

cuenta de las mejoras obtenidas, de las faltas evitadas, del tiempo ganado y de la economía realizada.

Sea como quiera, hé aquí cómo conviene operar después de muchos ensayos:

El plano de drenaje aceptado se remite al capataz encargado de los trabajos. La primera operación que debe preceder á la llegada de los obreros al terreno, es el jalonado del trabajo.

Con ayuda de los puntos de referencia que presentan los cercados, los árboles y los demás objetos notables del campo, se halla fácilmente la posición de los tubos en el plano y se fija su posición sobre el terreno con ayuda de la cadena de agrimensor para unirlos entre sí y á los de referencia.

Se traza primero el eje ó *línea-media* de los tubos colectores, colocando jalones en sus extremidades y en los puntos que presentan ángulos. Se indica en seguida la posición del eje de los pequeños tubos, colocando un jalón en cada una de sus extremidades, y uno ó dos más en el intervalo de los dos primeros.

Los jalones indican la dirección de las líneas de tubos, pero no proporcionarán medio ninguno de determinar la profundidad de las zanjas, ni de regularizar la pendiente de las redes de tubos. La facilidad con la que los jalones se desarreglan por el viento ó la mala voluntad, obligará casi siempre á volverlos á colocar muchas veces mientras la duración del trabajo. Es, pues, indispensable completar el trazado de drenaje sobre el terreno por medio de puntos fijos, para que no haya temor de verlos perder su posición durante el trabajo. Estos serán estacas fuertes de madera de 0^m,50 de longitud, poco más ó menos, hundidas en el suelo á martillazos y colocadas como vamos á decir.

Por regla general se introducen las estacas de 0^m,50 fuera de la línea media de las zanjas, indicadas por los jalones, para que no sean comprendidas en la abertura de la escavación.

Para evitar confusión se colocan del mismo lado, á la derecha por ejemplo, de las zanjas, si los trabajadores deben echar la tierra á la izquierda.

Se coloca una estaca en cada extremidad de los caños y otras en el intervalo, de manera que estén *lo más* á 50 metros unas de otras. Por otra parte se debe introducir una estaca en todos los puntos de cambio dependiente de las zanjas y en todos los que la profundidad sea mayor ó menor que la profundidad normal adoptada.

Las cabezas de las estacas deben estar relacionadas por el nivel á los puntos de señal que han servido para la nivelación del mismo plano, y se las introduce más ó menos de manera que los remates de estas estacas estén todos á *la misma altura* del fondo de las zanjas. Esta altura es, en general, igual á la profundidad normal adoptada, aumentada en 0^m,10 ó 0^m,20.

La marcha que debe seguirse para colocar las estacas, se comprenderá mejor después de leer cuanto se refiere á su principal uso.

Operando como acabamos de decir, las líneas rectas que pasan por medio de las cabezas de las estacas son paralelas á los fondos de las zanjas y proporcionan, como se verá, el medio de regularlas con absoluta precisión. Es necesario asegurarse, además, que la pendiente de una estaca á otra, pendiente que es la misma que la del tubo, es suficiente. De esta manera se obtiene una comprobación del nivel producido por el plano y se rectifican, en caso de necesidad, los errores que hayan podido cometerse en la primera operación.

Cada estaca lleva el número de orden señalado en el plano al tubo á que pertenece. Así

se evitan toda clase de dudas y se facilita mucho la aplicación ordenada de los trabajadores.

Algunos indican sobre el terreno, antes de empezar la obra, el trazado de los caños por un surco poco profundo ejecutado con una azada ó un arado fijo. Esta operación preliminar no parece muy útil. No da más indicación que los jalones, y ocasiona, sin provecho alguno, un gasto bastante considerable.

La descripción de la forma de replanteo que acabamos de describir parece bastante complicada. Pero esta faena emplea menos tiempo en hacerse que el que se necesita para explicarla. Cada obrero puede, en algunas horas, preparar el trabajo de extensos terrenos.

De esta manera se hacen los errores enteramente imposibles y se simplifica de tal modo la ejecución de las zanjas y la colocación de los tubos, que se gana en realidad mucho más tiempo durante la ejecución del que ha sido empleado en el estacado ó replanteo minucioso del drenaje.

Después de la terminación de esto, corresponde ocuparse de transportar los tubos al sitio y de abrir las zanjas, operando como vamos á indicar.

ABERTURA DE LAS ZANJAS. Cualquiera que sea la forma de composición y guarnición de un tubo, la abertura de la zanja es la primera operación que se debe emprender. Vamos ante todo á indicar cómo se ejecuta.

Las zanjas de desecamiento que se abren al día para la colocación de tubos de tierra cocida, tienen en general, como ya hemos dicho, de 0^m,90 á 1^m,50 de profundidad, 0^m,30 á 0^m,70 de ancho en su parte superior y solamente 0^m,06 á 0^m,07 en el fondo, cuando se trata de caños secundarios, y 0^m,10 á 0^m,20 para los principales. Forman, pues, unos trapecios de gran altura, ó sea distancia de sus bases paralelas, con respecto al tamaño de éstas.

El ancho de las zanjas no es absoluto; depende en gran parte de la práctica y destreza de los obreros que las ejecutan. Sin embargo, para reducir en cuanto sea posible el cubo de las tierras que se han de levantar por metro corriente y hacer más fácil, regular y sólida la colocación de los tubos, es conveniente reducir este ancho á lo estrictamente necesario y tener mucho cuidado en que los obreros no pasen de las dimensiones prescritas; lo que siempre tienden á hacer hasta que han adquirido la costumbre de esta clase de trabajos. El ancho de la zanja en su parte alta y la inclinación de la escarpa se calculan de modo que el obrero pueda bajar y sostenerse con facilidad á 0^m,60 ó 0^m,80 más arriba del fondo, para alcanzar desde este punto con sus herramientas á la profundidad adoptada.

La abertura de las zanjas estrechas de que se trata no ofrece ninguna dificultad en los terrenos que no contienen cuerpos bastante duros para resistir á los instrumentos ordinarios y bastante compactos, sin embargo, para permanecer sin derrumbarse durante algunos días. Guiándose por los jalones y estacas colocadas como se ha dicho antes, el obrero fija con una cuerda de 20 á 25 metros, que coloca sucesivamente sobre cada arista, el ancho exacto de la zanja que se va á abrir.

Si el suelo está cubierto de musgo, traza el ancho siguiendo la cuerda y cortando el musgo con una pesada pala cortante y en forma de lengua de vaca.

Cuando el suelo está sembrado de un musgo muy espeso ó de numerosas raíces de brezo ú otras, la pala de que acabamos de hablar puede reemplazarse ventajosamente por una especie de hacha análoga á la empleada en los Vosgos para la abertura de acequias de riego.

Finalmente, si la superficie ofrece un terreno de regular resistencia, este trazado preliminar puede ejecutarse con una pala ordinaria. Es siempre útil, pero no indispensable, como en los casos precedentes, y un obrero diestro puede comenzar inmediatamente el cavado de la zanja.

Se debe empezar siempre la abertura de las zanjas del drenaje por su parte inferior, á fin de que las aguas que se puedan encontrar, ó las procedentes de lluvias durante los trabajos, puedan filtrarse constantemente sin molestar ó interrumpir á los trabajadores.

Los instrumentos empleados para cavar las zanjas son sumamente sencillos, pero de una forma particular apropiada á su objeto especial y que varía, así como la manera de obrar con la resistencia y la naturaleza del terreno. El caso más comun es una tierra compacta que se deja trabajar con la pala; lo examinaremos en primer lugar.

HERRAMIENTAS. La naturaleza del suelo que se encuentre, la importancia de las obras que hayan de ejecutarse y los medios de que se disponga, pueden modificar, hasta cierto punto, la organizacion de los obreros. Pero en general, cuando no lo impide ninguna circunstancia particular, se dividen éstos en brigadas de tres hombres. El primero marca la zanja, levanta la capa de tierra vegetal y la deposita sobre uno de los lados de dicha zanja. Este primer levantamiento de tierra se ejecuta con una pala ó con una laya ordinaria, ó bien con una pala larga y estrecha de forma trapecial, segun el ancho de la zanja, que debe ser un múltiplo casi exacto del ancho del instrumento.

Este primer levantamiento de tierra tiene de 0^m.30 á 0^m.40 de profundidad; se ha de tener cuidado de regularizar las paredes laterales de la zanja. El fondo debe presentar tambien bastante regularidad. Si la tierra no se corta en terrones muy regulares, lo que sucede casi siempre en la superficie, es preciso levantar con una pala de hierro ordinaria toda la tierra desmenuzada que ensucia el fondo de esta primera excavacion y que estorbaria para los trabajos siguientes.

El obrero que abre la zanja debe comenzar el trabajo sobre una anchura de 5 á 6 metros solamente. En seguida procede á la limpieza ó igualacion de las paredes laterales, que se reduce á muy poco si está práctico en el manejo de las herramientas, para que el segundo obrero pueda seguirle siempre á muy corta distancia.

El segundo obrero emplea, para profundizar la zanja por segunda vez hasta cerca de 0^m.40 de profundidad, una azada cóncava estrecha y de mano ó mango muy largo, cuyas dimensiones varían segun su fuerza ó el ancho de la zanja.

Este segundo obrero debe, como el primero, regularizar con cuidado las caras laterales de la zanja y no dejar en el fondo ninguna tierra desprendida.

Quando la tierra es de buena consistencia, se rompe bien y presenta bastante tenacidad para ser arrancada en terrones enteros, no queda casi nada que levantar del fondo en esta segunda toma de tierra, y la limpieza se ejecuta sin trabajo con la misma pala cóncava. Pero cuando la tierra se desgrana y se rompe fácilmente y tambien cuando los obreros no tienen una gran práctica en estos trabajos, cae al fondo de la zanja una gran cantidad de materiales que es preciso quitar con una herramienta especial, porque la pala ordinaria no puede obrar sino muy difícilmente en un espacio tan profundo y estrecho como la zanja, durante este segundo período del trabajo. Se emplea con ventaja, para esta limpia, una pala plana, en la inteligencia que este instrumento no ha de servir sino para levantar la tierra desprendida por la pala cóncava y de ningun modo para atacar el suelo. En lugar de la pala plana se sirven muchas veces de la más grande de las palas cóncavas, de la for-

ma indicada, que sirven para la terminacion de la zanja; por lo demas, se debe tratar de imitar el empleo de estos instrumentos, que son tanto ménos necesarios, en igualdad de circunstancias, cuanto más cuidadoso y diestro es el obrero. Son del todo inútiles con buenos obreros en los terrenos gredosos, y no son necesarios sino en los terrenos arenosos ó sin consistencia.

El tercer obrero, con una pala como la primera, pero más estrecha, acaba de profundizar la zanja. Estas diversas palas no se diferencian unas de otras sino por sus dimensiones, que guardan relacion con el ancho de los caños que han de abrirse.

FONDO DE LA ZANJA. Para terminar el fondo de la zanja y darle la regularidad que debe tener, se hace uso de un achicador cuyo ancho es sensiblemente igual al diámetro de los tubos para que se emplea. Este instrumento se maneja desde el borde de la zanja y se adquiere pronto facilidad para manejarlo; es preferible á las palas de dragar, con las que se aprieta, como con una pala ordinaria, en vez de extraer, como se hace con el achicador.

Con lo dicho queda indicada la forma de construccion de los instrumentos que acabamos de describir para que sea necesario insistir sobre este punto. Diremos solamente que cada constructor varía las dimensiones más ó ménos segun el volúmen de los tubos que se van á emplear.

Se ha propuesto algunas veces terminar el fondo de la zanja, golpeándole para regularizarle, con una especie de pison de bronce semi-cilíndrico. Este instrumento es de malos resultados, y no debe ser empleado por buenos operarios.

Se ha supuesto, en lo que precede, que la brigada se compone de tres obreros y que se llega á la profundidad por tres acometimientos del terreno solamente. Esto supone operarios hábiles y robustos y un terreno de buena consistencia. Ordinariamente, las brigadas de tres obreros hacen cuatro alzadas de terreno. El primero traza la tacea y hace la primera alzada. El segundo hace las dos alzadas siguientes, y el tercero la cuarta y el trazado del fondo.

Por lo demas, tan pronto como los trabajadores, por algunos dias de aprendizaje pagados á jornal, hayan podido darse cuenta de la naturaleza de los trabajos, las zanjas deben pagarse siempre á destajo. Ordinariamente los hombres se reúnen por grupos de tres ó de cinco, pero este agrupamiento no es de ningun modo indispensable. Algunas veces se encuentran obreros muy diestros que prefieren estar solos. Otros hacen la zanja entre dos solamente. Se debe, con respecto á esto, dejar en libertad á los obreros en cuanto están á destajo.

Es imposible indicar con antelacion la longitud de la zanja que cada operario puede abrir cada dia, la cual varía segun su habilidad y la naturaleza del suelo.

En las arcillas plásticas fuertes, pero sin piedras, cada obrero puede abrir por dia de 20 á 30 metros de zanja. En ciertos suelos pedregosos, el mejor operario, por dia, no hace más de 4 á 5 metros.

MANEJO DE LAS HERRAMIENTAS. Las palas de drenaje llevan todas una especie de pedal. Este pedal se cala á diferentes alturas sobre el mango de la pala, por medio de una pequeña cuña de hierro y sirve para empujar la pala con el pié, cualquiera que sea la profundidad á que se trabaje y la inclinacion de la lámina con respecto á las caras laterales. Los obreros fijan debajo de sus zapatos, con una cinta que rodea el empeine y el tobillo, una suela de hierro, con la que apoyan sobre el borde de la pala ó sobre el pedal, para introducir

su herramienta; el peso de esta suela es sólo de 225 gramos. Fijan también algunas veces, pero menos comunmente, á la extremidad de su calzado, una pequeña guarnición de hierro, para apoyar contra el instrumento y cortar el borde de las zanjas.

En las tierras arcillosas compactas, cada obrero coloca cerca de sí un cubo ó una artesa llena de agua, donde sumerge su herramienta ántes de introducirla en el suelo. Esta precaución reduce mucho la adherencia del instrumento al suelo.

Los terraplenadores ejercitados adquieren rápidamente la práctica de los instrumentos de drenaje; sin embargo, existen algunas tendencias contra las cuales se debe luchar desde un principio, para impedir que se conviertan en costumbre.

Muchos operarios toman con una mano, como las palas ordinarias, el puño ó agarradera de la pala, y el mango con la otra mano. No debe hacerse así: se debe tener el extremo superior del mango con las dos manos y apoyar en la pala, ó en el pedal, con el pié, hasta que haya llegado á la profundidad deseada; entónces se atraen hácia sí las manos á pequeñas sacudidas, para separar el prisma de tierras, de pues se corre la mano á lo largo del mango para levantar este prisma de tierra y depositarlo al borde de la excavación.

El talud de cada toma de tierra debe estar dirigido en la misma dirección del de la toma precedente, á fin de que las paredes de la zanja presenten planos regularmente inclinados desde la superficie hasta el fondo. Esta es quizá la parte de todo el trabajo que requiere más práctica y destreza.

Los trabajadores que empiezan tienden siempre á dar á las caras de las zanjas una dirección vertical y hasta reentrante; después, llegados al fondo con una anchura demasiado grande, abren, con una retirada brusca, el emplazamiento del tubo. Así se arranca un volumen de tierra demasiado considerable, y lo que es más grave, el lecho del caño no está jamás en línea recta.

El empleo de la azada indicada más arriba para regularizar el fondo de las zanjas, exige operarios diestros y cuidadosos. La operación es bastante larga, y por consiguiente, bastante costosa. Un hábil contratista francés de desecamientos, Mr. Mare, ha buscado el medio de hacer esta parte de la operación más perfecta y económica.

APARATO DE MARE. El aparato imaginado por Mr. Mare se compone de una barra de hierro más gruesa que ancha, de unos 3 metros de longitud y 0^m.10 de ancho, sobre 0^m.01 de grueso, provista cerca de sus extremidades de dos planchas de acero de forma semi-cilíndrica, del diámetro de los tubos que se emplean, cortadas en bisel y ligeramente inclinadas en sentido de la barra. En la parte anterior de esta barra se fija, por medio de una charnela de hierro, una palanca angular, cuya extremidad lleva una clavija y un cabo de cadena para recibir la barra de tiro sobre la que se ejerce la tracción. El operario que conduce la máquina la dirige y regula su acción asiendo con una mano la extremidad de la palanca angular, y con la otra la empuñadura, que se fija á la altura conveniente con un tornillo de presión sobre una varilla soldada á la extremidad posterior de la gran barra.

El uso de este instrumento es muy sencillo. Dos, tres ó cuatro hombres, según la resistencia del terreno, tiran andando, de cada lado de la zanja, de una larga pértiga pasada por el anillo de tiro, en tanto que el oficial, apretando más ó menos sobre la empuñadura y sobre la palanca, regula la introducción de las pequeñas rejas de arado que lleva cerca de sus extremos. El instrumento funciona de este modo en el fondo de la zanja como una larga y estrecha garlopa de carpintero, y labra el fondo, dánfole exactamente la forma regular y semi-cilíndrica de los tubos que se deben colocar.

Dos ó tres pasadas, lo más, del instrumento, bastan para trazar el fondo de una zanja abierta en una tierra arcillosa de buena consistencia. Obreros armados de achicadores quitan los fragmentos de tierra desprendidos por el paso de la máquina.

El aparato imaginado por Mr. Mare funciona perfectamente en las arcillas más duras. Aun puede obrar cuando el suelo encierra alguna grava; pero es evidente que no podría emplearse en tierras mezcladas de piedras voluminosas ó en un suelo empapado por las lluvias ó los manantiales. Sería preciso, en estas circunstancias difíciles y por fortuna excepcionales, renunciar á su empleo y recurrir al de los instrumentos comunes.

En condiciones ordinarias, una brigada compuesta de un oficial para conducir la máquina, tres hombres para tirar de ella y dos para separar las tierras desprendidas, puede trazar fácilmente por día 2.000 metros de zanjas.

El trabajo queda mucho mejor hecho que con los procedimientos ordinarios; el costo, para esta parte de la operación, se reduce á la mitad de los precios habituales, y la colocación de los tubos se hace más fácil y más perfecta.

TERRENOS EXCEPCIONALES. Todo lo que antecede se aplica á la abertura de zanjas en un suelo que se deja romper con la pala; los detalles en que hemos entrado permitirán abreviar mucho lo que queda que decir de los demás terrenos.

Si el terreno es cenagoso ó demasiado duro para poderlo cortar con la pala, sea en toda la profundidad del canal ó sobre una parte de ésta, y si, no obstante, no necesita todavía el empleo del pico, se emplea una pala fuerte, estrecha; esta pala disgrega el suelo, pero rara vez lo levanta en prismas bien definidos. La limpieza, con la pala ó con la draga para cada levantada de tierra, es entónces mucho más importante que en el caso precedente.

En fin, cuando el terreno resiste á la pala, se emplea la piocha ó el pico, ó bien un pico con pedal: cada operario va seguido entónces de otro armado de una pala, que quita las tierras movidas por el primer instrumento. En este caso, que dichosamente se presenta muy rara vez, es preciso dar á las zanjas mucha más anchura que la que hemos indicado, puesto que los obreros han de poder trabajar con comodidad en toda su profundidad.

En los terrenos difíciles de que se trata se encuentran alguna vez piedras voluminosas que no se pueden quitar sino ensanchando suficientemente la zanja. Cuando el obstáculo es demasiado voluminoso para poderlo quitar así, se hace necesario rodearlo, elevando la zanja. Estas circunstancias se presentan frecuentemente en ciertos terrenos de canteras de piedras de molino, que tienen, sin embargo, gran necesidad de desecamientos.

Otra clase de terrenos que se encuentra frecuentemente y que presenta grandes dificultades, y hasta peligros, son los suelos movedizos, que no pueden mantenerse bajo la inclinación de los taludes de las zanjas. En este caso, es necesario sostener los taludes con fuertes tablas longitudinales mantenidas por puntales, formando estribos. Si el terreno es muy fluido, se coloca también paja ó faginas entre el suelo y las tablas.

Con estas precauciones y colocando los tubos inmediatamente después de la perforación de la zanja, se pueden atravesar sin dificultad terrenos muy movibles. Sin embargo, conviene recurrir en estas circunstancias á la experiencia de constructores de profesión, y no emplear sino excelentes operarios, porque la más ligera falta no entraña precisamente un aumento considerable de gastos, sino que puede comprometer quizás la seguridad de los trabajadores. Los terrenos en que son necesarias estas precauciones se encuentran muy raramente, por lo que es inútil que nos detengamos en ellas más tiempo.

La tierra que se ha de volver á situar en la parte superior de las zanjas, después de