

## SECCIÓN SEGUNDA.

### DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

---

#### CLASIFICACIÓN.

Si el terreno natural presentase siempre la consistencia necesaria para resistir sin deprimirse los esfuerzos producidos por la circulación, y si además su inclinación no pasara de los límites convenientes, no haría falta construir obras de ninguna especie para establecer el camino. Pero esto no ocurre nunca, pues aunque puede observarse que en casi todos los caminos rurales se efectúa el tránsito de vehículos sin preparación previa de la superficie del suelo, sabido es que en cuanto las aguas la reblandecen y la rodadura la va removiendo, el paso se hace punto menos que imposible; y si á ello se añade que las pendientes suelen ser exageradísimas, se comprenderá que sólo puedan franquear esos caminos carretas ó carros muy toscos, de escasa capacidad, consumiendo enorme fuerza de tracción, y, por encima de todo, con peligro continuo y sufriendo á veces accidentes lamentables. Se deduce, por tanto, que para asegurar al tráfico condiciones adecuadas, se requiere: 1.º, disponer una plataforma sobre la cual se verifique la circulación y que esté más baja unas veces y más alta otras que el terreno natural, para lograr que su inclinación no exceda de los límites que en cada caso se hayan fijado; 2.º, dar á esa plataforma la anchura necesaria para el servicio que ha de prestar, y construirla de suerte que no se deteriore fácilmente y que sus desperfectos tengan sencillo remedio.

Para realizar el primer requisito es preciso hacer *obras de explanación*, es decir, los desmontes y terraplenes que sean indispensables, para que el *perfil longitudinal* del camino, ó sea el desarrollo de la intersección de la superficie modificada del terreno con un cilindro de generatrices verticales, que tenga por directriz el eje de la vía, esté compuesto de una sucesión de líneas rectas (llamadas *rampas* cuando suben en el sentido que se supone á la circulación, y *pendientes* en el caso contrario), que no pasen de cierta inclinación con el horizonte y que además se hallen distribuidas aceptablemente.

Con objeto de evitar los deterioros de la plataforma, á consecuencia de las aguas, hay que cuidar de recoger y dar salida, tanto á las que vengan al camino desde los terrenos inmediatos, como á las que caigan directamente sobre él. Lo primero se consigue limitando la explanación en el terreno natural y en los desmontes, con *cunetas*; lo segundo, disponiendo la sección transversal en forma convexa ó cóncava, para que las aguas vayan á parar desde luego á las cunetas ó se acumulen en la parte central de la vía, dándoles después salida por los puntos que convenga. Pero aunque se lograra por todos estos medios que las lluvias no desagrasen el camino, la circulación produciría ese efecto en período no largo, y para evitarlo se extiende, en la necesaria anchura, un suelo artificial de suficiente resistencia, que se puede ejecutar de materiales muy diversos, si bien el más común en las carreteras es la piedra partida, suelo que constituye el *firme* ó *afirmado*. El firme, por regla general, está contenido en una *caja*, cuyas paredes laterales se denominan *mordientes*: es claro además que aquél no puede ocupar toda la latitud de la explanación, y, con efecto, se halla separado de las cunetas y de las aristas superiores de los terraplenes, ya por fajas de terreno ó *paseos*, ya por *andenes* ó *aceras*.

No basta cuanto se ha dicho para asegurar el tránsito. Hay que construir *muros de sostenimiento* de terraplenes ó *de contención* de desmontes, siempre que lo exijan la altura de aquéllos ó la naturaleza de éstos; hay que elevar construcciones especiales para salvar corrientes de agua, fuertes depresiones ú otras vías; en una palabra, se necesitan *obras de fábrica* ó *de arte*, como pro-

pone el Sr. Rebolledo que se llamen (1), obras que á veces revisiten excepcional importancia.

Por último, si no completamente indispensables, hay otras que se denominan *accesorias*, y que tienen por objeto dar seguridad ó comodidad á los transeuntes, facilitar los servicios de construcción y conservación ó el acceso á las propiedades limítrofes, contribuir al ornato en el interior ó proximidad de las poblaciones, etc.

Resulta de lo que antecede que en una carretera hay que considerar las siguientes clases de obras: 1.º, *de tierra ó de explanación*; 2.º, *de fábrica*; 3.º, *de afirmado*, y 4.º, *accesorias*. De todas ellas se tratará en esta sección.

## CAPÍTULO I.

### OBRAS DE EXPLANACIÓN.

#### I. — DESCRIPCIÓN.

Las obras de explanación no comprenden en realidad más que los desmontes y terraplenes; pero hay que dar á conocer las disposiciones admitidas para la caja del firme, los paseos ó andenes y las cunetas. Antes de entrar en materia, conviene decir algo acerca del ancho que se ha de dar á la plataforma.

**Ancho de la explanación.**—Debe estar en relación con las necesidades del tránsito, contando con que se puedan cruzar cómodamente los vehículos sin salirse de la parte central ó afirmada: si el cálculo se hace para el cruce de dos carruajes, contando con una batalla de dos metros y con que queden 0<sup>m</sup>,50 de hueco entre ambos, resultará una latitud mínima de 4<sup>m</sup>,50 para la faja del firme, que es la señalada para las carreteras de tercer orden del Estado en los formularios vigentes (2). Pero á aquella

(1) Rebolledo, *Tratado de Construcción general*, segunda edición: Madrid, 1889.

(2) Véanse los *Formularios para la redacción de proyectos de carreteras*, insertos al final de la obra (Apéndice I). En cuanto á la clasificación de las carreteras en tres órdenes, está basada en su mayor ó menor importancia, y sujeta á reglas fijas administrativas que se puntualizan en la ley, y cuyo examen no cabe dentro del programa de este libro.

magnitud hay que añadir el ancho de los paseos, cuestión que se discutirá muy pronto. La anchura total señalada en España para los tres órdenes de carreteras, medida entre las aristas interiores de las cunetas y las exteriores de terraplenes y muros, es respectivamente de 8, 7 y 6 metros; si bien se faculta á los Ingenieros para proponer aumentos ó disminuciones en casos especiales. En vías de extraordinario movimiento, como, por ejemplo, en la proximidad de grandes centros, sería imposible el tránsito con el ancho normal establecido para las carreteras de primer orden: todas las que parten de Madrid se han construído con dimensiones mucho mayores. Lo propio sucede en las calles frecuentadas, en las que á veces un ancho de más de 20 metros resulta insuficiente para el tránsito de carruajes y peatones, sobre todo en días determinados. Por el contrario, en pasos muy costosos puede y debe disminuirse la anchura hasta donde sea racionalmente factible. En caminos rurales ó de escasa circulación suele reducirse la parte afirmada hasta tres metros, principalmente en Francia é Inglaterra: en tal caso, al cruzarse dos vehículos, es indispensable que por lo menos uno de ellos ocupe parte del paseo.

**Desmontes y terraplenes.**—Sabido es que un perfil transversal del camino puede estar en *desmante*, *terraplén* ó *ladera*. Los desmontes reciben el nombre especial de *trincheras* cuando su altura ó cota es próximamente la misma de un lado y otro del eje. La altura, tanto de desmontes como de terraplenes, depende de las condiciones topográficas de la localidad y de las técnicas de la vía: en terreno quebrado podrá ésta ceñirse tanto más, cuanto pendientes más fuertes se admitan para las rasantes y radios más pequeños para las alineaciones circulares, es decir que, á igualdad de las demás circunstancias, las cotas rojas de desmontes y terraplenes aumentarán con la importancia del camino. De aquí que en una carretera, aun de primer orden, se conceptúen de consideración trincheras ó terraplenes largos de 5 ó 6 metros de altura, mientras que en ferrocarriles se llega y pasa á veces de 15 y 20.

**TÚNELES Y TROMPAS.**—Accidentalmente, y para evitar la ejecución de grandes trincheras, se recurre á la apertura de *galerías*, *subterráneos* ó *túneles*, como se ha efectuado en varias carreteras de las provincias de Logroño y Oviedo y quizá de alguna otra. No se

ve inconveniente grave en adoptar esta solución, que realiza en muchos casos economía de entidad, sobre todo si las galerías no son largas y pueden quedar iluminadas: en España, sin embargo, parece que se rehuye por los Ingenieros, mientras que en Italia se usa con bastante frecuencia. El ancho de los túneles puede reducirse á 4<sup>m</sup>,50, y la altura en el eje suele variar entre 5 y 6 (1).

También se emplean á veces los desmontes en *trompa*, cuando la vía marcha por una ladera de mucha inclinación transversal y constituida por roca muy dura y resistente: esta última circunstancia es esencial, pues de no verificarse es posible que se produzca algún desprendimiento, siendo más fácil que ocurra el accidente al pasar los vehículos, por las vibraciones que ocasionan. En las provincias del Norte y Noroeste hay ejemplos de esta disposición, y algunas trompas están abiertas en roca caliza, presentando sus bóvedas pintorescos grupos de estalactitas, que no infunden la mayor confianza respecto á la compacidad de la masa. Por lo demás, el método no es moderno, pues ya se aplicó en tiempo de Trajano, en la calzada del bajo Danubio, cerca de Orsova.

TALUDES.—Los taludes de los desmontes en tierra se dejan bien refinados, á lo menos en su faja inferior, pues si presentasen bolsas podrían estancarse las aguas y producir desprendimientos; en los desmontes en roca no se hace á lo sumo más que desbastar groseramente la superficie. La inclinación de estos taludes depende, en primer término, de la cohesión del terreno; la práctica tiene ya tan sancionada la que conviene en cada caso, que puede prescindirse de la aplicación de toda fórmula. En desmontes en tierra floja se acostumbra aceptar el talud de 1 de base por 1 de altura; el de 1 por 2 ó por 3, en tierras duras y compactas; el de 1 por 4 ó 5, en las rocas flojas, y el de 1 por 10, en las duras. Estas relaciones son aplicables á las cotas corrientes de trincheras; para alturas excepcionales, sería preciso aumentarlas.

Se evita emplear en la formación de terraplenes las tierras excesivamente sueltas, y principalmente la arena fina y redonda, que es arrastrada por el viento. Con buenos materiales se tiene

(1) Cantalupi, *Strade*.

seguridad de obtener taludes estables con la inclinación de 3 de base por 2 de altura, que es la que casi siempre se admite para las tierras. En los pedraplenes se puede disminuir la base hasta hacerla igual á la altura.

Los taludes de los terraplenes no se refinan en toda su extensión, bastando efectuarlo en una zona, que no excede ordinariamente de un metro de anchura, contado desde la arista y en sentido de la línea de máxima pendiente. Como las aguas que corren por ellos abren surcos y arrastran á veces masas de tierra, hay que repararlos siempre después de los temporales. Para aminorar los daños conviene defenderlos, en especial los que tienen mucha altura: la mejor defensa, á la vez que la más económica, consiste en hacer plantaciones de vegetales de fácil arraigo; también pueden revestirse con tepes ó empedrados (1).

**Caja.**—Las dimensiones de la caja dependen naturalmente de las del firme. Á los mordientes ó costados de la sección transversal se les daba antes ligera inclinación ó talud; pero hoy se hacen siempre verticales, á causa de que se sostienen sin dificultad por su pequeña altura. El fondo del perfil de la caja es una curva equidistante en todos sus puntos de la que constituye la superficie superior del firme, cuando ésta es cóncava. En caso de ser convexa, como ocurre casi constantemente, el fondo de la caja es también convexo ú horizontal: conviene el primer sistema cuando los materiales de que se compone el firme son de formas geométricas, pues así todos resultan del mismo tamaño; pero en los afirmados de materiales irregulares es muy común emplear el fondo horizontal, con lo cual se logra proporcionar el espesor á la frecuentación, que es siempre mayor en el centro de la vía que en los costados. Algunos Ingenieros combaten el fondo plano, en la creencia de que es fácil que se encharque con las aguas de lluvia que penetren á través del firme, y proponen que se haga aquél convexo, disminuyendo la curvatura de su sección, si no se quiere espesor uniforme: la experiencia diaria demuestra que el temor es infundado, siempre que las soleras de las cunetas se

(1) No se hacen más que ligeras indicaciones sobre la defensa de taludes. Todos los pormenores pueden verse en la *Construcción general*, del Sr. Rebolledo.

establezcan de 0<sup>m</sup>,12 á 0<sup>m</sup>,15 por bajo de dicho fondo; las catas abiertas en firmes regularmente conservados, aunque correspondan á sitios bajos, hacen ver que en el interior de la caja no se encuentra nunca más que una ligera humedad que, lejos de ser perniciosa, es favorable para el afirmado.

Estas consideraciones no son aplicables á países muy húmedos, en los que no sólo produciría malos resultados el fondo plano, sino la misma caja. Esto sucede en Inglaterra, donde, siguiendo las prescripciones de Mac-Adam, suele colocarse el firme sobre la superficie de la explanación.

**Paseos y andenes.**—Ya se ha dicho que los *paseos* son las fajas de terreno que quedan entre el firme y las cunetas en los desmontes, ó entre el firme y las aristas superiores de los terraplenes. Se ha discutido mucho si son ó no convenientes. Sus defensores manifiestan que sirven para contener el firme, que se utilizan para el tránsito de peatones y á veces de vehículos, y que forman un excelente depósito para colocar en montones los acopios de piedra para conservación de los firmes ordinarios. Varias objeciones cabe presentar á estos argumentos. Es indudable que se necesita contener el firme para que no caigan sus materiales, no para resistir al empuje de aquél, asimilándolo á una bóveda, como ha habido quien ha supuesto; pero para contener el afirmado bastaría como máximo una faja de 0<sup>m</sup>,50 en cada lado, que es inferior al mínimo admitido, como en seguida se verá. Los paseos no ofrecen grandes comodidades para el tránsito de peatones, que prefieren caminar por el firme, que presenta suelo más resistente en tiempos húmedos y menos polvo en las épocas de sequía: sólo cuando el tráfico de carruajes es muy activo, tienen que utilizar los paseos, si lo permiten los montones de acopios. En cuanto á los vehículos, antiguamente circulaban por los paseos, á los que se daban anchos enormes, llegando á medir 8 y 9 metros en los caminos reales franceses á fines del siglo XVII (1); pero en la actualidad, el Reglamento de policía de carreteras prohíbe que los carruajes ocupen los paseos, para evitar sin duda su pronta desagregación y los perjuicios que el polvo ocasionaría á los tran-

(1) Durand-Claye, *Routes*.

seuntes, al firme y á las propiedades inmediatas. La mayor ventaja de los paseos es la de poder depositar los acopios, teniéndolos siempre á mano para emplearlos en el sitio que sea necesario; sin embargo, aun bajo este aspecto, presentan el inconveniente de que no se puede evitar que las ruedas de los vehículos y los cascos de las caballerías desarreglen los montones y esparzan la piedra, ocasionando pérdida de material.

Aparte de estos razonamientos, los enemigos de los paseos exponen: 1.º, que la anchura que dan á la explanación hace aumentar considerablemente el volumen del movimiento de tierras y la longitud de las obras de fábrica; 2.º, que es preciso tenerlos siempre muy tersos para que las aguas escurran bien, lo que obliga con grandísima frecuencia á que los peones ocupen el tiempo en recorrerlos, cortar la hierba que nace en ellos, perfilarlos, etc.

Para evitar todos ó algunos de estos inconvenientes, se ha propuesto reducir los paseos á lo estrictamente necesario para contener el afirmado, estableciendo de trecho en trecho *apartaderos* en que se depositen los acopios de piedra para el firme; disposición que no parece muy aceptable, porque si los apartaderos están distantes, se dificultan y encarecen las faenas de conservación, y si próximos, subsisten los defectos que se trata de evitar, pues viene á equivaler á distribuir de otro modo el ancho normal de los paseos ordinarios. En Italia es muy frecuente separar por cada lado el firme de los paseos con una fila de guardarruedas. Otro sistema que está dando buenos resultados en Francia, según dice Durand-Claye, y que se usa mucho en Inglaterra, es colocar los paseos con una pequeña elevación (de 6 á 10 centímetros) sobre el firme, pues así constituyen verdaderos andenes, por los cuales no pueden circular los vehículos: se deja crecer la hierba, la cual no ofrece ningún obstáculo á las aguas del firme, que ya no corren por los paseos, y contribuye, por el contrario, á hacer más resistente el piso y más aprovechable para la gente de á pie; y en fin, en los andenes no experimentan mermas ó desperfectos los acopios, á causa del tránsito de vehículos y animales. Es claro que se pueden mejorar los andenes para el paso de peatones, cubriéndolos con cascajo ó gravilla.

Á los paseos ordinarios se les da inclinación de 4 á 5 por 100



hacia el exterior, esto es, hacia las cunetas en los desmontes y hacia los taludes en los terraplenes, para que corran las aguas que caigan sobre los mismos paseos y las que recojan del firme. Su perfil transversal es siempre rectilíneo. Los andenes se disponen también con la misma pendiente y en idéntico sentido; pero para evacuar las aguas del firme se hacen cortaduras de trecho en trecho, generalmente á distancias que varían entre 5 y 20 metros, cuyo fondo está al nivel del firme, é inclinadas hacia las cunetas ó los taludes de terraplén. Estas cortaduras se abren normal ú oblicuamente al eje, según se trate de tramos horizontales ó en pendiente. Algunas veces, cuando se emplean andenes, se suprimen las cunetas en los desmontes: en tal caso se inclinan aquéllos hacia los mordientes del firme, y las aguas corren, como en las calles, por regueros empedrados, dándoles salida por tajetas, cañños ó cortaduras que se sitúan en puntos bajos.

La anchura de los paseos de las carreteras del Estado es en España de 1<sup>m</sup>,25, un metro y 0<sup>m</sup>,75 respectivamente para las de primero, segundo y tercer orden (1); pero dejando facultad á los Ingenieros para proponer la distribución que crean más oportuna de los anchos de 2<sup>m</sup>,50, 2 metros y 1<sup>m</sup>,50 que corresponden en junto á ambos costados, y aun la supresión completa de uno ó de los dos paseos. Esto prueba que la Administración no prejuzga el asunto, y que los Ingenieros están autorizados para optar por el sistema que estimen más acertado, cuidando, por supuesto, de motivarlo. En Francia, ya se construyan paseos ó andenes, se les da mayor latitud que en España, pues suele variar entre 1<sup>m</sup>,50 y 2<sup>m</sup>,50 por cada lado; en Italia son más estrechos, diferenciándose poco de los nuestros.

Todo lo que antecede se refiere á caminos en campo raso. En las calles de las poblaciones los andenes, por regla general, se enlosan ó asfaltan, constituyendo las *aceras*, construídas con inclinación hacia los bordes del afirmado, por donde corren las aguas, que se reciben en *sumideros* situados en puntos bajos de rasantes. Á veces, en calles de primer orden, se disponen, entre las aceras y el firme, paseos con arbolado, como sucede en Ma-

(1) Véanse los *Formularios*.

drid, en las calles de Alcalá, Serrano, Génova y otras muchas.

**Cunetas.**—El principal objeto de las cunetas, como ya se ha indicado, es recoger las aguas que caen sobre la carretera, y en especial las que reciben de los terrenos inmediatos cuando la vía va en desmante ó por el suelo natural. Esto explica que se limite su construcción, en cada lado del camino, á los trozos en que éste vaya á flor de tierra ó en desmante; de suerte que en los perfiles en ladera sólo se establece cuneta en el lado correspondiente á la parte excavada. En los perfiles en terraplén se prescinde de esa obra, que aumentaría las explanaciones y la longitud de las obras de fábrica, sin otra ventaja que la de evitar que corran por los taludes las aguas que caen en la plataforma. Mucho más económico es reparar las escarpas cuando sea indispensable, sobre todo si se ha tenido cuidado de defenderlas con plantaciones ó revestimientos.

Antiguamente las cunetas eran simples depósitos sin salida ni comunicación: el agua desaparecía con extremada lentitud, por absorción y evaporación, dando lugar á emanaciones infecciosas y manteniendo el subsuelo del firme en un estado de humedad constante. Hoy son las cunetas verdaderos canales de evacuación, que llevan las aguas hasta los arroyos ó depresiones naturales por donde puedan correr.

La sección transversal de las cunetas es siempre trapecial; el costado exterior es la misma línea de talud del desmante; al interior se le da igual ó algo mayor inclinación respecto á la horizontal; el fondo mide de 0<sup>m</sup>,30 á 0<sup>m</sup>,50, y la altura varía entre los propios límites, con lo que se logra que la solera quede bastante por debajo de la caja del firme.

Por regla general, la pendiente de las cunetas es la misma que la de la carretera. Sin embargo, en los tramos horizontales ó de tan escaso desnivel que las aguas no pudieran discurrir fácilmente, se disponen las cunetas con inclinación mínima de 2 por 1.000, abriéndolas al efecto con profundidades variables.

Por el contrario, cuando la vía tiene rasantes muy inclinadas y el terreno escasa consistencia, si no se tomase ninguna precaución, las aguas marcharían con tal violencia que las cunetas experimentarían daños considerables y pudieran formarse aterra-

mientos que detuvieran las corrientes, ocasionando quizás desperfectos de entidad. Casi siempre basta para remediar estos inconvenientes un empedrado grosero de cuñas ó morrillo en el fondo de la zanja; pero si no fuese suficiente, se establecen las cunetas en tramos de pendiente á propósito, separados por muretes de fábrica, que se llaman *rastrillos*, ó por tablas sujetas con estacas, y consolidando el pie de las caídas con ligeros zampeados y macizos de piedra suelta.

Se admite que las paredes de un canal comienzan á desagregarse cuando la velocidad del agua, medida en las mismas, llega á los límites que se indican á continuación (1):

Velocidades por 1". — Metros.	Naturaleza del terreno.
0,07	Tierra vegetal.
0,15	Arcilla compacta.
0,30	Arena.
0,60	Grava.
1,20	Piedra partida.
1,50	Roca floja.
3,00	Roca dura.

Para proceder, pues, con todo rigor, sería necesario medir la superficie total de tierras que vierten aguas á la cuneta; calcular el volumen de líquido, teniendo en cuenta la altura de las lluvias mayores que se hayan conocido en el país; determinar el tiempo que tardarían las aguas en llegar á la cuneta y la cantidad de ellas que desaparecería por la permeabilidad del terreno; y con estos elementos y las dimensiones del canal, deducir la velocidad, que haría conocer si era ó no indispensable recurrir á trabajos de consolidación. Resolver cuestiones tan complejas para una simple cuneta sería ridículo: por lo común se construyen con las dimensiones ordinarias que la experiencia haya aconsejado. Úni-

(1) Durand-Claye, *Routes*.

camente cuando se presume que ha de reunirse caudal excesivo, podrá aumentarse la sección, y mejor aún, distraer las aguas, recogiénolas en *cunetas de coronación*, como se verá al tratar de las obras accesorias, ó apartándolas por medio de desagües que las conduzcan fuera de la vía.

Las cunetas no ofrecen peligro para los vehículos, pues que éstos no deben salir de la faja afirmada; mas aunque falten los conductores al reglamento de policía, los acopios colocados en los paseos y el arbolado que existe en muchas carreteras impiden que los carruajes lleguen á las cunetas, y en todo caso no es temible ningún accidente grave, en vista de la pequeña profundidad de aquéllas.

Lo que antecede basta para formarse idea del perfil transversal de una vía ordinaria. La lámina 1.<sup>a</sup> presenta varios tipos: las figuras 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>, indican respectivamente los perfiles normales adoptados en España para las carreteras de los tres órdenes, en los que se ha acotado la inclinación usual de los taludes según la naturaleza de los terrenos; las figuras 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup> corresponden á carreteras nacionales francesas, con andenes elevados y regueros de adoquines ó cuñas; la 6.<sup>a</sup> á un camino de la Italia septentrional, con filas de guardarruedas entre el firme y los paseos; las 7.<sup>a</sup>, 8.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup> á calles y paseos de Madrid; y las 10.<sup>a</sup>, 11.<sup>a</sup> y 12.<sup>a</sup> á calles de Barcelona, observándose en la última, líneas de pórticos en los dos costados.

## II.—EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE EXPLANACIÓN.

**Replanteo.**—Antes de dar principio á la ejecución de las obras es preciso efectuar el *replanteo*, ó señalamiento en el terreno del eje del camino y de los anchos que han de tener sus diversas partes. Las operaciones se simplifican mucho cuando no han desaparecido las estacas ó piquetes que se clavan al practicar los estudios; pero, por regla general, se encuentran muy pocos, lo que no es de extrañar si se considera que suelen transcurrir años desde que se redacta un proyecto hasta que se realizan las obras. Sea como quiera, teniendo á la vista el plano aprobado, la

determinación en el suelo de las alineaciones rectas y curvas es problema de Topografía, que se supone perfectamente conocido, no necesitando decir sobre el particular sino que la línea debe quedar bien marcada con estacas, que se colocarán á distancias mayores ó menores, según los casos. Deben quedar señalados con hitos ó mojones los vértices del trazado, la entrada y salida de curvas y rasantes, los puntos á que correspondan perfiles transversales ú obras de fábrica, y en suma todos aquellos que ofrezcan alguna circunstancia especial. Las señales fijadas en el terreno, se numerarán correlativamente ó se designarán por sus distancias al origen de la traza.

En cuanto al perfil longitudinal, basta de ordinario dejar establecidos los puntos de cambio de rasante: al efecto, si corresponden á desmontes, se coloca una loseta al nivel que deben quedar; y si á terraplenes, un montón de tierra bien apisonada, y mejor un dado de piedra ó ladrillo, cuya coronación esté exactamente á la altura requerida. Sin embargo, en la práctica es frecuente no operar al principio con tanto esmero, limitándose á formar un estado en que se expresen las cotas rojas de los puntos marcados del eje, dejando la fijación definitiva para cuando estén desbastadas las explanaciones, y hasta entonces no se replantean tampoco las secciones transversales.

Rarísima vez ocurre que haya coincidencia perfecta entre la traza marcada y la que se proyectó; así es que se hace necesario redactar una acta en que se especifiquen las variaciones introducidas, y levantar la planta y el perfil longitudinal de la línea replanteada, con los mismos pormenores que los dibujos análogos del proyecto. Á estos nuevos planos, una vez aprobados por la Superioridad, si se trata de carreteras de servicio público, hay que atenerse estrictamente en lo sucesivo, ya se ejecuten las obras por administración ó por contrata.

**Desmontes y terraplenes.**—Conocido por el curso de Construcción general cuanto se refiere á obras de tierra, sólo se harán aquí ligerísimas observaciones.

**DESMONTES.**—Por lo común, los desmontes no se acometen desde luego en todo su ancho, sino se corta el terreno con el talud absolutamente indispensable para que se sostenga, y en la

extensión necesaria para que se llegue á la altura de la rasante con la latitud que corresponda á la plataforma; se abren las cunetas en los costados, y luego se van recortando los taludes, pero sin empeñarse en que queden refinados los de tierra.

Los productos de los desmontes pueden aprovecharse para los terraplenes inmediatos; utilizarse en otras obras, como afirmado, mamposterías, etc., ó depositarse en *caballeros*, en la proximidad de las aristas superiores de las excavaciones. El destino que se les dé depende del estudio que se haga con la mira de realizar la mayor economía posible; síguense al efecto los procedimientos que se explicarán al tratar de la redacción de proyectos, y, por ahora, basta admitir que se ha practicado dicha distribución.

En caso de que hayan de formarse caballeros, se extraerá el volumen correspondiente de la parte superior del desmonte, á fin de evitar transportes verticales inútiles; las tierras se depositarán dejando una herma ó banqueta, por lo menos de un metro, entre ellas y la arista superior del talud definitivo, y con el orden conveniente para que los caballeros sirvan de retención á las aguas que corran por la ladera, evitando así en muchos casos la necesidad de abrir cunetas de coronación. Excavado el volumen que ha de ir á caballeros, se ataca el resto del desmonte.

Los productos aprovechables para otras obras se *apilan* en puntos á propósito, donde se conservan hasta el momento de emplearlos.

Las tierras que hayan de transportarse á terraplenes se cargan en espuelas ó cestos, carretillas, carros ó volquetes, ó vagonetas que corran por vías provisionales de hierro, según resulte más barato, en vista de la distancia que tengan que recorrer y de la cuantía de los volúmenes. Claro es que, para hacer posible el tránsito de operarios y vehículos, hay que comenzar el ataque por las líneas de paso de desmontes á terraplenes.

Durante la ejecución de las excavaciones es preciso ir estableciendo puntos de rasante, que sirvan de guía é impidan erradas maniobras; se fijan con niveletas, sin que se requiera exactitud rigurosa, puesto que más tarde ha de hacerse la rectificación definitiva. Otro tanto debe decirse de las líneas que marquen los anchos de las diversas partes del camino, de las que sólo se señalan algunos puntos fijos.

Mientras se efectúan los desmontes hay que tener bien expeditas las cunetas y dirigir las aguas á sitios en que no perjudiquen á la marcha de los trabajos.

TERRAPLENES.—Los terraplenes se construyen con productos de las excavaciones ó con tierras sacadas de *zanjas de préstamo*, abiertas al pie de las mismas.

Los operarios ó vehículos, que en el primer caso conducen los materiales, los van descargando en los puntos que convenga, mientras otros peones se ocupan en desmenuzar los terrones y en igualar las tierras. Si los terraplenes se construyen con piedras ó con cascote ó escombros, es decir, si se trata de *pedraplenes*, deben ripiarse con tierra ó detritos los huecos que dejan entre sí los materiales, y reservar los más menudos para las coronaciones y taludes: todo ello tiene por fin disminuir los considerables asientos que experimentan. Por la misma razón hay que descuajar los vegetales de la zona que ha de ocupar el terraplén.

Cuando haya que abrir *sacatierras* ó *zanjas de préstamo*, es indispensable cuidar de que entre ellas y el pie de los terraplenes haya por lo menos una distancia de un metro; de que tengan poca profundidad, y de que su solera sea plana y con la inclinación necesaria para que el agua escurra con facilidad por la depresión natural que salva el terraplén. Todas estas precauciones se encaminan á que la humedad de las *zanjas* no perjudique á la carretera; á que no se encharquen aquéllas por mucho tiempo, produciendo emanaciones perjudiciales para la salud, y á disminuir lo posible la altura á que han de elevarse los productos. Es claro que cuando se abren *sacatierras* hay que indemnizar á los propietarios por la ocupación temporal de sus fincas, y que esa indemnización será tanto mayor cuanto más extensión superficial se utilice; pero como en la inmensa mayoría de los casos el gasto por este concepto es de corta entidad, no hay inconveniente en hacer las *zanjas* de muy poca elevación, á menos que los terrenos sean de gran valor, circunstancia que rara vez tiene influencia, porque entonces es lo común que el camino se desarrolle con cotas muy pequeñas.

Parece oportuno hacer algunas indicaciones sobre los terraple-

nes en general. Cuando hayan de establecerse en laderas de inclinación transversal acentuada, se suelen disponer en escalones para que liguen mejor con el suelo y aminorar las probabilidades de deslizamientos ó filtraciones: muchas veces no basta esta precaución, y es necesario sostener los terraplenes con muros, como se verá al hablar de las obras de fábrica.

Los terraplenes experimentan siempre asientos mayores ó menores, que hacen variar las rasantes y que imposibilitan tender el firme hasta que se han efectuado por completo. Los asientos desaparecerían ó revestirían escasísima importancia, si al construir los terraplenes se sometieran las tierras á una compresión energética, y á este efecto podrían hacerse por capas ó tongadas de 0<sup>m</sup>,15 á 0<sup>m</sup>,30 de espesor, bien regadas y apisonadas. Este procedimiento, que teóricamente no puede ser más sencillo, haría subir los gastos de explanación á cantidades considerables: así es que se reserva para los terraplenes sostenidos por muros y para los de avenidas de obras de fábrica, en la proximidad de éstas, y en ambos casos se van construyendo, á la par que se elevan las fábricas. En los terraplenes corrientes no se usa más consolidación que la producida por el paso de los animales de carga y vehículos de transporte de materiales: de este modo el asiento es muy grande, y se acostumbra construirlos con cotas algo mayores que las definitivas para compensar aquel efecto, y dejar pasar un invierno antes de practicar la rectificación de rasantes y de proceder á construir el firme. En cuanto á las creces que se dan á los terraplenes con el fin indicado y con el de obtener los taludes convenientes, sólo la práctica puede servir de norma para fijarlas en cada caso; por lo común, se aumentan las cotas rojas en igual proporción para una misma clase de materiales.

Los productos de una excavación cubican siempre más que el hueco que deja aquélla, lo que se explica bien por la desagregación que experimentan y el aumento consiguiente de los huecos entre sus partículas. Cierto es que este *entumecimiento ó hinchazón* se compensa en parte por la consolidación natural ó artificial de los terraplenes; pero nunca desaparece por completo, y resulta que con las tierras procedentes de una excavación de volumen determinado, se ejecuta mayor cubo de terraplén. Esta observación



hay que tenerla en cuenta durante las obras y asimismo al redactar el proyecto, según los preceptos oficiales.

**Rectificación definitiva.**—Terminado el desbaste de las explanaciones y transcurrido tiempo suficiente después de ejecutados los terraplenes, se hace la rectificación definitiva de rasantes, fijando de trecho en trecho, y á la altura que corresponda exactamente á aquéllas, losetas en el eje ó en los costados, cuidando de marcar con señales particulares los puntos en que cambie la inclinación: si hacen falta después otros intermedios, se pueden señalar sencillamente con niveletas.

Rectificadas con esmero las rasantes, cortando ó recreciendo las explanaciones en los trozos que sea necesario, se tiene ya la plataforma con la inclinación que debe afectar en todos sus puntos. Falta entonces señalar con esmero el ancho y las líneas de cunetas y paseos ó andenes, lo que se efectúa á distancias variables, según los casos, pero que no conviene nunca que pasen de 100 metros; y con estos elementos puede procederse ya á ejecutar las obras necesarias para que cunetas y fajas laterales queden en las alineaciones y con las pendientes y anchuras que les correspondan. Sin embargo, el recrecimiento de paseos ó andenes se hace de ordinario al mismo tiempo que se abre la caja, y con productos de ella: así ni es necesario hacer la apertura de la misma en todo su espesor, sobrando tierras que habrían de transportarse, ni es preciso traerlas de fuera para formar los paseos ó andenes, como sucedería si se adoptase para fondo de la caja la superficie de la plataforma ya preparada.

**Refinos.**—El refino de los taludes de terraplenes y de los desmontes abiertos en tierra no se verifica hasta muy poco antes de que terminen por completo las obras de la carretera, pues de lo contrario habría que repetir la operación muchas veces. Lo propio puede aplicarse al enarenamiento de los andenes, cuando se resuelva cubrirlos para mejorar las condiciones del piso.

Para los pormenores de ejecución de los trabajos reseñados en este artículo, se puede consultar la varias veces citada obra del profesor de la Escuela, Sr. Rebolledo.