

arenas, el cascajo... si existen en el fondo. Cuando se quiere conocer mejor su naturaleza, se emplea la *barrena ó tintera-aguja*, cuyo ástil está compuesto de piezas de hierro, que se atornillan las unas á las otras, con objeto de darle la longitud necesaria para alcanzar al fondo, en el cual se introduce la barrena haciéndola girar por su extremo superior por medio de una palanca: elevándola después, las materias que se han introducido en la rosca de la barrena dan á conocer la naturaleza de las distintas capas que ha atravesado.

Las proyecciones de los puntos de sonda se pueden determinar desde el bote como hemos dicho (525), ó desde la costa midiendo desde los vértices de una base poligonal los ángulos formados con sus elementos por las visuales tiradas al bote en el momento de izar en él una bandera al arrojar la sonda.

527. Trazado de las curvas horizontales. — Generalidades.—Las *curvas horizontales*, llamadas impropriamente por algunos *curvas de nivel*, determinan la forma del terreno por las secciones que resultarían (Acots., 106) de cortarlas por un cierto número de planos horizontales, equidistantes en sentido vertical; método debido á Felipe Buache, geógrafo francés. Pasemos á ocuparnos de la aplicación que se hace de los niveles al trazado directo de estas curvas en el terreno, y á la determinación de sus proyecciones sobre un solo plano.

528. Trazado directo de las curvas horizontales.—Partiendo de un punto dado A (fig. 242, lám. 12) en el terreno que se trata de representar, se traza (494) la curva horizontal proyectada en *abc....*; y determinando á continuación otro punto (491) cuyo desnivel con uno cualquiera de los de la curva trazada sea igual á la equidistancia adoptada para los planos secantes, se podrá trazar la curva horizontal que le corresponde, continuando del mismo modo hasta haber trazado todas las curvas que encierra la porción de terreno considerada. Cuando dentro de este límite las curvas cierran, sirve de comprobación el volver con el trazado al punto de partida de cada una de ellas; pero si hay una diferencia de algunos centímetros ó más, conviene rectificar la posición de los últimamente hallados hasta llegar á uno en que coincidan ambos trazados. Tratándose de una ladera continuada en la que las curvas no cierran, pueden determinarse varios perfiles, partiendo de distintos puntos de una curva horizontal determinada cuidadosamente en toda la extensión de la ladera. Estos perfiles se trazan á distancias algo grandes, haciendo uso del pro-

blema (491) y tomando por tipo del desnivel la equidistancia de los planos secantes. De esta manera las curvas trazadas después, encuentran muchos puntos de comprobación.

529. Los puntos hallados para las distintas curvas, se señalan con estacas marcadas por una letra común á todas las de una misma curva, y además por el número de orden que en ella les corresponde; con lo que quedan perfectamente determinadas.

530. Dificultades que puede presentar el trazado de una curva horizontal.—Cuando al trazar una curva horizontal se encuentra un obstáculo, como una casa, un escarpado de rocas, un corte vertical, ú otro cualquiera que impida la aplicación del método general que hemos dado á conocer en los párrafos precedentes, se continúa trazando la curva hasta llegar á un punto lo más inmediato que sea posible al obstáculo que se trata de salvar, y desde él se sigue nivelando por un camino cualquiera hasta salvarle: hallando entonces por el procedimiento que hemos dado á conocer (491) un nuevo punto, cuyo desnivel con el determinado por la operación auxiliar sea igual al de este último con el de la curva, pero en sentido contrario, se tendrá el punto desde el cual puede continuar el trazado.

Cuando el obstáculo ha de interrumpir el trazado de varias de las curvas, pueden irse determinando al mismo tiempo dos puntos de cada una de ellas; uno en la nivelación auxiliar de subida, y otro en la de bajada.

531. Observaciones generales acerca del trazado directo de las curvas.—En la resolución de este problema pueden emplearse los niveles explicados en este capítulo, incluso los instrumentos de Planimetría usados como niveles, así como las miras de las tres clases explicadas también. Las miras parlantes se usan anotando la altura de mira correspondiente á la primera de cada estación, y buscando en las posiciones sucesivas de la mira durante la estación del nivel en un mismo punto, las que dan la misma lectura. En la mira de tabla se fija esta á la altura del primer punto en cada estación, y se conserva invariable hasta tanto que haya necesidad de variar el punto de estación del nivel.

532. Levantamiento del plano de las curvas trazadas.—El levantamiento del plano tiene por objeto determinar las posiciones relativas de las proyecciones correspondientes á los puntos estacados, y se ejecuta con los instrumentos descritos en

la Planimetría, y siguiendo los métodos que en ella hemos dado también á conocer. Cuando se levanta el plano de cada curva por el método de rodeo (382), es necesario además levantar el de varias transversales, cada una de las cuales debe pasar por una estaca de cada curva, á fin de relacionarlas entre sí. La dirección de cada una de las transversales en los casos de que cierren las curvas en la extensión de terreno que comprenden las operaciones, debe ser la que tiende á un punto de concurso para todas ellas. A veces conviene fijar una ó varias bases, relacionadas entre sí, á las que se refieren por abscisas y ordenadas (334) ó por intersecciones (372) los diferentes puntos estacados.

533. **Trazado y levantamiento simultáneo de las curvas de nivel.**—Empleando la *brújula nivelante* ó de limbo zenital (178), puede levantarse el plano al mismo tiempo que se trazan las curvas. Dispuesto el instrumento de modo que la visual sea horizontal (186), á fin de emplearle como nivel, se le coloca en estación en un punto *m* (fig. 242, lám. 12), y se sigue el procedimiento explicado (528) para determinar los puntos de nivel *a* y *b*, cuidando de observar los rumbos de las alineaciones *ma*, *mb*, en el momento en que se fijan estos puntos, observando el primero con el extremo blanco de la aguja como observación inversa (167), y el segundo con el azul como directa; trasladándose después á *n* para hallar un tercer punto *c* de la curva y observar del mismo modo que antes los rumbos de *nb* y *nc*. Midiendo además las longitudes de las líneas arrumbadas, se podrá levantar su plano por el método de rodeo; procedimiento expedito que puede aplicarse con la brújula al levantamiento de un plano en general, cuando no hay inconveniente en prescindir de la comprobación que da la doble observación de los rumbos en los extremos de cada una de las rectas arrumbadas.

534. **Trazado directo de las curvas en un terreno determinado por puntos acotados.**—Sean A, B, C..... (fig. 253, lám. 13) los vértices de un polígono del terreno, y M un punto interior de comprobación, y supongamos conocidas (480) las cotas de todos estos puntos por las operaciones de nivelación que se han practicado con este objeto. Partiendo del punto más bajo B, por ejemplo, cuya cota es 16, se determina en cada una de las alineaciones BA, BM, BC, si es posible, el punto que se halla 4 metros más elevado que B (491), obteniendo así tres puntos que corresponderán al plano horizontal de cota 20. Entre C y D se determi-

nará del mismo modo el punto de cota 30, suponiendo que la equidistancia de los planos secantes ha de ser de 10^m, continuando del mismo modo hasta llegar al vértice F que es el más elevado. Desde este punto se determina el que en la alineación FG está 8^m más bajo que F y se obtendrá un punto de cota 80; bajando 10^m se tendrá en la misma alineación el de cota 70, y así se continuará hasta llegar al punto A. Fijos así muchos de los que pertenecen á las curvas horizontales, se trazan éstas directamente por cualquiera de los distintos métodos que hemos dado á conocer, y se procede después al levantamiento del plano de las curvas como también hemos dicho.

535. **Construcción de las curvas en los planos acotados.**—Levantado y construido un plano, pueden trazarse en él las curvas de nivel que completan la representación del terreno comprendido, siempre que se hayan determinado por las operaciones de la nivelación las cotas que corresponden á los distintos vértices del polígono, así como las de los demás puntos notables que figuran en el plano. Sea ABCD..... (fig. 253, lám. 13) el de un polígono en el que se ha determinado el punto interior M, que ha servido para la comprobación de las operaciones de la Planimetría, y supongamos conocidas las cotas de todos estos puntos. El problema está reducido (Acots., 129) á determinar las *escalas de pendiente* (Acots., 30) de las rectas que constituyen el plano, y unir por medio de curvas continuas las proyecciones de los puntos de cota 20..... 30..... 40..... múltiples de la equidistancia 10^m adoptada. Para hacer aplicación á la recta BC por ejemplo, se tomarán sobre la BR, arbitraria de dirección y de longitud indefinida, las partes iguales á una magnitud también arbitraria y en número igual á la diferencia de las cotas de B y de C; uniendo el último punto de división con el vértice C por medio de una recta, y tirando á ésta una paralela desde el punto 20 de BR, se determinará en el lado BC el punto de cota 20 correspondiente á una de las curvas. Una construcción análoga se empleará en la determinación de los demás que han de resultar con cotas múltiples de la equidistancia de los planos secantes.

536. **Representación de las curvas en el plano de una población.**—Las curvas horizontales en los planos de las poblaciones sólo tienen por objeto dar á conocer la forma y los accidentes del suelo sobre que está edificada, prescindiendo de las alteraciones, que en virtud de las construcciones ejecutadas ha te-

nido que experimentar necesariamente. Se trazan del mismo modo que en los demás casos (534 y 535), sirviéndose de los vértices acotados en el plano.

Sería muy conveniente dejar señalados en las aceras de la población, ó referidos á puntos fijos los vértices del plano, así como los puntos obtenidos para las curvas; sobre todo cuando las construcciones deban someterse á una alineación y á una rasante determinadas; y también para facilitar los estudios de distribución de aguas en la población, ú otros en que tenga influencia la forma del terreno y las variaciones que ha introducido en ella la construcción de los edificios.

537. **Determinación de las curvas por medio de los perfiles construidos según las rectas de un plano.—Perfiles auxiliares.**—Las curvas horizontales pueden trazarse en un plano, deduciéndolas de los perfiles construidos (520) siguiendo las distintas rectas que constituyen su levantamiento. Las proyecciones así obtenidas se trasladan á la línea correspondiente del canevas, reduciéndolas previamente á la escala del plano si es distinta de la que corresponde á las horizontales del perfil, y uniendo después por curvas continuas los puntos de igual cota.

Los perfiles no siempre siguen las líneas del plano: algunas veces se trazan y se obtienen perfiles auxiliares por perpendiculares á una de dichas líneas; otras se determinan siguiendo una base de operaciones (Acots., 129), que no es otra cosa que una transversal del plano, cuya proyección se relaciona con él, y levantando perfiles transversales (516) en los vértices de esta base, cuyos planos se refieren también al del polígono.

538. **Deducción de perfiles según direcciones dadas en el plano.**—Determinada la representación de un terreno por medio de las curvas horizontales, puede deducirse de ella el perfil de la superficie representada, dada la traza ó directriz del perfil. Cuando esta directriz es una recta trazada en el plano (Acots., 125), está reducido el problema á determinar (Acots., 123) la intersección de la superficie con el plano vertical cuya traza es la recta dada, levantando perpendiculares á esta traza desde las proyecciones acotadas, hasta que encuentren á las trazas de los planos horizontales de igual cota. La línea que une los puntos de intersección así obtenidos, es el perfil que se pretende hallar.

También puede construirse el perfil (Acots., 126) cuando la directriz es una línea curva ó mixta.

Este problema, recíproco del que hemos dado á conocer (537), sirve para dar una idea completa del relieve del terreno en todas direcciones, y tiene una aplicación muy importante en las variaciones que sin recurrir á nuevas operaciones en el campo puede hacerse experimentar á un proyecto de canal, de un camino, ó de otra obra análoga cualquiera; deduciendo del plano mismo todos los datos que sin su auxilio hubiera sido necesario tomar de nuevo en el terreno.

539. **Relieve del terreno.—Curvas horizontales que detallan las formas del terreno y completan su representación geométrica.**—Una vez fijas de posición las proyecciones acotadas de todos los puntos considerados en las operaciones anteriores, falta dar á conocer *el relieve* del terreno, reproduciendo el plano de las curvas horizontales (532); y fijando su posición con respecto á las que se hayan trazado directamente en el terreno, fijando por medio de su orientación la posición que les corresponde en el plano acotado, y construyendo las demás por medio de las escalas de pendiente de las rectas que constituyen el canevas de la Planimetría (535), las que también pueden deducirse de perfiles construidos según las mismas líneas (537).

540. **Elección de la equidistancia de las curvas.**—La equidistancia de las curvas debe hallarse en relación con la escala del plano, siendo inversamente proporcional á ella: en efecto, si el plano se ha trazado en escala grande, y lo fuese también la equidistancia, la mucha separación de las curvas haría desaparecer muchos detalles, desfigurando la verdadera forma del terreno, y no dando una idea muy aproximada de sus pendientes; si por el contrario, la escala fuese muy pequeña, sería necesario una equidistancia bastante grande para que la unión de las curvas no hiciese confuso el dibujo. Estas circunstancias deben guiar en lo general para la adopción de la equidistancia: en la mayor parte de los casos pueden emplearse, según Goulard-Henrionnet, las indicadas en la tabla siguiente:

Para la escala de 1 por 5000.....	2, ^m 5
1 por 10000.....	5
1 por 20000.....	10
1 por 40000.....	15
1 por 80000.....	20.

541. **Problemas que pueden resolverse en el plano de**

un terreno determinado por curvas horizontales.—Obtenida la representación de un terreno por las curvas horizontales, pueden resolverse en el plano muchos problemas interesantes por sus numerosas é importantes aplicaciones. Entre ellos puede determinarse la cota de un punto cualquiera cuya proyección sea dada en el plano (Acots., 113); porque estará comprendido en general entre dos curvas acotadas. En el caso particular de hallarse en una de ellas, es evidente que tendrá la cota que á la curva corresponda. Recíprocamente, puede determinarse (Acots., 114) la proyección de un punto cuando se conoce su cota, y la proyección dada ha de hallarse en una recta que tiene dos puntos comunes con las curvas de la superficie representada. Pueden trazarse también (Acots., 115) curvas horizontales intermedias relativamente á las que determinan la superficie, completando así en algunos casos su representación. Se puede determinar (Acots., 116) la longitud é inclinación de la recta que une dos puntos cuyas proyecciones son dadas en el plano.

542. **Consideraciones generales acerca de la representación del terreno.**—Trazadas las curvas, y situados en el plano todos los objetos que cubren el terreno con las indicaciones de los nombres con que se conocen en el país las distintas localidades y los diferentes objetos, ha terminado la ejecución del plano geométrico encomendado al trabajo del topógrafo. En este plano se encuentran los edificios aislados, los ríos, los arroyos, los talwegs, las divisorias, los caminos y los lindes y cerramiento de las heredades y la expresión gráfica de las distintas formas que el terreno afecta: en él se hallan marcadas por curvas que representan una parte entrante redondeada, las vertientes separadas por arroyos de un curso uniforme; y por una serie de puntos de retroceso cuando lo están por los torrentes y los arroyos de pendientes fuertes, que cruzan los terrenos muy accidentados. Las divisorias aparecen determinadas por una mayor separación de las curvas en la parte más saliente de la estribación á que pertenecen; siendo pequeña en esta parte la curvatura cuando la forma del terreno es redondeada, y aumentando cuando corresponden las curvas á una estribación muy pronunciada. También se encuentran en el plano las indicaciones de los bosques y de las masas de rocas que cubren una porción del terreno, así como las de los crestones de roca que en algunas localidades se descubren.

La representación así obtenida se presta á la resolución de mu-

chos problemas en las aplicaciones de la Topografía y de la Agrimensura, y es muy suficiente cuando se trata de presentar la solución de un problema, como tiene lugar por ejemplo en los planos particulares del proyecto de un camino ó de un canal, á fin de justificar la elección del trazado hecho en una extensión determinada del terreno que cruza la línea; pero cuando se trata de presentar á un golpe de vista, y prescindiendo de los detalles, la forma general del terreno considerado, como en el plano general de un proyecto, se emplean otros medios de representación, que dan á conocer de una manera más gráfica y dan al plano un aspecto más agradable, y que son del dominio exclusivo del dibujante. En esta parte artística del dibujo topográfico, se emplean los colores que imitan los que los accidentes representados tienen en la naturaleza, y los convencionales adoptados para las obras de arte: también se emplea el dibujo á pluma, en el que las formas del terreno se representan por líneas movidas rectas ó curvas, normales á dos curvas horizontales consecutivas.

El grueso de estas normales se ha arreglado por algunos autores á un diapasón, en el que resulta proporcional á la pendiente del terreno comprendido entre las curvas horizontales consecutivas; pero este método puramente geométrico, no presenta ventaja alguna sobre la representación por curvas horizontales, ni expresa con tanta verdad el relieve del terreno con los efectos de luz y sombra, como el adoptado en España por distinguidos dibujantes. Consiste este método en aumentar la separación y disminuir el grueso de las normales en las partes más iluminadas, suponiendo la luz de arriba abajo, por la izquierda, y con una inclinación tal que las proyecciones de un rayo de luz formen con la línea de tierra ángulos de 45°. Los gruesos y la unión de las normales aumentan de una manera gradual en razón de la pendiente y de la mayor sombra. La acertada combinación de la separación y de los gruesos, la indicación de las sombras propias y de las arrojadas por las montañas más elevadas sobre las que las rodean, teniendo en cuenta sus posiciones relativas, los toques oportunamente dispuestos para representar las quebradas y escalonados de los terrenos, la propiedad en la indicación de las rocas descubiertas, las aguas corrientes, los bosques y demás accidentes naturales, sirven á los dibujantes para sacar mucho partido en la representación del terreno, tal como se presenta en la naturaleza.