórmulas.

$z = z' + r \pm p \pm s$ $\qquad$ $\operatorname{sen} \frac{1}{2} h = \sqrt{\dfrac{\operatorname{sen} a \operatorname{sen} b}{\cos \varphi \cos \delta}}$

$a = \frac{1}{2} z + \frac{1}{2}(\varphi - \delta)$ $\qquad$ $T = \alpha + h$

$b = \frac{1}{2} z - \frac{1}{2}(\varphi - \delta)$.

DATOS

z' .... $= 34° 20' 35''$

Barómetro ..... $= 585.^m 7$

Termómetro fijo $= 17°.5$

Termómetro libre $= 15°.9$

$\varphi = 19° 24' 17''.5$

$r = \rho b l f$ $\left\{ \begin{array}{ll} \log \rho & 1.60110 \\ \log b & 9.88588 \\ \log l & 9.99049 \\ \log f & 9.99941 \end{array} \right.$

(r) ... 1.47688, $r = 29''.983$

α Cygni $\left\{ \begin{array}{ll} \text{Hora en que se observó} & 9^h 4^m 26^s.5 = t \\ \text{Ascencion recta} & 20^h 38^m 05^s.46 = \alpha \\ \text{Declinación} & +44° 55' 47''.8 = \delta. \end{array} \right.$

CALCULO.

$z' + r = 34° 20' 35''.00 + 29''.983 = 34° 21' 04''.983 = z$

$\frac{1}{2} z = 17° 10' 32''.491$; $\quad \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = -12° 45' 45''.15$

$\frac{1}{2} z + \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 17° 10' 32''.491 + (-12° 45' 45''.15) = 4° 24' 47''.34 = a$

$\frac{1}{2} z - \frac{1}{2}(\varphi - \delta) = 17° 10' 32''.491 - (-12° 45' 45''.15) = 29° 56' 17''.641 = b.$

$\log \operatorname{sen} a$ ... 8.8861966

$\log \operatorname{sen} b$ $\quad 9.6981581$

$\log \cos \varphi$ $- 9.9746012$

$\log \cos \delta$ $- 9.8500153$

$\operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} h$ $- 8.7597382$

$\operatorname{sen} \frac{1}{2} h$ $- 9.3798691$

$\frac{1}{2} h = \left\{ \begin{array}{l} -13° 52' 31''.38 = \\ = -0^h 55^m 30^s.092 \end{array} \right.$

$h = -1^h 51^m 00^s.184$

$\alpha = 20^h 38^m 05^s.460$

$T = 18^h 47^m 05^s.276$ = hora sideria que transformada en hora media es: $H = 9^h 0^m 51^s.521$

$t = -9^h 4^m 26^s.500$ = cronométrica.

$\Delta t = -0^h 3^m 34^s.979$

Observatorio Astronómico N. de Tacubaya.

Método de pasos meridianos, para la determinación de la hora.

Agosto 13 de 1902.

Fórmulas

$\alpha = t + \Delta t + A a$ $\quad A = \frac{sen(\varphi-\delta)}{\cos\delta}$

$\alpha' = t' \Delta t' + A' a$ $\quad A' = \frac{sen(\varphi-\delta')}{\cos\delta'}$

$2\theta = (\alpha'-\alpha) + (t-t') + (\Delta t - \Delta t'),$

$a = \frac{2\theta}{A'-A} = \frac{[(\alpha'-\alpha)+(t-t')]\cos\delta\cos\delta'}{\cos\varphi\ sen(\delta-\delta')}$

$\Delta t = (\alpha - A a) - t.$

DATOS

λ Sagittarii — Hora en que se observó su declinación y su ascención recta.

$t = 18^h\ 22^m\ 17^s.5$

$\alpha = 18\ \ 21^m\ 55^s.37$

$\delta = -25°\ 28'\ 34''.0$

α Lira. — Hora en que se observó, su ascención recta y declinación

$t' = 18^h\ 33^m\ 42^s.5$

$\alpha' = 18^h\ 33^m\ 37^s.22$

$\delta' = +38°\ 41'\ 32''.4$

Cálculo.

λ Sagittarii

$\varphi \ldots\ 19°\ 24'\ 17''.5$

$\delta \ldots -25°\ 28'\ 34''.0 \ldots \cos - 9.9555746$

$\varphi - \delta = 44°\ 52'\ 51''.5 \ldots\ sen + 9.8485809$

(A) $\quad -9.8930063$

$A = 0.7816$

α Lira

$\varphi = 19°\ 24'\ 17''.5$

$\delta' = +38°\ 41'\ 32''.4 \ldots \cos - 9.8923807$

$\varphi - \delta = -19°\ 17'\ 14''.9 \ldots sen\ 9.5189191$

(A') $\quad 9.6265384-$

$A' = -0.42319$

$(\alpha-\alpha') - (t-t') = 0^h\ 11^m\ 41^s85 - 0^h\ 11^m\ 25^s.00 = +16^s.85 = 2\theta.$

$A' - A = -0.4232 - 0.7816 = -1.2048.$

$a = \frac{2\theta}{A'-A} = -\frac{16.85}{1.205} = -13^s.98;$

$A \times a = 10^s.93$

$\alpha \quad = \ldots -18^h\ 21^m\ 55^s.37$

$Aa \ldots\ldots\ldots \quad + 10^s.93$

$\alpha - Aa = 18^h\ \ 22^m\ 06^s.30$

$t \ldots\ldots = -18\ \ \ 22\ \ 17^s.50$

$\Delta t = -0^h\ 00^m\ 11^s.20$