

Lados.	Azimuts.
Chiquihuite — Tenayo	77° 53'. 5
„ — Corona	42 34. 2
Reloj — Panal	111 34. 7
„ — Cañada	107 36. 5

Con estos datos se calcularon las coordenadas de los puntos respecto al vértice desde el cual se tomó el azimut, y agregándoles á esas coordenadas las del vértice á que están referidas, se obtuvieron las coordenadas absolutas referidas á los ejes Cerro Gordo — Guerrero. La tabla siguiente da esas coordenadas.

Vértices.	x	y
Sta. Clara	1061. <sup>m</sup> 8	4334. <sup>m</sup> 5
S. Pedro	2068. 6	4119. 9
Hacienda del Risco	3489. 5	2570. 6
Rancho de S. José	4327. 1	2102. 5
Jajalpa	— 2025. 8	9901. 1
Tonanitla	— 468. 7	20626. 1
La Magdalena	3880. 3	15636. 3
S. Pablo	3311. 5	18202. 2
Huacalco	5145. 7	14191. 2
Tultepec	7318. 1	20290. 9
Cuautitlán	11033. 5	16686. 7
Tlalnepantla	15268. 4	4082. 3
Sta. Cecilia	12196. 8	5406. 5
S. Bartolo	11647. 1	3238. 4
Mina	7306. 5	10423. 7
Encinos	6050. 8	10024. 2
Puerto de Lobos	3511. 0	9516. 6
Cañada de Coamilpa	2278. 7	8830. 6
Coamilpa	3206. 5	9014. 3
Jagüey	2399. 3	10507. 8
Chiquihuite 2°	— 122. 4	9048. 6
Cabeza Blanca	2619. <sup>m</sup> 5	6062. <sup>m</sup> 5
La Esmeralda	3939. 1	2334. 1

Vértices.	x	y
Cerro (A)	4035. 8	3038. 7
Contrafuerte Petlalcal	5301. 2	2905. 4
Petalcal 1°	5186. 6	4605. 2
„ 2°	4598. 4	4247. 6
„ 3°	5343. 6	4949. 4
Acetiado	5210. 2	7007. 0
Puerto de Vacas	5656. 6	7427. 9
Tierra Amarilla	4733. 6	7922. 7
Coahuil 2°	6371. 2	5616. 2
„ 1°	6085. 6	5800. 3
„ 3°	5793. 0	5639. 9
Corona	10277. 5	6488. 5
Panal	8984. 0	7805. 9
Cañada	9041. 8	8141. 8
Tenayo	10887. 3	4270. 0

#### NIVELACIÓN.

En cada uno de los vértices que se ocuparon se tomaron las indicaciones del círculo vertical en ambas posiciones, cuando el hilo horizontal del retículo era tangente al perfil de la montaña y la visual se dirigía á punto trigonométrico, y simplemente en una posición cuando se dirigía á un punto que no era vértice principal.

En el polígono que forma la triangulación se tomaron más datos de los indispensables, lo que nos permite hacer una compensación de desniveles por el método de los mínimos cuadrados, y respecto á esos vértices referiremos todos los desniveles de los otros puntos para después reducirlos todos ellos á un plano de comparación común.

El plano á que referiremos todas nuestras alturas será el que pasa por el extremo E. de la base, por ser el más bajo y cuya acotación respecto de México es aproximadamente conocida.

La tabla siguiente contiene las distancias zenitales de los puntos desde cada uno de los que se expresan.

Puntos de observación.	Puntos observados.	Distancias zenitales.
Extremo E	Risco	87° 3' 22" 5
	Extremo O	90 0 2.5
	Guerrero	81 30 35.0
Extremo O.	Guerrero	81 39 55.0
	Risco	86 46 5.0
	Extremo E	90 5 12.5
	Contrafuerte Petlalcal	87 9 35.0
	Esmeralda	86 27 35.0
Guerrero	Cerro (A)	85 5 35.0
	Chiquihuite 1°	86 8 42.5
	Extremo O	98 21 0.0
	Risco	93 17 20.0
	Coahuis 1°	87 47 0.0
Risco	Extremo E	98 31 15.0
	Chiquihuite 1°	84 34 50.0
	Reloj	85 30 25.0
	Cerro Gordo	88 16 47.5

Puntos de observación.	Puntos observados.	Distancias zenitales.
Risco	Extremo E	93° 3' 50" 0
	Extremo O	93 11 53.75
	Guerrero	86 47 5.00
	Esmeralda	88 55 42.5
	Cerro (A)	85 57 17.5
	Contrafuerte Petlalcal	89 4 25.0
Tesoro.	Puerto de Lobos	86 2 37.5
	Chiquihuite 1°	88 36 0.0
	Reloj	87 34 30.0
	Mina	86 45 20.0
	Encinos	86 47 45.0
Chiquihuite	Puerto de Vacas	89 17 10.0
	Guerrero	93 50 40.0
	Risco	95 28 55.0
	Cerro Gordo	92 11 2.5
	Reloj	88 25 30.0
	Tesoro	91 27 50.0
	Tierra Amarilla	89 16 2.0

Puntos de observación.	Puntos observados.	Distancias zenitales.
Chiquihuite	Mina	88° 33' 52" 0
	Encinos	87 45 12. 0
	Coahuis 1°	91 27 30. 0
	Tenayo	94 21 32. 0
	Corona	90 27 40. 0
Cerro Gordo	Chiquihuite	87 53 10. 0
	Risco	91 44 20. 0
	Cruz.	88 28 55. 0
	Reloj	85 41 35. 0
	Cabeza Blanca	88 3 11. 0
	Chiquihuite 2°	88 53 26. 0
	Petlalcal 1°	87 7 26. 0
	„ 2°	87 22 46. 0
	„ 3°	87 21 46. 0
	Coahuis 2°	87 47 26. 0
	„ 3°	87 40 41. 0
Puerto de Lobos	85 44 41. 0	
Acetiado	87 16 21. 0	
Tierra Amarilla	87 4 21. 0	

Puntos de observación.	Puntos observados.	Distancias zenitales.
Reloj	Tesoro	92° 25' 35" 0
	Chiquihuite 1°	91 39 35. 0
	Risco	94 34 15. 0
	Cerro Gordo	94 21 42. 5
	Cruz	94 54 10. 0
	Jagüey	92 54 39. 0
	Coamilpa	94 18 19. 0
	Cañada Coamilpa	94 4 9. 0
	Petlalcal 1°	92 42 49. 0
	„ 2°	93 11 31. 0
	„ 3°	93 5 9. 0
	Coahuis 2°	93 39 49. 0
	„ 3°	93 14 39. 0
	Acetiado	94 48 29. 0
Puerto de Vacas	96 18 54. 0	
Cruz	Cerro Gordo	91 33 40. 0
	Reloj	85 9 15. 0
	Jagüey	84 12 3. 0
	Coamilpa	84 33 53. 0

Puntos de observación.	Puntos observados.	Distancias zenitales.
Cruz	Cañada Coamilpa	84° 55' 58" 0
	Cabeza Blanca	90 2 13. 0
	Chiquihuite 2°	92 43 18. 0

Para encontrar los desniveles haremos uso solamente de la fórmula  $d = s \cot z$ , es decir, la distancia de los dos puntos multiplicada por la cotangente de la distancia zenital de uno respecto al otro; pues la refracción y curvatura de la tierra influyen muy poco á causa de lo pequeños que son nuestros lados; pues el mayor que es el Reloj — Tesoro vale solamente 8110 metros, y es fácil ver qué error resulta en los desniveles despreciando la refracción y curvatura de la tierra.

La fórmula para encontrar el desnivel de dos puntos es:

$$d = s \cot z + \frac{0.5 - c}{R} s^2$$

en la que

$z$  la distancia zenital medida desde uno de ellos

$c$  coeficiente de refracción que haremos igual á 0.06

$R$  radio de la tierra.

$s$  es la cuerda que une los pies de las verticales de los dos puntos y para deducir del arco que une dichos pies, que es en realidad lo que conocemos, tenemos que hacer uso de la fórmula siguiente:

$$s = a - \frac{a^3}{24 R^2}$$

Haciendo en esta fórmula  $a = 8110^m$ , lado mayor de nues-

tra triangulación principal se encuentra:

$$\frac{a^3}{24 R^2} = 0.0005$$

Si pues en la fórmula del desnivel le consideramos á  $s$  un error de 0.0005, veamos qué error produce: para esto diferenciamos á  $d$  en  $s$

$$\frac{d.d}{d.s} = \cot z + 2 \left( \frac{0.5 - c}{R} \right) s$$

suponiendo á  $z = 85^\circ$ , distancia zenital más común en nuestras medidas, á  $s = 8110$  lado máximo, y  $d.s = 0.0005$  se tiene

$$d.d = (0.087 + 0.0011) 0.0005 = 0.000044$$

error despreciable; así solamente haremos uso de la fórmula

$$d = s \cot z.$$

Haciendo uso de esta fórmula y llevando en cuenta la altura del instrumento, en cada estación se encuentran los desniveles de los puntos; para los puntos secundarios tomaremos el promedio que les resulte de las acotaciones reducidas á un mismo plano, y para vértices trigonométricos haremos una compensación. La tabla siguiente contiene los desniveles de los vértices principales.

Referencias.	Vértices.	Acotaciones.
E Extremo E	Risco	63. <sup>m</sup> 52
	Extremo O	1. 28
	Guerrero	192. 77

Referencias.	Vértices.	Acotaciones.
O Extremo O.	Guerrero	191. <sup>m</sup> 13
	Risco	60. 34
	Extremo E	— 1. 28
Ch Chiquihuite	Guerrero	— 299. 95
	Risco	— 429. 11
	Cerro Gordo	— 290. 22
	Reloj	192. 82
	Tesoro	— 150. 02
R <sup>1</sup> Reloj	Tesoro	— 343. 75
	Chiquihuite	— 192. 82
	Risco	— 627. 36
	Cerro Gordo	— 484. 40
	Cruz	— 343. 00
G Guerrero	Chiquihuite	299. 95
	Risco	— 128. 45
	Extremo E	— 192. 77
	Extremo O	— 191. 13

Referencias.	Vértices.	Acotaciones.
T Tesoro	Chiquihuite	150. <sup>m</sup> 02
	Reloj	343. 75
CG Cerro Gordo	Chiquihuite	290. 22
	Risco	— 144. 20
	Cruz	139. 29
	Reloj	484. 40
Cz Cruz	Cerro Gordo	— 139. 29
	Reloj	343. 00

Con las acotaciones anteriores podremos formar ecuaciones de condición para compensar los desniveles por los mínimos cuadrados.

Las condiciones son que los tres desniveles de los vértices de cada triángulo, uno respecto de los otros, sumados deben dar 0.

Para establecer las ecuaciones de condición designaremos á cada vértice por la letra que tienen en la tabla anterior, y las correcciones del desnivel de un punto respecto á otro, por las dos letras de los vértices dentro de un paréntesis, poniendo primero la letra del vértice respecto del cual se tiene el desnivel, y por segunda la del punto cuyo desnivel se busca.

*Ecuaciones de condición.*

$$\begin{aligned}
-1.90 + (EO) + (OR) + (RE) &= 0 \\
0.26 + (EO) + (OG) + (GE) &= 0 \\
-0.71 + (RG) + (GCh) + (ChR) &= 0 \\
5.43 + (ChR) + (RR') + (R'Ch) &= 0 \\
0.91 + (R'Ch) + (ChT) + (TR) &= 0 \\
-1.24 + (RR') + (RCG) + (CGR) &= 0 \\
-2.11 + (RCG) + (CGCz) + (CzR') &= 0
\end{aligned}$$

Debe notarse desde luego que no hacemos entrar las distancias entre los puntos, por lo que no encontraremos las correcciones de las distancias zenitales sino las de las acotaciones.

Llamando  $k_1, k_2$ , etc. las indeterminadas, resultan las siguientes

*Ecuaciones correlativas.*

$$\begin{aligned}
(E O) &= k_1 + k_2 \\
(O R) &= k_1 \\
(R E) &= k_1 \\
(O G) &= + k_2 \\
(G E) &= + k_2 \\
(R G) &= + k_3 \\
(G Ch) &= + k_3 \\
(Ch R) &= + k_3 + k_4 \\
(Ch R') &= + k_4 + k_5 \\
(R' R) &= + k_4 + k_6 \\
(T Ch) &= + k_5 \\
(R' T) &= + k_5 \\
(R CG) &= + k_6 \\
(R' CG) &= + k_6 + k_7 \\
(CG Cz) &= + k_7 \\
(R Cz) &= + k_7
\end{aligned}$$

*Coefficientes sumatorios.*

$$\begin{aligned}
[aa] &= 3 \\
[ab] &= 1 \quad [bb] = 3 \\
[ac] &= 0 \quad [bc] = 0 \quad [cc] = 3 \\
[ad] &= 0 \quad [bd] = 0 \quad [cd] = 1 \quad [dd] = 3 \\
[ae] &= 0 \quad [be] = 0 \quad [ce] = 0 \quad [de] = 1 \quad [ee] = 3 \\
[af] &= 0 \quad [bf] = 0 \quad [cf] = 0 \quad [df] = 1 \quad [ef] = 0 \quad [ff] = 3 \\
[ag] &= 0 \quad [bg] = 0 \quad [cg] = 0 \quad [dg] = 0 \quad [eg] = 0 \quad [fg] = 1 \quad [gg] = 3
\end{aligned}$$

*Ecuaciones normales.*

$$\begin{aligned}
-1.90 + 3k_1 + k_2 &= 0 \\
0.26 + k_1 + 3k_2 &= 0 \\
-0.71 &+ 3k_3 + k_4 = 0 \\
5.43 &+ k_3 + 3k_4 + k_5 + k_6 = 0 \\
0.91 &+ k_4 + 3k_5 = 0 \\
-1.24 &+ k_4 + 3k_6 + k_7 = 0 \\
-2.11 &+ k_6 + 3k_7 = 0
\end{aligned}$$

De estas ecuaciones resultan para las  $k$  los valores siguientes:

$$\begin{aligned}
k_1 &= 0.7450 \\
k_2 &= -0.3350 \\
k_3 &= 1.1838 \\
k_4 &= -2.8414 \\
k_5 &= 0.6438 \\
k_6 &= 1.2666 \\
k_7 &= 0.2816
\end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en las correlativas se encuentran los valores siguientes:

( E O ) = 0.40	( Ch R <sup>1</sup> ) = -2.19
( O R ) = 0.75	( R R <sup>1</sup> ) = -1.57
( R E ) = 0.75	( T Ch ) = 0.64
( O G ) = -0.34	( R <sup>1</sup> T ) = 0.64
( G E ) = -0.34	( R CG ) = 1.27
( R G ) = 1.18	( R <sup>1</sup> CG ) = 1.55
( G CH ) = 1.18	( CG Cz ) = 0.28
( Ch R ) = -1.66	( R <sup>1</sup> Cz ) = 0.28

Aplicando estas correcciones resultan las acotaciones siguientes:

Acotación de O respecto á E	1.68	
" " G " " O	190.80	
" " E " " G	-192.48	suma... 0.0
" " O " " E	1.68	
" " R " " O	61.09	
" " E " " R	-62.77	" 0.0
" " G " " R	129.63	
" " Ch " " G	301.13	
" " R " " Ch	-430.77	" -0.01
" " R <sup>1</sup> " " Ch	195.01	
" " R " " R <sup>1</sup>	-625.79	
" " Ch " " R	430.77	" -0.01
" " R <sup>1</sup> " " Ch	195.01	
" " T " " R <sup>1</sup>	-344.39	
" " Ch " " T	149.38	" 0.0
" " R <sup>1</sup> " " R	625.79	
" " R " " CG	-142.93	
" " CG " " R <sup>1</sup>	-482.85	" 0.01
" " CG " " R <sup>1</sup>	-482.85	
" " R <sup>1</sup> " " Cz	343.28	
" " Cz " " CG	139.57	" 0.0

Como se vé hay pequeños errores no mayores á  $\pm 1$  que son debidos á la aproximación, y despreciables.

Todas las acotaciones anteriores las reduciremos á un mismo plano de comparación que será, como ya dijimos antes, el que pasa por el extremo E. de la base. Los resultados son los siguientes:

Extremo E	0 <sup>m</sup> 0
" O	1. 68
Risco	62. 77
Guerrero	192. 48*
Chiquihuite	493. 56
Tesoro	344. 18
Cerro Gordo	205. 70
Cruz	345. 27
Reloj	688. 55

Conociendo las acotaciones de los vértices principales al plano de comparación y las de los vértices secundarios, referidas á los vértices principales desde donde se observaron, por simples sumas podremos reducir estas últimas al plano común de comparación. Mas como cada punto fué visto cuando menos de dos vértices, resultarán para cada uno de ellos dos acotaciones que deberían ser iguales; pero que debido á los pequeños errores inevitables resultan con pequeñas diferencias, por lo que para determinar su acotación tomaremos el promedio de las dos ó más que se tengan de él, y así resulta la lista siguiente:

La Esmeralda	78 <sup>m</sup> 54
Contrafuerte Petlalcal	99. 00
Cerro (A)	163. 95
Tenayo	238. 00

\* Esta acotación no se debe ver como la altura del cerro, pues no se hizo estación en su cumbre sino un poco más abajo.

Chiquihuite 2°	285. 53
Cabeza Blanca	323. 33
Petlaleal 1°	459. 45
„ 2°	405. 82
„ 3°	429. 28
Coahuis 1°	420. 45
„ 2°	434. 35
„ 3°	447. 70
Acetiado	467. 54
Puerto de Vacas	421. 96
Corona	462. 95
Panal	442. 56
Cañada	529. 55
Tierra Amarilla	561. 58
Jagüey	559. 05
Cañada Coamilpa	536. 25
Puerto de Lobos	631. 14
Coamilpa	607. 91
Mina	671. 00
Encinos	739. 26

#### SUPERFICIE.

La superficie que calcularemos, es la comprendida en el polígono que pasa por los puntos: Guerrero, Cerro Gordo, Jajalpa, Tonanitla, S. Pablo, Tultepec, Cuautitlán, Tesoro y Tlalnepantla.

La fórmula que usamos es la que expresa, que la doble superficie es igual á la suma algebraica de los productos que resultan de multiplicar la abscisa de cada vértice por la ordenada del vértice que precede, menos la del que le sigue. De las coordenadas de los puntos citados resultan los productos siguientes:

Con la abscisa de Guerrero	—	4624385. 92
„ „ „ „ Cerro Gordo		0. 00
„ „ „ „ Jajalpa	+	31606936. 76
„ „ „ „ Tonanitla	+	3890725. 57
„ „ „ „ S. Pablo	+	1110014. 80
„ „ „ „ Tultepec	+	11090580. 55
„ „ „ „ Cuautitlán	+	142722735. 90
„ „ „ „ Tesoro	+	154304325. 24
„ „ „ „ Tlalnepantla	+	112306716. 20
Suma.....		452407649. 10
Superficie =		226203824.55

número que expresa metros cuadrados ó sean

$$226^M 20^H 38^A 24,55.$$

Esto es en resumen la parte correspondiente á *planometría general*; pero además se ejecutaron todas las operaciones de detalle que pudieran servir para configurar mejor el terreno.

Los instrumentos que se usaron principalmente fueron el Cleps y Taqueómetro Italiano y el Telémetro Stark.

Los procedimientos empleados principalmente el radiométrico y el de coordenadas rectangulares.

#### DESCRIPCIÓN DE LA SIERRA.

He procurado tomar los principales datos geológicos para poder formar, aunque sea de una manera elemental, la descripción de este pequeño núcleo montañoso que, encontrándose tan sólo á seis kilómetros al Norte de nuestra capital, era relativamente poco conocido.

Mis deseos eran hacer una descripción detallada y presentar