para simplificar llamaremos Z — Z′, valores que, divididos por la cantidad constante

$$M' - M = 1 - 1\ 1 = 12 - 2\ \& = 10$$

darán otros tantos valores para R.

Observs. comparads.	Z — Z′	R.	v	v²
1 y 11	489″55	48″955	+ 0.391	0.1529
2 y 12	488.91	48.891	+ 0.327	0.1069
3 y 13	486.97	48.697	+ 0.133	0.0177
4 y 14	486.56	48.656	+ 0.092	0.0084
5 y 15	484.19	48.419	— 0.145	0.0210
6 y 16	483.11	48.311	— 0.253	0.0640
7 y 17	481.79	48.179	— 0.385	0.1482
8 y 18	488.16	48.816	— 0.252	0.0635
9 y 19	483.09	48.309	— 0.255	0.0650
10 y 20	484.06	48.406	— 0.158	0.0249
	Promedio.	48″564	Suma.	0.6725

Con la suma de los cuadrados de las diferencias entre cada resultado y el promedio de todos ellos, se obtiene un error probable.

$$R = 0.6745 \sqrt{\frac{0.672}{10 \times 9}} = 0.058$$

Para hacer la correccion por refraccion, se debe restar del valor medio de R la cantidad R △ r, en que △ r es la variacion de la refraccion por 1′ á la distancia zenital Z_0, expresando á R en minutos. Para una distancia zenital $Z_0 = 70° 32'$, △ r = 0.150; de donde

$$R \triangle r = 0.150 \times \frac{48''.6}{60} = 0''\ 121$$

Por consiguiente

$$R = 48''\ 564 - 0''\ 121 = 48''\ 443$$

Obtenido el valor de una revolucion del micrómetro, ó bien el de una de sus divisiones centesimales, que será, por lo mismo, 0″ 484.43, y habiendo obtenido antes 2.12 divisiones del micrómetro para el valor de una division del nivel, resulta por último que el valor de cada una de estas es de 1″ 03.

ALTAZIMUT.

En este instrumento tenemos que determinar el valor de una revolucion en cada micrómetro del ocular, el valor angular de una division tanto del nivel fijo como del montante, los intervalos ecuatoriales de los hilos y el error de colimacion. Comenzaré por el nivel fijo paralelo al círculo vertical. El método que he empleado es el que consiste en hacer recorrer la burbuja un cierto número de divisiones, visando un punto hácia el horizonte á una distancia considerable y haciendo la lectura de los micrómetros del círculo vertical en las dos coincidencias establecidas en cada una de las dos posiciones distintas del nivel. Hice varias observaciones variando el número de divisiones rocorridas, así como tambien el punto de mira, habiendo quedado este la primera vez como á cinco leguas de distancia, y la segunda como á tres leguas. Voy á poner solamente los resultados de dos observaciones, por ser su promedio enteramente igual al que resultó de todas las hechas.

	NIVEL		MICROMETRO
	Ocular	Objetivo	
1ª OBSERVACION.			
1ª posicion	94.0	213.5	38′17″10
2ª idem	26.8	146.4	39′24″25
Diferencias..	67.2	67.1	67″15
2ª OBSERVACION.			
1ª posicion	10.0	130.0	47′32″0
2ª idem	101.7	221.9	45′58″0
Diferencias..	91.7	91.9	94″0

Tomando los promedios resulta en el primer caso 1″ exactamente para cada division del nivel, y en el segundo 1″.02. Por consiguiente, el valor definitivo es 1″.01.

En cuanto al nivel montante solo diré que, fijándolo sobre el anteojo, he hecho uso del mismo método anterior, y de cuatro observaciones que hice, haciendo recorrer la brújula como 50 divisiones próximamente, obtuve los resultados siguientes:

En la 1ª	1″00	para cada division del nivel.
„ „ 2ª	1.08	„ „ „ „
„ „ 3ª	1.06	„ „ „ „
„ „ 4ª	1.00	„ „ „ „
Promedio	1″03	

Mas debo observar que en la 2ª y 3ª observaciones la brújula tocó las últimas divisiones del nivel; pero en la 1ª y la 4ª recorrió solamente las divisiones intermedias. Es de creer, en efecto, que las divisiones extremas tengan un valor un poco mayor que las médias, por acercarse á la parte en que el vidrio toma la curvatura en que termina el tubo. Esta diferencia la habia observado ya en otros niveles. De aquí resulta que, siempre que la brújula no se desvie mucho al hacer la lectura del nivel montante, se puede tomar 1″ para cada division, y solo cuando el desnivel sea fuerte se tomará para aquel valor el promedio de los resultados anteriores, tratándose sobre todo de observaciones muy precisas.

En el ocular hemos visto que hay dos micrómetros, uno que mueve toda la retícula cuyos hilos están en planos verticales, y el otro que hace mover un hilo horizontal. Una revolucion del primero equivale á 60″2, y como el anillo de la cabeza del tornillo micrométrico está dividido en 100 partes, una de estas equi-

vale á 0″602. El otro micrómetro tambien está dividido en 100, pero el valor de una de sus revoluciones es distinto y fué determinado de la manera siguiente:

Puesto el micrómetro en cero y visando un punto muy distante, pero perfectamente definido, hice la lectura del círculo vertical. En seguida le hice dar sucesivamente al micrómetro 5, 10, 15 y 20 revoluciones que son las que permite, haciendo otras tantas lecturas, despues de establecida la coincidencia del hilo con el punto de mira por medio del tornillo de aproximacion del anteojo. De esta manera obtuve los resultados siguientes:

	Micrómetro.	Diferencias.
En 0	48′ 58″ 25	505″0
„ 5	40 33 25	505.0
„ 10	32 8 25	505.0
„ 15	23 43 25	511.7
„ 20	15 11 50	

Con excepcion de la última, se ve que la concordancia no puede ser más perfecta, y como en las cinco últimas revoluciones repetí la observacion y obtuve el mismo resultado próximamente, infiero que en esta parte hay una ligera imperfeccion, y aun no me será muy difícil lo que me propongo hacer despues, en qué punto del tornillo micrométrico existe aquel defecto, para poder eliminarlo cuando llegue el caso de hacer observaciones en aquel punto.

Por lo expuesto se ve que á una revolucion del tornillo micrométrico que mueve el hilo horizontal le corresponden 101″ de valor angular, siendo el de una division de 1″01.

Réstame hablar de los intervalos ecuatoriales de los hilos de la retícula. Se compone esta de nueve hilos dispuestos de la manera siguiente: Partiendo del hilo central, los que le siguen inmediamente á uno y otro lado distan de aquel muy próximamente 2′; los dos intervalos simétricos contiguos tienen un valor de solo 1′, y los otros cuatro, que son los dos últimos de cada lado, llegan á 3′. De aquí resulta que, si prescindimos de los dos hilos que dividen los dos intervalos del centro en intervalos de 2′ y 1′, tendremos seis intervalos iguales de 3′ cada uno.

El micrómetro de la retícula, una vez conocido el valor de sus revoluciones y divisiones, nos puede servir pefectamente para determinar el valor de cada uno de los intervalos entre sí, como tambien para destruir ó determinar con toda precision el error de

colimacion deduciendo despues el valor de los intervalos ecuatoriales. Para lo primero se ponen los anillos del tornillo micrométrico en cero, tanto el que marca revoluciones completas como el que da fracciones de estas. En este caso, la retícula queda en su mayor distancia posible del centro del anteojo hácia uno de los lados. Se visa entonces un punto distante y bien definido de manera que coincida perfectamente con el hilo que esté más inmediato al centro del anteojo; se le da vuelta en seguida al tornillo micrométrico haciendo la lectura correspondiente en la coincidencia de cada uno de los hilos con el punto visado, obteniendo por consiguiente de una manera muy fácil el valor de cada uno de los intervalos.

El tornillo es susceptible de dar 20 revoluciones que es el número en que está dividido el anillo que marca estas; de manera que, puesto en el número 10, la retícula se halla en el centro del campo del anteojo, y coincidiendo, ó por lo menos muy próximamente, el hilo central con el eje óptico. Si la coincidencia fuese completa, el error de colimacion del hilo central seria nulo en aquella posicion del tornillo; si no lo fuese, se comprende desde luego la manera fácil de destruir todo error, pues que una vez determinado este por alguno de los métodos conocidos, se deduce inmediatamente la cantidad que debe moverse el tornillo y el sentido en que debe hacerse para establecer la coincidencia del hilo central con el eje óptico. Para proceder con órden presentaré los resultados de las observaciones hechas sobre el valor de los intervalos ecuatoriales, comenzando por el hilo de la derecha en la posicion directa, ó sea puesto el anteojo en el meridiano y luz al O., el primero que recorre una estrella en su paso meridiano.

Para esto he observado el paso completo de 25 estrellas cuyos datos todos seria demasiado extenso incluir en esta Memoria, contentándome con poner los resultados siguientes:

ESTRELLAS observadas	INTERVALO ECUATORIAL DEL						
	Primer hilo	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Sétimo
27 Aurigae..	+36.493	+24.286	+11.884	—0.000	—12.401	—24.286	—36.233
18 Leporis..	36.235	24.543	12.175	—0.097	12.070	24.156	36.621
2237 B. A. C	36.435	24.345	12.245	+0.166	12.411	24.179	36.435
2470 idem..	36.410	24.447	12.287	—0.265	11.247	24.290	36.352
2532 idem..	36.584	24.427	12.027	+0.051	12.232	24.487	36.356
2892 idem..	36.280	24.160	11.861	+0.222	12.137	24.136	36.256
3082 idem..	36.614	24.050	11.935	—0.090	12.045	24.230	36.255
3218 idem..	36.582	24.247	12.051	—0.838	12.065	24.400	36.250
3368 idem..	36.285	23.611	12.035	+0.560	11.915	23.991	36.166
β Cassiopeæ	36.467	24.287	12.055	—0.021	12.096	24.172	36.509
β Ceti.....	36.383	24.350	12.223	—0.095	11.938	24.161	36.762
ι Tauri	36.710	24.534	11.901	0.000	12.176	24.151	36.344
ζ Persei	36.316	24.466	12.276	+0.085	12.276	24.381	36.486
k Tauri....	36.592	24.343	12.185	+0.335	12.312	24.561	35.903
1844 B. A. C	36.401	24.344	11.851	+0.061	12.167	24.220	36.441
β Tauri....	36.427	24.569	12.259	+0.132	12.348	24.651	36.427
136 Tauri..	36.345	24.289	12.056	0.000	12.233	24.112	36.345
139 Tauri..	36.241	24.101	12.230	0.000	12.051	24.191	36.152
ε Geminor..	36.586	24.375	12.165	—0.045	12.256	24.375	36.495
ω idem.....	36.341	24.227	11.932	—0.091	12.205	24.227	36.067
k idem.....	36.463	24.379	12.384	—0.154	12.239	24.324	36.499
μ^2 Cancri...	36.761	24.332	11.901	—0.158	12.227	24.276	36.335
γ Cancri...	36.278	24.495	12.062	—0.093	12.155	24.216	36.278
3963 B. A. C	36.573	24.313	12.053	+0.124	12.219	24.313	36.573
3985 idem..	+36.334	+24.296	+12.037	+0.111	—12.037	—24.406	—36.389
Promedios..	+36.445	+24.313	+12.083	—0.004	—12.138	—24.276	—36.397

Por via de comprobacion determiné tambien los mismos intervalos ecuatoriales, midiendo directamente por medio de los tres micrómetros del círculo horizontal la distancia angular de cada uno de los hilos al central, pues obtenidos estos datos fácil es deducir despues los intervalos de los mismos hilos, respecto del hilo medio. Llamando en efecto d_1, d_2, d_3, d_5, d_6 y d_7 las distancias medidas, y l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6 y l_7 los promedios de las lecturas hechas con los micrómetros correspondientes á cada hilo, y suponiendo que dichas lecturas crezcan en el mismo órden de los hilos, tendremos:

$$l_1 = l_4 - d_1$$
$$l_2 = l_4 - d_2$$
$$l_3 = l_4 - d_3$$
$$l_4 = l_4$$
$$l_5 = l_4 + d_5$$
$$l_6 = l_4 + d_6$$
$$l_7 = l_4 + d_7$$

Sumando estas ecuaciones y dividiendo por 7, el primer miembro representará la lectura del hilo medio que, llamándolo l_0, se obtiene

$$l_0 = l_4 + \frac{(d_5 + d_6 + d_7) - (d_1 + d_2 + d_3)}{7}$$

$$l_0 - l_4 = + \frac{(d_5 + d_6 + d_7) - (d_1 + d_2 + d_3)}{7}$$

El valor de $l_0 - l_4$ no es otra cosa que el intervalo ecuatorial del hilo central, es decir, su distancia angular al hilo medio, y que es, por lo mismo, la correccion que debe sufrir la distancia respectiva de cada hilo, para obtener por último todos los intervalos ecuatoriales.

Los promedios de varios valores obtenidos para d son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} d_1 = 9' & 6''50 \\ d_2 = 6 & 3\ 60 \\ d_3 = 3 & 2\ 17 \\ d_4 = 0 & 0\ 00 \\ d_5 = 3 & 2\ 10 \\ d_6 = 6 & 3\ 93 \\ d_7 = 9 & 4\ 26 \end{array}$$

Sustituidos estos valores en la ecuacion anterior se tiene

$$l_0 - l_4 = i_4 = -\frac{1.98}{7} = -0''28 = -0^s\,018$$

Hechas las correcciones á los valores de d, reducidos estos á tiempo, y comparando los resultados con los obtenidos astronómicamente, se ve en la tabla que sigue que las diferencias son bien pequeñas.

Como unas y otras han sido hechas cuidadosamente, tomo el promedio para los valores definitivos de los intervalos ecuatoriales que se ven en la última columna.

Intervalos obtenidos por medidas directas.	Id. por observaciones astronómicas	DIFERENCIAS	Intervalos ecuatoriales definitivos
$i_1 = +36^s452$	$+36^s474$	$-0^s\,022$	$+36^s\,463$
$i_2 = +24.258$	$+24.341$	-0.083	$+24.300$
$i_3 = +12.163$	$+12.110$	$+0.053$	$+12.136$
$i_4 = -0.018$	-0.004	-0.014	-00.011
$i_5 = -12.121$	-12.146	$+0.025$	-12.133
$i_6 = -24.243$	-24.290	$+0.047$	-24.266
$i_7 = -365.26$	-36.405	$+0.140$	-36.335

LATITUD.

Para tener la latitud del Observatorio Astronómico Nacional, tuve desde luego la idea de emplear todos los métodos conocidos y tener de esta manera la mejor comprobacion sobre un dato que, junto con la longitud, formará la base esencial de todas las observaciones subsecuentes. Prácticamente ví, sin embargo, que no me era posible llenar aquel deseo hasta el tiempo á que debian extenderse los trabajos de esta Memoria, tanto por la falta del personal necesario, como por las diversas atenciones que he tenido fuera del Observatorio, aunque referentes todas al Ministerio de Fomento. Elegí, por consiguiente, en la determinacion de la latitud aquellos métodos que, por razones que fácilmente se explican, formarán el objeto de esta parte de mi Memoria.

Andrés Talcott, capitan del cuerpo de ingenieros de los Estados-Unidos, en 1834 inventó el instrumento llamado telescopio zenital que, con las modificaciones que ha sufrido despues, sirve