

A, B y C , son coeficientes calculados para diferentes latitudes, que se encuentran en la última página de las Tablas geodésicas.

d diferencia en segundos de las latitudes; k distancia entre los vértices reducida al nivel del mar; z y z' los azimutes del punto de donde se parte y del que se calcula; l' y L' latitudes las primeras y longitudes las segundas, de los mismos puntos; P diferencia en segundos de arco de las longitudes.

Apliquemos:

Monumento occidental de la base $\left\{ \begin{array}{l} \text{Latitud N. } 19^{\circ} 25' 22'', 99 \\ \text{Longitud O. de Greenwich } 6^{\text{h}} 36^{\text{m}} 19,^{\text{s}} 08 \end{array} \right.$

Azimut del monumento oriental observado en el occidental — $58^{\circ} 43' 58'', 2 = z$

A	8.5122087	B.....	0.9536500
k.....	3.9366626	k ²	7.8733252
cos z.....	9.7151920+	sen ² z.....	9.8636848+
	2.1640633+		8.6906600+
Primer término....	145".90+		0."04+
Segundo ".....	0."04+		

d 2' 25".94—
 l 19°25' 22. 99

l' 19°22' 57."05 Monumento oriental.

C.....	8.5096266	P.....	2.4034707
k.....	3.9366626	sen $\frac{1}{2} (l + l')$	9.5214086
sen z.....	9.9318424—		1.9248793
	2.3781316—		1' 24"1
cos l'	9.9746609	(180—z).....	121°16' 1"8
{ P.....	2.4034707—		+ 121°17' 25"9
{ 2 53"20=	16".88		
L.....	6 ^h 36 ^m 19." 08		
Monumento oriental..	6 ^h 36 ^m 2." 20		

{ Azimut del monumento occidental desde el oriental.

POSICIONES GEOGRAFICAS

DE ALGUNOS PUNTOS DEL VALLE DE MEXICO.

	LATITUD.	LONGITUD.
		En tiempo: al Oeste de Greenwich.
México, (Observatorio de Minería).....	19° 26' 12"42	6. ^h 36. ^m 28. ^s 56
Observatorio de San Lázaro.....	" 25 53 67	" " 22 91
Estremo Norte de la base de Aragon.....	" 28 11 97	" " 15 71
Estremo Sur de la base de Aragon.....	" 27 52 64	" " 21 20
Peñon de los Baños, cerro del.....	" 26 31 04	" " 15 05
Gachupines, cerro de los (Sierra de Guadalupe)...	" 29 29 14	" " 22 53
San Lázaro, iglesia de (México).....	" 26 4 50	" " 23 99
Santiago Tlaltelolco, iglesia de (México).....	" 27 7 39	" " 27 87
San Bartolo, iglesia.....	" 29 39 56	" " 28 97
San Francisco Xocotitlan, iglesia.....	" 28 14 21	" " 30 41
Chiquihuite, cerro del (Sierra de Guadalupe)....	" 32 00 30	" " 26 58
Atzacapotzalco, iglesia principal.....	" 28 53 05	" " 39 48
nmedio, hacienda de.....	" 0 30 63	" " 35 31
Morales, hacienda de los.....	" 26 7 65	" " 45 26
Chapultepec (Torreon del Palacio).....	" 25 17 74	" " 38 62
Escuela de Agricultura (Observatorio).....	" 27 2 50	" " 36 14
San Francisco, iglesia de (México).....	" 26 3 88	" " 28 76
Loma de las Palmas (Tacubaya).....	" 23 47 43	" " 48 44
La Piedad, iglesia.....	" 24 9 08	" " 32 43
Mixcoac, iglesia parroquial.....	" 22 22 64	" " 38 94
San Simon de las Salinas, iglesia.....	" 22 35 71	" " 30 02
Coyoacan, iglesia.....	" 20 59 94	" " 34 13
Garita de la Candelaria (México).....	" 24 32 81	" " 27 65
Itxtacalco, iglesia principal.....	" 23 28 37	" " 24 10
Mexicaltzinco, iglesia.....	" 21 30 38	" " 23 87
Cerro de la Estrella ó de Iztapalapa.....	" 20 41 74	" " 16 68
Estremo Este de la base de la Viga.....	" 24 27 59	" " 14 63

	LATITUD.	LONGITUD. En tiempo: al Oeste de Greenwich.
Extremo Oeste de la base de la Viga.....	19° 24' 22" 28	6. h 36. m 21. s 46
Puente llamado Tres Puentes	" 23 4 84	" " 16 96
Puente Blanco (calzada de San Lázaro).....	" 24 51 77	" " 15 10
Monumento Occidental de la base geodésica...	" 25 22 99	" " 19 08
Monumento Oriental de la base geodésica.....	" 22 57 05	" " 2 20
Puente de Guadalupe.....	" 24 33 17	" " 13 35
San Angel (convento del Carmen).....	" 20 47 11	" " 40 47
Loma del Muerto (Güicochea).....	" 22 00 30	" " 46 56
San Agustín, iglesia de (México).....	" 25 52 56	" " 27 85
Chimalhuacán, cerro de.....	" 23 53 40	" 35 44 45
Xico, cerro de.....	" 15 56 17	" " 41 24
Catedral de México (Torre del E.)	" 26 5 35	" 36 27 02
Cerro del Aguila ó de Cuauhtepac.....	" 35 35 29	" " 22 84
Tetzaco, iglesia de San Francisco.....	" 30 52 28	" 35 27 24
Tlalticahuacán, cerro de.....	" 35 29 73	" " 23 67
Cerro de Chiconautla.....	" 39 11 94	" " 47 46
Itzamalapa, parroquia.....	" 21 44 6	" 36 16 70
Tacubaya, (Portal de Cartagena).....	" 24 14 6	" " 40 00
Guadalupe Hidalgo (Colegiata)	" 29 9 5	" " 23 15
San Pedro Xaloztoc.....	" 32 23 76	" " 13 79
Cerro Gordo (Sierra de Guadalupe).....	" 32 52 89	" " 9 03
Tulpetlac.....	" 34 9 59	" " 6 96
Mextla	" 35 1 32	" " 0 92
Angulo saliente en el dique de San Cristóbal....	" 36 9 27	" " 3 45
Dique de San Cristóbal (la línea entre este punto y el anterior sirvió de base para la triangula- ción del Norte).....	" 37 2 59	" 35 58 05
Punto en el río de Iztapa.....	" 35 4 26	" " 46 08
Cerrito de Tepetzinco.....	" 33 11 43	" " 43 96
Cerro de la Cruz (Sierra de Guadalupe).....	" 35 37 60	" 36 10 70
Loma del Tezontle (Sierra de Guadalupe).....	" 37 16 91	" " 10 07
San Pablo de las Salinas.....	" 40 00 92	" " 16 87
Tonanitla.....	" 41 19 28	" " 8 21
San Pedro Atzompa.....	" 40 55 53	" 35 57 80
Tecama.....	" 42 43 61	" " 47 64
Cerro de Paula (Puerto de Reyes).....	" 47 82 04	" " 35 47
Hacienda de Santa Lucía.....	" 45 21 68	" " 55 51
Cerro de Xoloc (Puerto de Reyes).....	" 47 19 54	" " 53 73
Xaltocon.....	" 43 27 46	" 36 7 46

	LATITUD.	LONGITUD. En tiempo: al Oeste de Greenwich.
Loma de Achichipilco.....	19° 42' 13" 76	6. h 36. m 21. s 39
Zumpango.....	" 47 58 75	" " 19 41
Cuautitlán.....	" 40 11 91	" " 38 38
Teoloyuca.....	" 44 47 49	" " 38 95
Calvario de Huehuetoca.....	" 49 52 91	" " 45 54
Cerro del Sincoque.....	" 51 18 96	" " 55 06
Cerro del Rincon del Zapote.....	" 53 52 02	" 37 4 76
Hacienda del Salto.....	" 56 47 34	" " 5 03
Cerro Grande de Xalpa.....	" 50 33 93	" 36 32 62
Cerro de San Sebastian.....	" 53 32 41	" " 42 29
Cerro del Tezontle.....	" 54 39 45	" " 50 17
Hacienda de San Antonio.....	" 19 25 57	" " 28 10
Xochimilco.....	" 15 51 66	" " 19 65
Tlalpan ó San Agustín de las Cuevas.....	" 17 22 15	" " 34 96
Cerro de San Nicolás.....	" 18 57 80	" " 7 88
Cerro del Teutli.....	" 13 34 13	" " 2 19
Tlahuac.....	" 16 13 44	" 35 56 21
Cerro de Xocotitlán.....	" 14 22 73	" " 22 85
Tlalmanalco.....	" 12 24 17	" " 7 55
San Martín Cuautlalpan	" 16 16 94	" " 15 33
Ixtapalucan.....	" 18 59 29	" " 27 07
Cerro del Pino.....	" 20 55 72	" " 35 52
Cerro de Tlapacoyan (Lago de Chalco).....	" 17 59 49	" " 34 89
Cerro de San Pablo ó de Santa Catarina.....	" 19 38 73	" " 55 43
Loma de Santiago Cahualtepec.....	" 21 18 41	" " 55 38
Santa María Ixtahuacán.....	" 21 13 91	" 36 0 94
Peñon Grande ó del Marqués.....	" 22 46 01	" " 2 33
Puente de San Juan.....	" 23 57 59	" " 9 21

Ocupémonos ahora de las nivelaciones. Consistieron, primero, en la determinación de la altura de cada uno de los vértices de la triangulación geodésica, pues conocida una sobre el nivel del mar, podían deducirse las demás por medio del cálculo. Al efecto, observaba Iglesias en todas las estaciones las distancias zenitales en las posiciones directa é inversa del instrumento, de manera que su promedio, reducidas unas á otras, quedara esento de los errores que pudiera tener el alzámut; este método produjo buenos resultados. Calculó Iglesias un coeficiente de refracción con dos de las observaciones de mayor confianza, y dedujo por dos series, una de doce observaciones y la otra de veinte, dos números cuyo término medio es 0.05059. Este coeficiente no lo presenta su autor como exacto, supuesto que sabe lo delicado de este género de observaciones y conoce los elementos todos que en los cálculos deben intervenir; lo presenta como un ensayo en el cual no puede tenerse confianza, y que sin embargo se aleja menos de la verdad, que lo que generalmente se practica. En efecto, el coeficiente de refracción admitido por los sabios en Europa, es 0.08 del ángulo formado en el centro de la tierra por las verticales de los puntos, espresado por el arco terrestre en segundos, con una variación de 0.02 en menos para el estío y en mas para el invierno. Ahora bien, no se debe admitir el coeficiente 0.08, porque los principios físicos dan á conocer desde luego que teniendo el aire en México una densidad mucho menor que en Francia, en razón de su altura sobre el nivel del mar, el coeficiente debe de disminuir una cantidad considerable. Así es que, en nuestro concepto, de adoptar en el Valle el coeficiente de Iglesias, por muy poco exacto que sea, se seguirán errores menos graves que si se hace uso del de refracción admitido para Europa.

Para enriquecer sus datos, el ingeniero quiso aprovechar un termómetro de ebullición de Wrench (hijo), para determinar las presiones barométricas; las alturas determinadas por la triangulación, de mucha confianza, deberían servir para comparar los resultados obtenidos por el termómetro-barómetro y juzgar de su precisión. Por desdicha no correspondieron las esperanzas fundadas en el instrumento, é Iglesias encontró tales discordancias que tuvo que darle de mano sin volver á ocuparse de él.

En el levantamiento de los planos, la parte geodésica es siempre mas exacta que la topográfica; mas como acontece lo contrario en las nivelaciones, la comisión creyó conveniente adoptar como mejor sistema, el de formar al rededor de cada lago grandes polígonos nivelados, á bastante distancia de las orillas, y de los puntos mas interesantes hacer cortes bajando hasta los lagos, para dar así á conocer la configuración del terreno y comprender los efectos y la influencia de las cantidades de agua que en ellos penetran, sobre la variación de sus superficies. Enlazados los polígonos entre sí darían desde luego la altura de los vasos unos sobre los otros, la rapidez de las corrientes que los alimentan, &c.

Procedieron á efectuar este sistema Iglesias y Peña, comenzando por el lago de Tetzco. Fué escogido por plano de comparación, el plano horizontal diez metros

abajo de la tangente, en la parte inferior al círculo de la piedra conocida vulgarmente por el Calendario, colocada sobre el muro occidental de la torre O. de la Catedral de México; este plano presenta la ventaja de que la mayor parte de las acotaciones llevan el signo positivo.

Peña partió de la línea señalada en la garita de San Lázaro dirigiéndose al N. mientras Iglesias seguía al E.; debían encontrarse en Tetzco, situado á la mitad de la distancia que debía ser recorrida, para cerrar el polígono y rectificar las nivelaciones.

El instrumento que servía á Iglesias era un nivel construido por Lerebours & Secretan, de buen anteojo y un nivel bastante sensible, con el sistema de dos resortes para arreglarlo. El método empleado consistió en observar las acotaciones en cada estación, en las cuatro posiciones simétricas del nivel y del anteojo, sobre una mira parlante dividida métricamente. Hubo necesidad de operar así, tanto para mayor exactitud, en razón de que el instrumento sufría fuertes variaciones, por la dilatación de las piezas en fuerza de los rayos solares, cuanto porque de este modo es mas difícil una mala observación sobre la mira. En cuanto á la distancia á que se colocaba ésta, era puesto el instrumento en estación de 120 á 150 metros por lo general, aunque entre la ciudad y el extremo oriental de la base se ponía á 80 metros poco mas ó menos, por el mucho polvo que levantan los pasajeros.

El camino recorrido en la nivelación partió del atrio de la Catedral, referido al plano de comparación, y siguió rumbo á la garita de San Lázaro, en donde quedó marcada una línea destinada á servir de referencia en las nivelaciones subsecuentes. En la calzada se marcaron también líneas de comparación sobre cada objeto notable, como en el monumento occidental de la base geodésica, en el puente Blanco, en el de Guadalupe, en el de San Juan, en el de Dolores, en el extremo oriental de la base y en la casa ó venta del Peñon: en cada puente se anotaba la profundidad de los canales así como la altura de las aguas, á fin de deducir su pendiente general. Del Peñon continuó Iglesias hasta la venta de Santa Marta, en donde puso señal en el puente para comparar la superficie y fondo de la laguna, formada allí por los derrames de los canales de Santa María Ixtahuacan y del Peñon. Dejó una marca en el portal de la venta de Santa Marta, para servir al corte entre los lagos de Tetzco y de Xochimilco, y continuó con dirección á la iglesia de San Agustín Atlapulco atravesando el lago en unos 300 metros; prosiguió por la falda occidental del cerro de Chimalhuacan, San Lorenzo Xochaque, Chimalhuacan, cerro del mismo nombre, el rio de Santa Mónica y finalmente Tetzco.

Reunidos aquí Iglesias y Peña compararon sus nivelaciones, deduciendo, después de un exámen escrupuloso, una altura para el atrio de San Francisco de Tetzco que no difirió mas de en 0^m 048, diferencia que, atendida la distancia recorrida por cada uno de los operadores y la independencia absoluta de los trabajos, es insignificante y tolerable. Los resultados de las nivelaciones tomados aisladamente están conformes, y si, por ejemplo, la altura de México sobre la superficie del lago difiere

algunos centímetros comparando los dos cálculos, siendo menor la encontrada por Peña; puede explicarse con los cambios que sufre el vaso de Tetzoco, notables en los días á que los trabajos se refieren por haber soplado fuertes vientos.

Hicieron despues, de Tetzoco hasta el lago, una nivelacion comparada, para conocer cuál de los instrumentos merecia mayor confianza y las diferencias que podria haber debidas á los niveles. Al efecto partieron de una estaca clavada en la orilla de las aguas, con la parte superior al nivel de estas, y fueron á terminar en el átrio de San Francisco, recorriendo una distancia de poco mas de cinco mil metros: el resultado de las dos operaciones aisladas estuvo de acuerdo, obteniéndose una diferencia de 0^m006: en lo de adelante resolvieron no apartarse del sistema seguido, supuestos resultados tan satisfactorios.

Para calcular la sensibilidad del nivel Joung (Philadelphia) que sirvió á Peña y con el cual fueron hechas parte de las operaciones, se volvió la mira á 80 metros de distancia, medidos con una cinta de acero

POSICION DIRECTA.

Nivelado el instrumento.....	0,510	.....	0,509
Desviada la burbuja seis divisiones hácia adelante.....	0,560	.....	0,560
Lo mismo hácia atras.....	0,450	.....	0,450
Diferencia.....	0,110	.....	0,110

Otra posicion de la borbuja.

Hácia atras.....	0,445	.....	0,446
" adelante.....	0,555	.....	0,558
Diferencia.....	0,110	.....	0,112

Tomando 0,110 para seis divisiones, resulta una diferencia de lectura en la mira de 0,0183 por cada division, á 80 metros de distancia.

Cada division del nivel tiene de estension 0,0061.

Para calcular el rádio de curvatura haremos uso de la fórmula

$$\rho = d \frac{k}{n}$$

en la cual

ρ =radio de curvatura.

n =diferencia de nivel producida por una division.

d =magnitud de una division en metros.

k =distancia del nivel al estadal.

Sustituyendo

$$\rho = 80^m \times \frac{0,0061}{0,0183} = 26,7^m$$

Para calcular la sensibilidad del nivel de Lerebours Secretan, que sirvió á Iglesias, se practicaron las siguientes observaciones, colocando la mira á los mismos 80 metros de distancia.

Nivelado dió.....	0,521 á 180° sobre sus collares..	.....	0,517
Con 10 divis. desviacion.....	0,580 desviacion á la izquierda.....	.....	0,458
Diferencia.....	0,059	.....	0,059

Invertido el anteojo por sus extremos.

A nivel.....	0,541 á 180° sobre sus collares.....	.....	0,541
Con 10 divis. desviacion.....	0,479 .....	.....	0,602
Diferencia.....	0,062	.....	0,061

En otras posiciones.

Desviacion á la izquierda.....	0,590	diferencia....	0,063	Diferencias.	0,059
A nivel.....	0,527	diferencia....	0,059	0,059	
Desviacion con 10 divisiones derecha.....	0,468			0,062	

INVERSA.

Desviacion á la izquierda.....	0,608	diferencia....	0,060	0,063
A nivel.....	0,548	diferencia....	0,061	0,059
Desviacion á la derecha.....	0,487			0,060
				0,061

Desviacion por 10 divisiones.

Término medio..... 0,0605

Resulta, pues, para una division, una diferencia de lectura en la mira á 80 metros de distancia, de 0,^m00605.

Diez divisiones del nivel tienen una estension de dos centímetros, de manera que una corresponde á 0,^m002.

Aplicando la fórmula de arriba para calcular el rádio de curvatura, tendremos

$$\rho = d \frac{k}{n} = 80^m \times \frac{0,^m002}{0,00605} = 26,^m45.$$

ACOTACIONES

DE DIVERSOS PUNTOS DEL VALLE DE MEXICO,

Referidas al plano, diez metros abajo al tangente á la parte inferior del círculo de la piedra conocida vulgarmente con el nombre de Calendario Azteca, situada al costado occidental de la torre O. de la Catedral de México.

[Las acotaciones que no llevan signo son positivas.]

Tangente al Calendario, parte inferior.....	10,000
Piso en el nacimiento de la torre, abajo de la piedra.....	8,590
Piso de la plaza (Esquina del Palacio y de la calle del Arzobispado).....	8,287
Esquina Arzobispado y Correo Mayor (En el azulejo Cavallari).....	10,005
Esquina Amor de Dios y 1. ^o de Vanegas (En el azulejo Cavallari).....	9,916
Garita de San Lázaro (Parte superior del guarda canton N. de la puerta).....	8,372
Azulejo Cavallari sobre el guardacanton.....	9,952
Puerta S. de la garita de Peralvillo, en la parte superior de la piedra del centro.....	8,638
Puerta N. de la misma garita (Piedra del centro).....	8,639
Parte SE. del segundo puente de la calzada de Guadalupe; parte superior.....	9,493
Parte SE. del puente del río del Cónsul (Parte superior).....	10,486
Banqueta del puente del río de Guadalupe.....	9,896
Parte superior del poste que está en la esquina SO. del átrio de la Colegiata de Guadalupe.....	9,231
La Colegiata (Estremo N. de la moldura sobre que descansa la reja del átrio).....	10,115
Monumento N. de la base topográfica de la comision del Valle (1856), en la orilla derecha del río de Guadalupe, junto al pueblo de San Juan de Aragon.....	8,702
Un punto trigonométrico (A. triangulacion hecha al rededor de las lagunas, 1861) cerca del pueblo de Atzacolco.....	6,869