

# APUNTES

## SOBRE EL EMPLEO DE LA BRÚJULA

EN EL LEVANTAMIENTO DE PLANOS

Y

EXPOSICION DEL SISTEMA DE PLANOS COORDENADOS  
AL ALCANCE DE TODA CLASE DE PERSONAS,

POR EL INGENIERO DE MINAS

**DON MARIANO ZUÑAVAR.**

1867.



BURGOS:

Establecimiento tipográfico de D. A. Carriena.

# APUNTES

**SOBRE EL EMPLEO DE LA BRÚJULA**

**EN EL LEVANTAMIENTO DE PLANOS,**

**Y**

**EXPOSICION DEL SISTEMA DE PLANOS COORDENADOS**

**AL ALCANCE DE TODA CLASE DE PERSONAS,**

**POR EL INGENIERO DE MINAS**

**DON MARIANO XUAZKARAR.**

**1867.**

—•••••—

**BURGOS:**

Establecimiento tipográfico de D. A. Carriena.

---

## APUNTES

sobre el empleo de la brújula en el levantamiento de planos,  
y  
exposicion del sistema de planos coordenados,  
al alcance  
de toda clase de personas.

---

A nadie se ocultará por cierto, que cuando levantamos con brújula el plano de una estension de terreno recorriéndole esteriormente, bien por imposibilidad de introducirnos en su recinto, por plantaciones que hagan imposible la triangulacion ó por otra causa cualquiera, nos encontramos en desfavorables circunstancias respecto á la exactitud que es de desear en semejantes trabajos.

En efecto: basados en la primera estacion, todas nuestras observaciones se encuentran encadenadas, digámoslo así, resultando que se acumulan los errores: y aunque pueden reducirse mucho estos con observaciones y construcciones gráficas esmeradísimas, es lo cierto que comunmente no se cierran los poligonos como es debido.

Pueden aparecer á primera vista dos causas para que esto

ES PROPIEDAD DEL AUTOR.

sucedan. La primera se funda en la poca precision del instrumento; la segunda en errores anejos á los métodos que usualmente se ponen en práctica para trasladar al papel los datos tomados sobre el terreno. Pero vamos á demostrar, antes de pasar adelante, que con ciertas restricciones, la brújula da exactitud, y que desaparecen los motivos de error fundados en los métodos que se usan ordinariamente, con el empleo de otro, penoso sí, pero claro, sencillo y exactísimo: tal es el de los planos coordenados.

La brújula aprecia cuartos de grado, ó lo que es igual 15 minutos; y parece que un error de 15 minutos acumulado de observacion en observacion, puede traer consecuencias fatales para la aplicacion de este instrumento. No sucede así por fortuna.

Hay consideraciones matemáticas, y como tales rigorosísimas por su verdad, como puede verse en las obras de Topografía, segun las que, no pasando la proyeccion de los lados del poligono en longitud (cualquiera que sea la escala con que operemos) de la longitud de la aguja de la brújula, obtenemos con esta, exactitud en los planos. Así por ejemplo, con una escala de  $\frac{1}{5000}$  tendremos seguridad completa en el instrumento, ó lo que es lo mismo, es nulo el error cometido por la sola apreciacion de 15 minutos de la brújula, cuando no tomemos lados mayores de 250.<sup>m</sup>

Además, es sabido que la brújula tiene grande é inestimable valor entre los mineros. En las profundidades subterráneas ella es nuestro guia: con su auxilio penetramos la corteza de nuestro globo en busca de sustancias minerales.

Y qué, ¿no se practican con la brújula operaciones delicadísimas?

Si se trata de levantar el plano de las labores interiores, si se trata de un rompimiento, la brújula nos dá aquel, la brújula nos marca la direccion de este. Pues, si en los subterráneos, donde el hombre falta de la luz del sol y de espacio muchas veces saca tanto partido de este instrumento, ¿cuál no sacará en la superficie donde á la luz del dia, con espacio franco en que operar, puede hacer sus observaciones con toda escrupulosidad y calma?

Resulta pues de lo espuesto, que el instrumento da exactitud con las restricciones dichas.

Despues de tener los datos necesarios tomados en el campo y que pueden resumirse en un modelo ó registro como el siguiente:

ESTACIONES.	DIRECCIONES.	LONGITUDES	OBSERVACIONES.
		Horizontales de los lados.	

se echa mano en general de alguno de los tres métodos que á continuacion se citan, para trasladar aquellos al papel; á saber. 1.º Determinando los ángulos con la ayuda del semicírculo. 2.º Determinándolos con el transportador de la brújula; y 3.º Por medio de tablas de cuerdas.

No se oculta realmente, que por mucho cuidado que se tenga, ha de haber errores en cualquiera de los tres méto-

dos, pues, como hemos indicado al principiar nuestro trabajo, hay acumulamiento de ellos: de manera que un error como 0,05 en la primera estacion, se suma con otro como 0,01 en la 2.<sup>a</sup> v. g. y así sucesivamente. Porque aunque pudiera creerse que estos errores deben irse compensando, tampoco se verifica: por regla general cada observador comete siempre error en el mismo sentido. Así que, al final de la operacion, podemos estar persuadidos, nos encontraremos con la suma de todos los errores cometidos anteriormente, y por consiguiente el resultado de nuestros trabajos no será exacto.

El hacer estos errores gráficos independientes, tiene pues por objeto el sistema de planos coordenados: sistema, que en su esencia se reduce á determinar las distancias que hay desde todas las estaciones al plano meridiano magnético y al plano vertical perpendicular al magnético, por cálculos sencillísimos.

Procuraremos pues esplicarlo con la mayor claridad que nos sea posible, describiendo antes sin embargo, con brevedad, la brujula, indicando el modo de emplearla y dando una ligera idea de los tres métodos ya citados.

Todos conocen la propiedad que tiene la aguja imantada, cuando está suspendida libremente, de dirigirse al norte; pero no al norte real y verdadero, sino al norte magnético: direccion que sufre variaciones seculares, anuales y diarias, siendo las dos primeras las que son dignas de llamar nuestra atencion. Sabido es tambien que el ángulo que la aguja forma con el norte verdadero se llama declinacion.

Pues bien: en esta propiedad notable é importantísima de la aguja magnética está fundada la construccion del instrumento que nos ocupa. Y aunque hay diferentes clases de

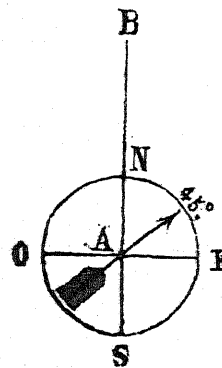
brújulas segun los objetos para que se destinan, nosotros nos concretaremos á la brújula sencilla, de caja cuadrada.

Se reduce esta esencialmente á una aguja imantada suspendida sobre un pivote y encerrada en una caja, á la que se atornilla un juego de nuez con su tripode. En el interior de la caja hay un limbo graduado en 360 partes ó grados, que á la vez se subdividen en medios grados.

Adaptado á uno de los lados de la caja, existe un antejo ó mira, que puede girar en un plano vertical; y la division del limbo está de manera que la linea cero  $180^\circ$  ó sea N. S. sea paralela al eje óptico.

En cuanto á la colocacion del E y O. ó sea en cuanto á la division en grados, segun sea de derecha á izquierda ó de izquierda á derecha, empezando por el norte, no hay conformidad entre los constructores. Así, unos colocan los  $90^\circ$  á la derecha del N. y otros á la izquierda.

Tratemos de esplicar este hecho.



Supongamos una linea en el terreno tal como la AB, y coloquemos la brújula en el punto A como está indicado en la figura.

Dirijamos una visual al punto B, que supondremos algo lejano con objeto de que el ángulo ABE sea tan pequeño que se pueda despreciar: cosa fácil de conseguir atendido el reducido radio del círculo del instrumento.

Para lo sucesivo tendremos en cuenta que la posicion del



norte de la brújula es siempre adelante; marcha necesaria si se quiere que no haya equivocaciones. Por supuesto que podríamos adoptar del mismo modo que el sur fuera hacia adelante: esto es convencional.

Pues si en esta disposición la brújula, dejamos oscilar libremente la aguja, que suele estar sujeta por un sencillo mecanismo con el fin de que no se desgaste la punta del pivote, ella tomará cuando cese en su movimiento oscilatorio la dirección del norte magnético. Y como la caja del instrumento, y por consiguiente el limbo, han estado fijos, la punta de la aguja nos marcará una división en el limbo de la brújula: leamos esta división.

Se vé en la figura, que la punta está fija en los  $45^\circ$ , por manera que podremos decir que la línea AB forma con el N. m. un ángulo de  $45^\circ$ .

Mas ahora bien; la línea AB está á los  $45^\circ$  E. ó á los  $45^\circ$  O. del norte magnético? No hay duda alguna: la línea AB está al O. de la aguja imantada, y sin embargo, si no nos fijamos mas que en la lectura, podríamos creer, que puesto que la aguja cae entre el N. de la caja del instrumento y el E. el rumbo es N. E.

Esta es la razón por la que hay constructores que hacen su división colocando el E ó sea los  $90^\circ$  á la izquierda del N: de este modo, la lectura es verdadera.

Veamos ahora las comprobaciones que exige el instrumento antes de ser empleado. En primer lugar, las divisiones ó grados deben ser iguales exactamente: el limbo debe estar horizontal, y el plano que describa el anteojo ó mira tiene que ser vertical.

Es indispensable además que el punto de suspensión de la

aguja corresponda al centro del limbo, cosa que verificaremos facilmente. En efecto, colocado el instrumento en un punto cualquiera, dirijamos una visual al objeto mas conveniente, ó en su defecto á una banderola colocada como á  $100^m$ .

Libre la aguja y ya en reposo, efectuemos la lectura en el limbo. Si después hacemos girar á este y por consiguiente á la caja y anteojo  $180^\circ$  visando el mismo objeto, es cosa indudable que como esté bien construido el instrumento, obtendremos una lectura que se diferenciará de la anterior en  $180^\circ$ . Si así no sucede, prueba es de que la brújula no está bien centrada.

Como se vé, esta comprobación es fácil de efectuar, pero conviene hacerla con frecuencia y cada vez en varias direcciones.

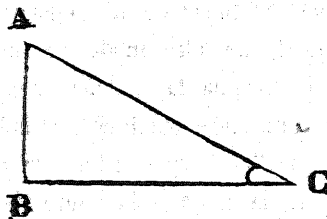
No dejaremos tampoco aquí de hacer notar la escrupulosidad con que se debe proceder en las observaciones. Hay que tener ciertamente algunas precauciones, tales como las de no llevar ningún objeto de hierro, levantar los rails, si existieran, al rededor de la estación, dejar que la aguja cese en sus oscilaciones y efectuar la lectura teniendo el ojo perpendicularmente y en el plano de la aguja. Será conveniente tambien emplear para las mediciones cuerdas de cañamo, bien embreadas y comprobadas, en lugar de la cadena, porque así tendremos mayor seguridad; de otro modo, el menor descuido en dejar próxima á la brújula la cadena traerá consigo errores de consideración. Para hacer manifiesta la influencia del hierro, observaremos con M. Barat, que si hubiera un camino de hierro, la desviación de la aguja á la altura de un metro de los rails podría ser de mas de un grado.

Esto supuesto, nos ocuparemos en cuatro líneas de la marcha de la operación en el terreno.

Sea este del contorno que fuere, empezaremos por colocar nuestro instrumento en uno de los ángulos. De este y en la dirección que queramos seguir, alinearemos hácia el otro ángulo inmediato. Puestas las banderolas y la brújula horizontal, dirigiremos una visual (siempre con el Norte adelante como hemos ya manifestado) al ángulo inmediato. En esta disposición, se suelta la aguja y leemos con las precauciones dichas el ángulo que marque la punta imantada. Se inscribe esta dirección en el modelo y en el renglon correspondiente á la primera estacion, asi como en la casilla «observaciones» todo lo que sirva á determinar con claridad y exactitud el principio de nuestra operacion.

Réstanos ahora medir la distancia que hay entre los dos ángulos: es decir, el primer lado del polígono. Para esto, si lo hiciéramos siguiendo la rampa ó pendiente del terreno, claro es que luego tendríamos que hallar esta y obtener por ella la proyección horizontal, puesto que horizontales son las rectas que construiremos en el papel.

De modo que siendo A C la línea del terreno, preciso nos es conocer el ángulo C y en ese caso tenemos:



$$BC = AC \cdot \cos. C.$$

Pero sin entrar ahora á esplicar cómo podría obtenerse el ángulo, además de que sería penosa y larga la operacion por este medio, no solo en el terreno sino en el gabinete, se comprende perfectamente que tomando, por ejemplo, 10<sup>m</sup> de cuerda tan solo, es facilísimo colocarla horizontal, bajar desde las estremidades plomadas y continuar de este modo la medición. Así tenemos medidas horizontalmente las distancias y de un modo espedito y breve.

Escribiremos la distancia de un ángulo á otro, y marcharemos á hacer las mismas operaciones á la segunda estacion; de esta á la tercera, y así sucesivamente.

Que este método es rápido, no hay para que decir; y que no solo es ventajoso sino indispensable de seguir en muchos casos, cosa es también que salta á la vista.

¿Qué nos quedará, pues, luego? Tomar los detalles que sean posibles: v. g. un arroyo que cruce el polígono, una vereda ó un sendero etc. Nos parece inútil insistir en esto, porque el levantamiento se verifica del mismo modo; basta relacionar el punto de partida con un lado ya determinado del polígono, y la marcha es completamente igual:

Por manera que nos encontramos ya con nuestro registro hecho y en vias de trasladar al papel los contornos del terreno recorrido con los instrumentos.

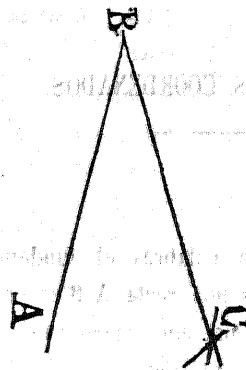
Empecemos por el transportador de talco, que es tanto mas apreciado cuanto mayor es su diámetro. Después de fijo en el papel el punto que debe ser primera estacion, se traza allí una recta que sea la línea N. S. magnética, y el problema se reduce á construir en ese punto y con esta recta un ángulo igual al observado con la brújula; cosa tan sencilla de comprender como difícil de ejecutar perfectamente.

Se hace lo mismo en la segunda estacion y las sucesivas; pero es preferible sin género de duda, ya que de transportador se trata, usar el de la brújula; pues con él no hay necesidad de esta serie de líneas paralelas que representan la línea N. S. m., para la determinacion de los ángulos del polígono.

Este transportador se reduce á una placa metálica rectangular, que tiene en su parte media un espacio circular para la instalacion de la brújula, cuya instalacion debe hacerse procurando que coincida la línea N. S. en paralelismo con los lados mayores del rectángulo; cosa que es facil, porque ambos objetos tienen líneas de fé. Una vez así, se coloca sobre el papel, dejando libre la aguja, y se le hace girar hasta que la punta polo norte venga precisamente sobre el cero del instrumento. En esta posicion, trazamos, apoyando el lápiz en uno de los lados mayores del transportador, una recta que está en el plano del meridiano magnético.

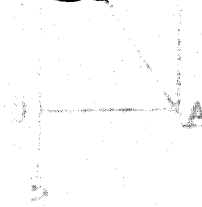
En un punto de esta recta, calculado para que el plano quepa en el papel, se coloca la primera estacion, y se hace despues girar el transportador (conservando inmóvil el papel) de manera que un punto de uno de estos lados mayores coincida con el punto escogido como de partida, hasta que la punta negra de la aguja nos marque el primer ángulo observado en el campo. En esta disposicion se traza la línea, que es ya un lado del polígono, y en esta línea se toma, segun escala, la longitud medida en el terreno, á cuyo limite se lleva el transportador, y se traza el segundo ángulo de un modo análogo.

Por último, se pueden trazar tambien los ángulos por medio de tablas de cuerdas.



Asi por ejemplo, bastaria trazar desde un punto A, con una abertura de compás correspondiente á la longitud de la cuerda cuyo ángulo queremos construir, un arco de círculo; arco de círculo que será cortado por otro trazado desde B con la longitud del radio de las tablas.

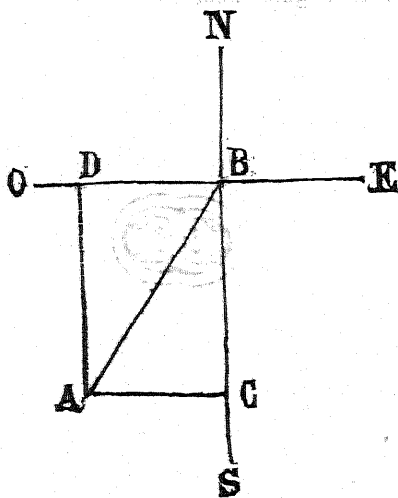
De suerte que teniendo el punto C, lo uniríamos con B, y A B C sería el ángulo pedido.





## SISTEMA DE PLANOS COORDENADOS.

Hemos indicado ya en cuatro palabras el fundamento de este método. Así que supondremos una recta A B en el terreno; pero una recta horizontal, cosa que aun cuando no se verifique sino rarisimas veces en la práctica, es del todo independiente para nuestro objeto si la medimos como hemos manifestado; pues esta medicion llevada á cabo como hemos dicho



nos dá, no la longitud de la recta en pendiente ó rampa, sino su proyeccion horizontal.

Esto supuesto, figurémonos dos planos verticales perpendiculares entre sí y tales que en primer lugar la proyeccion horizontal de la recta interseccion de ambos planos esté en B. y que en segundo, uno de ellos sea el plano meridiano magnético. Las trazas de estos planos son las que están representadas en la figura; á saber N. S., traza del plano meridiano; E. O., traza del plano perpendicular.

Ahora bien, llamaremos *longitud* á la distancia que hay desde la estremidad A de la primera recta del polígono al plano meridiano. Claro es que hablamos de la mas corta distancia, esto es, de la perpendicular: y llamaremos *latitud* á la distancia de A al plano E. O., distancia que marcada con trazos en la figura, es igual á la B C, pues son paralelas comprendidas entre paralelas: por lo que entenderemos que la latitud es la recta C B, que es igual á la A D.

De suerte que tenemos un triángulo rectángulo en C, compuesto de la recta del terreno como hipotenusa, y de las AC y CB como catetos. Nada pues ahora mas facil que determinar estas en funcion de cantidades conocidas en cada caso; porque bastará recordar que

$$AC = AB \cdot \text{sen.} \text{ ang.}^\circ B.$$

$$CB = AB \cdot \text{cos.} \text{ ang.}^\circ B.$$

Pero ¿qué son AC, CB y AB? ¿Qué ángulo es el B?

AC es la longitud, CB es la latitud, AB es la línea de operacion, y el ángulo B es el ángulo que la recta del terreno forma con el meridiano magnético, ó sea el ángulo anotado en la casilla «*Direcciones;*» por manera que podremos traducir las anteriores fórmulas, diciendo:

«Que la longitud es el producto que se obtiene multiplicando la línea del terreno por el seno del ángulo direccion,

«y que la latitud es el que se obtiene multiplicando la misma línea del terreno por el coseno del mismo ángulo direccion.»

Estas cantidades se calcularán por una de las tablas comunes de logaritmos, y una vez halladas, la cuestión está resuelta. Se reduce á trazar dos rectas perpendiculares y tomar con arreglo á escala desde el origen las magnitudes respectivas á la longitud y latitud, teniendo presente que las longitudes son positivas hácia la derecha del plano meridiano y negativas hácia la izquierda, así como las latitudes son positivas hácia la parte superior y negativas hacia la inferior, bien entendido que con relacion á la línea E. O.

Pero antes de seguir adelante, nos parece conveniente dar á conocer unas tablas que presentan los cálculos logarítmicos resueltos, cosa que no es de despreciar, no tan solo por la brevedad que se obtiene con su uso, si que tambien por la exactitud; que en cuestiones de logaritmos nada mas facil que correr una coma ó padecer equivocacion en los cálculos, teniendo por esta razon que efectuar comprobaciones penosas y repetidas.

Las tablas citadas de senos naturales de MM. Giroud y Lesbros se componen de diez tablas parciales. La primera contiene las proyecciones horizontales y verticales de rectas no horizontales por supuesto, desde 1 á 10<sup>m</sup> de longitud; la 2.<sup>a</sup> de 10<sup>m</sup> á 20<sup>m</sup>, la tercera de 20<sup>m</sup> á 30<sup>m</sup>, y así hasta 100<sup>m</sup>.

Es decir, que estas tablas presentan resueltos los cálculos necesarios para hallar los catetos de triángulos rectángulos en que se nos den la hipotenusa y un ángulo. Y como precisamente esta es nuestra cuestion en el caso actual, quiere decir que con las citadas tablas obtenemos inmediatamente las latitudes y las longitudes.

No nos entretendremos en explicar su disposicion, pues lo

hacen sus autores al principio de la obra con gran claridad; pero si nos fijemos en llamar la atencion acerca del tiempo que se ahorra con su empleo.

Efectivamente, basta buscar en ellas el número de metros de la línea de operacion en el campo y el ángulo de direccion observado, para que inmediatamente nos den la longitud y la latitud, en cuya determinacion hay que tener cuidado de ver si el ángulo pasa de 45.<sup>o</sup> Hasta los 45.<sup>o</sup> el número mayor es la latitud; desde los 45.<sup>o</sup> sucede la inversa, como es evidente: el número mayor es la longitud.

Y como nuestro objeto es vulgarizar este sistema presentándolo al alcance hasta de los prácticos, creemos conveniente, con la idea de que se entienda perfectamente, insertar aquí un ejemplo.

Para ello, empezaremos por transcribir el modelo de campo y á continuacion el que nos sirve en las operaciones de gabinete: pondremos dos ó tres estaciones con los datos suministrados por el instrumento y la cuerda: tomaremos distancias cortas por comodidad.

Levantamiento del plano de.....  
verificado el dia..... de.....

ESTACIONES.	DIRECCIONES.	LONGITUDES	
		horizontales de los lados.	OBSERVACIONES.
1. <sup>a</sup>	42 <sup>o</sup> .	10 <sup>m</sup> 39	La 1. <sup>a</sup> estacion
2. <sup>a</sup>	113 <sup>o</sup> .	8 <sup>m</sup> 93	es.... ó está....
3. <sup>a</sup>	90 <sup>o</sup> ½	10 <sup>m</sup> 15	

ESTACIONES.	
DIRECCIONES.	
LONGITUDES horizontales de los lados.	
RUMBOS.	N. N. E.
	S. O. N. E.
	S. O. N. O.
	E. + O. -
COORDENADAS de las estaciones con relacion a la anterior.	LONGITUDES. E + O -
	LATITUDES. N + S -
	COORDENADAS de las estaciones con relacion al punto de partida.
	LONGITUDES. E + O -
LATITUDES. N + S -	
OBSERVACIONES.	

*verificadas al día... de...  
Separamiento del terreno de...*

Hay que hacer constar la graduacion de la brújula: supongamos que la division es de derecha á izquierda. Pues bien, la invertiremos para obtener los rumbos; porque en efecto, como se observará en el modelo que antecede, tenemos 4 casillas de rumbos. La razon es que en las tablas no hay sino los logaritmos de ángulos inferiores á 90°, de modo que para el cálculo de estos no hay dificultad, y su rumbo es N. E. Pero no es así para los ángulos mayores de 90°. Recordemos sin embargo que

$$\text{Sen. } a = \text{sen } (180^\circ - a).$$

$$\text{Cos. } a = -\text{cos } (180^\circ - a).$$

Por manera, que nos bastará restarlos de 180° y colocarlos en la casilla correspondiente.

Una marcha análoga deberá seguirse con los ángulos mayores de 180° y de 270°.

Empecemos pues transcribiendo al modelo de gabinete los datos del terreno.

Las tres primeras casillas habrán de copiarse exactamente: veamos ahora cómo nos valdremos para las de «Rumbos».

El primer ángulo 42° se colocará en N. E., porque en efecto es su rumbo, como se comprende facilmente. El segundo ángulo es de 113° rumbo, S. E. como se puede ver trazando la brújula que hemos empleado, con la división invertida. Y, como hemos manifestado ya poco hace, tenemos que reducir este ángulo á otro que sea menor de 90°, lo que se conseguirá restando 113 de 180, cuya resta 67 será el número de grados que habrá que inscribir en la casilla S. E.

Mas adelante se encuentra el modelo anterior con los números que vamos obteniendo.

Respecto á la tercera direccion de 90° - su rumbo es como

el de la anterior, S. E., y efectuada la resta, aparece  $89^{\circ} \frac{1}{2}$ : luego, la inscribiremos tambien en la casilla S. E.

Ya se puede ver con estos ejemplos lo sencillísimo de la operacion.

Sigamos con nuestros cálculos, para lo que nos encontramos ya con las longitudes y latitudes, subdividida cada casilla en dos. Nada será mas facil que hallar si aquellas son positivas ó negativas: en efecto, en la primera estacion el rumbo es N. E; luego la latitud es N. ó +, y la longitud, es E. ó +, ambas positivas.

En la segunda y tercera, es S. E; quiere decir que la latitud es S ó —, y la longitud es E. ó +.

En cuanto al cálculo de la longitud y latitud de la primera estacion, los datos son:  $10^m 39$ , lado del poligono:  $42$ . su direccion.

Tomemos las tablas y encontraremos que para  $10^m$  y  $42^{\circ}$  la longitud es  $6^m 69$ : y la latitud,  $7^m 43$ . Para  $0^m 39$  y  $42^{\circ}$  obtendremos  $0^m 2609$  para longitud, y  $0^m 2898$  como latitud.

Ahora bien:

Longitud de $10^m$ y $42^{\circ}$ .....	$6^m 69$ .
Id. de $0^m 39$ y $42^{\circ}$ .....	$0^m 2609$ .
<hr/>	
Longitud correspondiente á } .....	$6^m 9509$ .
$10^m 39$ con $42^{\circ}$ .....	
Latitud correspondiente á $10^m$ y $42^{\circ}$ ... ..	$7^m 43$ .
Id. id. á $0^m 39$ y $42^{\circ}$ ..	$0^m 2898$ .
<hr/>	
Latitud correspondiente á } .....	$7^m 7198$ .
$10^m 39$ y $42^{\circ}$ .....	

números, que como se puede observar, hemos transcrito á las

casillas correspondientes, teniendo presente, sin embargo, que no apreciamos mas que centímetros: por lo que aparecen estos forzados en una unidad, cuando los milímetros son 5 ó mayores que 5.

La misma marcha deberá seguirse en las sucesivas estaciones; y aunque sea repetido, manifestaremos que las precauciones importantes en este cálculo son dos: no tomar los ángulos de la casilla «*Direcciones*» sino de la «*Rumbos*» y tener cuidado, cuando aquellos pasen de  $45^{\circ}$ , de tomar el número mayor por longitud y el menor por latitud.

Nos queda ahora únicamente relacionar todas las estaciones al punto de partida, para lo que sumaremos algebricamente las longitudes y latitudes anteriores.

Sirva como ejemplo el cálculo de la tercera.

Sumaremos las longitudes de la primera, segunda y tercera, pues son todas tres positivas, y la suma  $25^m 32$  será el número que tendremos que inscribir como longitud positiva correspondiente á dicha tercera estacion.

No asi en cuanto á la latitud. La primera es positiva: la segunda negativa. Tendremos que restar de  $7^m 72$ , la negativa  $3^m 49$ , y como la positiva es mayor, poner á la latitud resultante (que es la de la segunda estacion) el signo +. La inmediata es negativa, y la restaremos, resultando la latitud positiva  $4^m 14$ .

Es claro que esta operacion se hace con rapidez, porque se empieza desde la primera y se ván teniendo las sumas y restas sucesivamente. Por consiguiente, el resumen de nuestro trabajo se encuentra en estas cuatro últimas casillas, obtenidas las que, tomamos un punto por origen ó principio del plano y trazadas dos rectas perpendiculares entre si, de



las que una como es sabido le orienta, se tomarán con arreglo á escala la longitud y latitud de la primera estacion á la derecha ó izquierda de N. S. hácia la parte superior ó la inferior de E. O. y se tiran por los dos puntos paralelas á N. S. y E. O. resultando un punto, que unido con el origen por una recta, es la del terreno determinada en magnitud y posicion.

Para la segunda línea del polígono habrán de empezarse tambien á tomar las distancias desde el mismo punto, como se comprende, y de ese modo tendremos hecho el plano.

Es evidente que se simplificará notablemente el trabajo gráfico empleando papel cuadriculado, pues en él se encuentran trazadas las líneas N. S. y las E. O., asi como la escala.

Finalmente, no podemos menos de hacer notar una circunstancia importante. A medida que vamos dibujando en el papel el contorno del polígono, se nos presenta un medio fácil de comprobacion. Cada línea que vamos obteniendo debe ser sometida á un exámen escrupuloso de la escala y del transportador de talco: porque en efecto, ¿qué condiciones debe llenar cada lado del polígono? Dos: la una, tener una longitud exactamente igual á la línea de operacion horizontal; y la otra formar con la línea N. S. el ángulo que aquella formaba tambien en el terreno.

Y como por mas cuidado que hayamos puesto en la determinacion de las longitudes y latitudes finales, puede haberse nos cambiado algun signo ó cosa semejante, conveniente será, por no decir indispensable, que obtengamos una seguridad positiva y real de que nuestros cálculos y operaciones se han llevado á cabo con la mayor exactitud: seguridad que por otra parte obtendremos breve y simplemente.

Bastará tomár en el plano con la escala la longitud del lado en cuestion y ver si comprueba con la distancia anotada en «*Longitudes horizontales de los lados*»; despues, colocar el transportador de modo que la línea que une el cero con el centro coincida con la N. S., y ver si efectuamos una lectura en grados, igual á la anotada en la casilla «*Direcciones*.»

Si cada lado del polígono responde perfectamente á estas dos condiciones, estémonos tranquilos, que el plano se irá levantando con entera exactitud.





*Levantamiento del plano de.....  
verificado el día..... de.....*

ESTACIONES.	DIRECCIONES.	LONGITUDES horizontales de los lados.	RUMBOS.				CONDENADAS de las estaciones con relacion á la anterior				CONDENADAS de las estaciones con relacion al punto de partida.				OBSERVACIONES.
			N. E.	S. E.	S. O.	N. O.	LONGITUDES. E + O -	LATITUDES. N + S -	LONGITUDES. E + O -	LATITUDES. N + S -					
1. <sup>a</sup>	42°	10, 39 <sup>m</sup>	42°	"	"	"	6,95 <sup>m</sup>	7,72 <sup>m</sup>	6,95 <sup>m</sup>	7,72 <sup>m</sup>	"	"	"	"	La 1. <sup>a</sup> estacion es..... ó está....
2. <sup>a</sup>	113°	8, 93 <sup>m</sup>	"	67°	"	"	8,22 <sup>m</sup>	"	3,49 <sup>m</sup>	15,17 <sup>m</sup>	4,23 <sup>m</sup>	"	"	"	
3. <sup>a</sup>	90° 1/2	10, 15 <sup>m</sup>	"	89° 1/2	"	"	10,15 <sup>m</sup>	"	0,09 <sup>m</sup>	25,32 <sup>m</sup>	4,14 <sup>m</sup>	"	"	"	

Se adquieren estos APUNTES franco dirigiéndose á Don Francisco Huarte, Irún; á quien se incluirá en la cartapedido, una libranza sobre el Giro mútuo de 5 reales y 2 sellos de medio real, por ejemplar.