

vuelta á llenar, debe colocarse al lado opuesto al en que se echan las demas tierras. En general, esta tierra es la primera; es vegetal y es preciso guardarse bien de echarla al fondo del canal. Es inútil añadir que se escoge para el lado en que se hace este depósito, aquel en que el operario arroja con ménos facilidad, á fin de reservar el que tiene más á la mano para el depósito de la masa más considerable.

**RECTIFICACION DE LAS PENDIENTES.** Cualquiera que sea, por otra parte, la naturaleza del terreno atravesado y la marcha seguida para abrir una zanja, la parte de la obra que exige más cuidado y atencion consiste en regular perfectamente la pendiente de su fondo. Es preciso explicar ahora con detalles cómo obtienen los operarios este resultado y cómo se aseguran de que esta condicion *esencial* de buen éxito se ha llenado completamente.

Ciertos trabajadores pretenden asegurarse que el fondo de la zanja presenta una pendiente regular, vertiendo en él un poco de agua y probando que corre sin hallar obstáculos. Otros, más confiados todavía, afirman que distinguen con la sola inspeccion, las más ligeras ondulaciones. Semejantes métodos de comprobacion deben desterrarse de todo trabajo bien dirigido.

Se recordará que las cabezas de las estacas que sirven para el trazado de los caños están todas á la misma altura sobre el fondo de las zanjas, y que dichas estacas están colocadas á 50 metros próximamente unas de otras. Es, pues, muy fácil, valiéndose de tres miras de solador, ó simplemente amojonando las cabezas de las dos estacas últimas, introducir en medio del intervalo que separa dos estacas consecutivas, una pequeña, provisional, cuya parte superior esté próximamente sobre la línea recta que pasa por las cabezas de estas dos estacas. Es claro entonces que tendiendo una cuerda muy tirante entre las cabezas de estas tres estacas, será paralela y á una altura conocida sobre el fondo de la zanja que se trata de abrir. Bastará para fijar en cada punto la profundidad del fondo de esta zanja apoyar sobre la cuerda el brazo pequeño de una cruz de madera ligera, cuyo brazo mayor tendrá la distancia que debe existir entre el fondo de la zanja y la misma cuerda. Se procede algunas veces de esta manera, pero el empleo de la cruz de madera ó de la escuadra graduada, que puede reemplazarla, y la colocacion de la cuerda á cierta distancia del borde de la zanja, en la que pueden encontrarse algunas veces depósitos de tierras desprendidas, hacen mucho más cómodo este procedimiento, que se simplifica en la práctica de la manera siguiente.

**MÉTODO PRÁCTICO.** Se hace entrar horizontalmente en la cara casi vertical de la zanja (fig. 9), á la derecha de las estacas *a a* previamente colocadas y de que ántes hemos hablado, á 0<sup>m</sup>.40, por ejemplo, debajo de su cabeza, pequeñas estacas provisionales *b b*. Si la distancia de las estacas *a a* excede de 20 á 25 metros, se coloca una tercera estaca provisional *b* entre las estacas *b b* y en la misma línea; en fin, se tiende una cuerda sobre estas tres estacas *bbb* á algunos centímetros delante de la cara del terreno. Esta cuerda es paralela al fondo de la zanja, y entonces basta tener en la mano una varilla de una longitud igual á la que debe existir entre la línea *b b b* y el fondo *d d* de la zanja para conocer el punto que es preciso profundizar, ó bien rellenar, si por torpeza se han cavado demasiado algunas partes de la zanja.

Inmediatamente despues de la abertura de la zanja y ántes de comenzar la colocacion de los tubos, el capataz debe comprobar cuidadosamente las dimensiones de estas zanjas. Esto se consigue fácilmente, ensayando introducir en ella una pequeña plantilla formada con tres reglas sólidamente fijadas unas á otras. Se deben hacer tantas plantillas cuantos ti-

pos haya de secciones de zanjas. Algunas veces basta una sola plantilla formada de piezas movibles, pero este instrumento, muy fácil de estropearse, no ofrece bastante seguridad. Las zanjas deben presentar una forma regular, de paredes bien trazadas, y fondo perfectamente unido. Se debe ser en esto severo como en los aumentos de anchura y en las disminuciones y jibas de los taludes; el perfil adoptado debe seguirse escrupulosamente. Interiniendo desde el principio en la perfecta ejecucion de las zanjas, los obreros adquieren muy pronto práctica, y el trabajo gana á la vez en prontitud y en perfeccion.

La uniformidad de las pendientes del fondo de las zanjas es más importante aún que la regularidad de su perfil trasversal, y debe ser objeto de un exámen minucioso por métodos diferentes que se comprueben mutuamente.

Cuando se emplean cuerdas, como hemos explicado, es desde luego mucho más fácil asegurarse de que la profundidad de la zanja por debajo de la cuerda-directora es bien constante. Pero para tener una comprobacion más completa y asegurarse de que el cordon mismo está bien colocado, es necesario servirse de tres miras iguales á las de los soladores; pero que tienen cerca de 1<sup>m</sup>.8 á 2 metros de altura, y son estacas terminadas por arriba cada una en un tarugo con borde recto.

Se colocan dos de estas miras á la derecha de las dos estacas de señal, asegurándose que su pié está á la profundidad deseada bajo la cabeza de esta estaca; despues, colocándose detrás de la mira primera y viendo si la visual coincide con la segunda, se hace colocar la tercera en diferentes puntos de la zanja, asegurándose que en estas diferentes posiciones la línea visual de las dos primeras pasa exactamente siempre por lo alto de la tercera.

Para colocar el pié de las dos miras extremas á la profundidad que se desee sobre las cabezas de las estacas de señal, se pueden emplear bastantes medios fáciles de comprender. Uno de los más sencillos consiste en poner sobre la estaca, colocándola perpendicularmente á la zanja, una gran escuadra de albañil y asegurarse que la parte superior de su regla encuentra el pié de la mira en que se le apoya, estando el hilo marcador precisamente contra una marca hecha antes á una distancia del pié igual á la altura adoptada para la colocacion de las cabezas de las estacas sobre el fondo de las zanjas.

Se ha tratado de construir máquinas para abrir las zanjas de saneamiento y reemplazar el trabajo manual que se acaba de describir. Hasta ahora, ninguno de esos aparatos ha dado buenos resultados prácticos. El más perfecto é ingenioso de los arados de drenaje, el de Fowler, no parece haber llenado tampoco el objeto deseado. El órgano esencial de esta máquina es un cono de metal, fijo en la extremidad de una reja de arado que abre en el suelo, á la profundidad deseada, un canal cilíndrico donde se colocan despues los tubos. Aun admitiendo que el trabajo pueda hacerse más económicamente en estas condiciones, preferiríamos el trabajo manual que no comprime la tierra, la expone al aire y la prepara, por el contrario, para el resquebrajamiento, tan favorable al drenaje.

**FORMAS DE LOS TUBOS.** Los tubos de saneamiento casi exclusivamente empleados hoy son de tierra cocida. Son cilíndricos; su longitud varía de 0<sup>m</sup>.30 á 0<sup>m</sup>.40 y su diámetro de 0<sup>m</sup>.03 á 0<sup>m</sup>.30, segun el volúmen de agua que han de conducir; su espesor es de 0<sup>m</sup>.01 próximamente en los más pequeños. El millar de tubos de 0<sup>m</sup>.030 á 0<sup>m</sup>.035 de diámetro interior pesa de 750 á 950 kilogramos. Los tubos deben ser bien rectos y perfectamente cilíndricos. Los de buena calidad son sonoros y resisten al hielo y á la humedad.

Se enlazan generalmente las extremidades contiguas de dos tubos consecutivos con collares de tierra cocida también de 0<sup>m</sup>.07 á 0<sup>m</sup>.10 de longitud, y cuyo diámetro es tal, que

el tubo entre fácilmente en el collar. Los collares ofrecen numerosas ventajas y disminuyen mucho los casos de trabajo mal ejecutado para las labores que el propietario no puede vigilar por sí mismo con la más escrupulosa asiduidad.

Para unir dos líneas de tubos se introduce la extremidad del más pequeño en una abertura circular practicada en el más grueso.

Mientras que se abren las zanjas se hacen llevar los tubos y se colocan sobre el borde del terraplen, de manera que el operario pueda tomarlos con facilidad.

La colocación de los tubos exige mucho cuidado; debe confiarse á un obrero ejercitado y vigilarse constantemente por el director del trabajo.

Cuando se emplean collares, los tubos se enganchan con ellos y están así sostenidos á continuación unos de otros. Se meten los tubos en sus collares en el fondo de la zanja y se colocan en medio de piedras pequeñas ó tierra desmenuzada, cuidadosamente puesta y algo apisonada, sobre la que se echa enseguida la tierra extraída de la zanja y colocada en sus orillas.

Cuando no se emplean collares se ponen los tubos extremo con extremo tan exactamente como sea posible, sujetándolos en sus puntos de union por medio de algunos pedazos de tubos rotos ó tejas, por debajo de las cuales se aprieta fuertemente una pellada de tierra arcillosa tan grande como se pueda, sin emplear jamás paja ni otras materias orgánicas, y se acaba de llenar como en el primer caso. Este sistema de colocación es más delicado que el primero, necesita más tiempo y habilidad y no ofrece jamás las garantías de una ejecución perfecta.

Sin embargo, la dificultad de procurarse manguitos, ó sea los tubos más anchos que hacen el papel de collares, su precio, el cuidado mayor que necesita el comienzo de llenar la zanja para evitar que los tubos se apoyen sobre los manguitos y no sobre el suelo, han decidido á muchas personas en Francia y en Inglaterra á renunciar al empleo de manguitos en los terrenos ordinarios y reservarlos para las tierras fangosas y empapadas por las aguas, en las que nada puede reemplazarlos completamente.

Cuando se coloca sin manguitos es necesario que las extremidades de los tubos estén perfectamente trazadas y puedan aplicarse exactamente unas con otras. Algunas veces se toma la precaución, respecto á esto, hasta de hacer torner mecánicamente los extremos de los tubos despues de cocidos. Se comprende que las juntas formadas por la union exacta de los tubos así preparados no dejan nada que desear y que basta cubrirlos de algunos tejidos y de una pellada de arcilla bien apretada para obtener resultados satisfactorios.

**COLOCACION DE LOS TUBOS.** Para depositar en el fondo de zanjas estrechas y profundas los tubos de tierra y sus collares, se emplea un instrumento llamado *brocha*, que es un ángulo recto de hierro, por un lado delgado y por otro más grueso y hueco, por el cual va unido á un largo mango de madera.

El operario le tiene por el mango de madera, é introduce en el tubo el lado delgado colocado á su extremidad; levanta de este modo el tubo y le deposita en el sitio que debe ocupar. La cosa está dispuesta de manera que se mantienen el tubo y el collar en la posición relativa que deben ocupar. Es, pues, fácil introducir la extremidad libre del tubo en el collar que la precede, ya dispuesto de la misma manera en el fondo de la zanja.

Cuando se colocan los tubos sin collar, se emplea una brocha que no difiere de la precedente más que por la ausencia del reborde que lleva la otra para sujetar el collar.

Cualquiera que sea la brocha empleada, el operario se coloca sobre el borde de la zan-

ja, ó bien, si es demasiado estrecha, con un pié en cada orilla. Imprimiendo á la brocha provista de su tubo una série de pequeñas sacudidas, se da á este tubo cierto movimiento de rotación, que permite hallar la posición en que su asiento y su contacto con el tubo precedente estarán mejor dispuestos. El operario retira entonces la brocha, golpea ligeramente sobre el tubo con el instrumento para sentarlo bien, y despues toma otro tubo que coloca como el anterior.

Los tubos muy grandes se colocan á mano en el fondo de la zanja que debe recibirlos, bastante ancha para que pueda entrar el obrero. Se deben colocar con mucho cuidado, establecer lo más completamente que se pueda el contacto de sus extremidades, calarlos fuertemente en la zanja para que no se desarreglen durante la operación de llenar las zanjas, y finalmente poner sobre las juntas algunos tejidos recubiertos de una fuerte pella de arcilla muy amasada y apretada con mucho cuidado.

Cuando no hay tubos bastante grandes para el volúmen de agua que se va á gastar se colocan dos del mismo tamaño, uno al lado de otro, y tambien, en caso necesario, se superpone un tercero sobre los otros dos. Se colocarán de manera que las juntas de las diferentes líneas de tubos no concuerden unas con otras.

Antes de proceder al llenado de las zanjas, y tambien cuando se trata de tubos sin manguitos en el cubrimiento de sus juntas, el capataz debe comprobar exactamente la posición, asegurarse de que todos los tubos están en contacto por sus extremidades y que forman una línea recta perfectamente continua. Para conseguir este objeto conviene compulsar todavía la pendiente con niveles, cuyo uso es más seguro y rápido que el de otro ningun medio, cuando se ha seguido la marcha sistemática que hemos indicado, empleando un plano nivelado y estacas de señal bastante numerosas y colocadas con todo esmero.

Cuando faltan manguitos ó tubos cortados para las uniones, preparados en la fábrica, se pueden cortar los tubos con un pequeño martillo formado por una punta aguda de un lado y una pequeña hachuela del otro, como hacen los soladores con los medios ladrillos y á veces con pedazos menores.

Se ha visto que ha sido preciso abrir las zanjas yendo de aguas abajo á arriba y comenzando por los tubos maestros. Este procedimiento no es aplicable á la colocación de los tubos. Si el tiempo es bueno y el terreno seco, se puede, es cierto, sin inconveniente, comenzar la colocación y llenado por lo más bajo de las zanjas. Sin embargo, si sobreviene la lluvia ántes de la completa terminación del trabajo, es necesario tapar con mucho cuidado la entrada de las líneas de tubos para que no se llenen de aguas turbias. Es, pues, preferible empezar la colocación por lo alto de las zanjas; es tambien indispensable obrar así en los terrenos mojados ó empapados.

Si el fondo de la zanja está encharcado y lleno de barro es necesario barrerlo aguas abajo ántes de colocar cada tubo, á fin de que esté siempre sobre un suelo sano y duro y no pueda llenarse de materias fangosas.

En los terrenos muy mojados es preciso dejar algunos dias de intervalo entre la penúltima y la última operación de quitar la tierra, para dar tiempo al suelo de enjugarse un poco y no hacer la última sino en el momento mismo de la colocación, para no dejar que el agua deshaga el fondo de la zanja.

En todos casos, el último tubo de arriba de cada zanja debe estar tapado con una piedra recubierta de arcilla grasa, para impedir la introducción en el tubo de tierras disueltas por el agua.

La colocacion de los tubos no se debe confiar sino á operarios de confianza, pagados á jornal y muy bien retribuidos.

**RELLENO DE LAS ZANJAS.** Cuando la colocacion de los tubos se ha examinado por el capataz, se debe proceder sin dilacion al relleno de las zanjás. Las filas de tubos no deben quedar descubiertas nunca, porque una ondulacion y tambien la mala intencion podrian hacer perder el fruto de un trabajo difícil.

Se empieza por colocar inmediatamente sobre los tubos la tierra más arcillosa extraida de la zanja, se desmenuza cuidadosamente y se echa con precaucion, con la pala, sobre los tubos, en capas de 0<sup>m</sup>.20 á 0<sup>m</sup>.30 de espesor. Esta primera capa se debe pisar *con la más escrupulosa atencion* ó apisonarla con un pequeño pison de madera, si la zanja es demasiado estrecha para que un hombre pueda andar por ella.

Si se opera en un suelo en que las obstrucciones ferruginosas sean de temer, el apretamiento de esta primera capa de terraplen debe ser todavía más minucioso que en los casos ordinarios: se vuelve sobre ella dos ó tres veces, con algunas horas de intervalo, *humedeciendo* el terreno si fuera preciso.

Se hace caer entonces en la zanja, con una pala ordinaria ó con una especie de horquilla de mango largo, de dos ó tres dientes, una nueva porcion de tierra, se tiene cuidado de romper los terrones y se aprieta fuertemente esta nueva capa de tierra, pisándola ó apisonándola.

Si el tiempo es bueno, es muy útil suspender, despues del empleo de esta segunda capa, el relleno de las zanjás, y dejar que la accion del aire se ejerza sobre las paredes de las mismas.

Se acaba de llenar la zanja por capas de 0<sup>m</sup>.20 á 0<sup>m</sup>.30 de espesor, siempre bien apretadas, volviendo á colocar en la superficie la tierra vegetal separada con este objeto.

El apretamiento de las capas sucesivas de terraplen es una precaucion sobre la que se debe insistir tanto más, cuanto que es la que con más frecuencia se descuida, y que esta negligencia produce accidentes sérios en el drenaje.

Por mucho cuidado que se tenga en apretar las capas sucesivas para el relleno de la zanja, queda casi siempre un exceso de tierra que diseña en relieve la posicion de los tubos. El paso del arado en las tierras labradas lo hace desaparecer bien pronto.

El apisonado de la tierra de las zanjás en las praderas, sobre todo cuando deben ser regadas, debe ser todavía más minucioso que en las tierras de labor. Se llevan cuidadosamente los trozos de césped sobre el terraplen, golpeándolos bien para hacerlos brotar, de modo que no presenten sino un ligero relieve, que desaparece ordinariamente por completo al cabo de un invierno.

Se ha propuesto muchas veces llenar las zanjás echando la tierra con un arado ó con diversos instrumentos tirados por caballos. Estos medios no producen un trabajo tan perfecto como el terraplenado á brazo, y no parecen realizar hasta ahora una economía capaz de compensar los inconvenientes que presentan.

El relleno de las zanjás se hace con frecuencia á destajo. Conviene, sin embargo, hacer á jornal la primera capa de terraplen; es una precaucion que debe tomarse en todas las operaciones bien dirigidas.

**CAÑOS CON TEJAS.** Los caños con tubos de tierra cocida son casi exclusivamente empleados hoy; sin embargo, conviene mencionar aquí otros dos sistemas de zanjás que quizás sea preciso emplear en ciertas circunstancias particulares.

El empleo de tejas cóncavas puestas en el fondo de la zanja de drenaje era ya un verdadero perfeccionamiento sobre los métodos anteriores, pero los tubos de una sola pieza reemplazan con ventaja estas piezas separadas y mucho más frágiles.

Las zanjás destinadas á recibir conductos de tejas curvas no se diferencian, en cuanto á la profundidad, de las que deben ser provistas de tubos. Solamente su ancho en el fondo debe ser muy poco más considerable, para que la teja plana entre en ellas libremente. La superficie del fondo de la zanja debe ser además plana, á fin de colocar allí una *teja plana*, que toma completamente en él su asiento.

La longitud de las tejas planas es algunas veces igual á la de las curvas, pero es preferible que estas últimas no tengan más del tercio de la longitud de aquéllas, con objeto de que cada teja plana lleve dos tejas enteras. En todos casos, se disponen las tejas ordinarias y las planas con las juntas contrapeadas.

Cuando las tejas planas se han colocado detenidamente y puesto en contacto entre sí y el terreno, se colocan las tejas curvas. Se las recubre de tierra arcillosa bien apisonada, como para los tubos, evitando con mucho cuidado el empleo de paja ú otras materias orgánicas sujetas á destruccion con el tiempo.

Los caños principales se forman con tejas de grandes dimensiones ó por medio de la reunion de dos ó tres tejas curvas colocadas unas junto á otras.

**CAÑOS CON PIEDRA.** Las canales de piedra están formadas de materiales pequeños echados á granel en el fondo de la zanja, ó bien se componen de verdaderas cuevas subterráneas, más ó ménos artísticamente construidas para utilizar las piedras de que se dispone. Esta última forma de construccion no es conveniente más que á los canales principales que forman acueductos. Seria por otra parte inútil insistir acerca de estas pequeñas obras, cuyo empleo es al presente muy raro.

Los caños llenos de piedras pequeñas echadas al azar, que podríamos llamar *caños de piedra perdida*, han sido muy recomendados por el célebre Smeath de Deanston, y son las descritas por Columela. Formaban la base de sus procedimientos de drenaje y han sido empleados en muy considerable escala por sus numerosos imitadores.

Los caños de esta especie han prestado inmensos servicios, y todavía debén ser preferidos hoy en ciertas circunstancias particulares, suficientemente indicadas por la forma misma de su construccion. Conviene, pues, estudiar con cuidado todos los detalles de su establecimiento.

Las zanjás que deben llenarse de piedras partidas, de guijo grueso ó de pequeños guijarros, tienen cerca de 0<sup>m</sup>.18 de ancho en el fondo, y 0<sup>m</sup>.23 de ancho á 0<sup>m</sup>.38 de altura sobre este fondo, límite en que se detiene la capa de piedras. La profundidad de la zanja, en igualdad de circunstancias, debe ser un poco mayor que la necesaria para los caños con tubos. La ejecucion de estas zanjás no presenta, por otra parte, ninguna particularidad notable.

Cuando es fácil procurarse guijarros á propósito ó piedrecillas de un grueso conveniente, deben preferirse estos materiales. En lugar de guijarros de esta clase, se emplean piedras perfectamente limpias de tierra y partidas de manera que las más grandes puedan pasar por un anillo de 0<sup>m</sup>.076 de diámetro. Siendo más grandes, podrian caer al fondo de la zanja y formar, de sitio en sitio, verdaderos obstáculos. Los materiales pequeños, por el contrario, llenan más igualmente el sitio, sostienen mejor las paredes de la zanja y se oponen más eficazmente á los destrozos de los topos y de las ratas de agua.