

Los pequeños tubos deben llenar siempre esta condicion. Como se ha hecho ya observar, el fondo de las zanjas no es paralelo á las ondulaciones de la superficie del suelo; presenta una série de líneas rectas trazadas entre los puntos en que se hallan, si los hay, los cambios de pendiente.

Sucede algunas veces que es difícil, y hasta imposible, en un drenaje de alguna extension, distribuir segun esta ley las pendientes principales. En efecto, las pendientes se hallan muchas veces reducidas, acercándose al thalweg principal donde los tubos deben descargar sus aguas. En este caso es preciso colocar una mira de gran dimension en el punto en que comienzan las reducciones de pendiente; esta mira forma una especie de depósito regulador, en donde se depositarian las materias arrastradas. Se comprende bien por otra parte, que el diámetro de los tubos debe aumentar para el mismo volúmen de agua, cuando la pendiente disminuye, sobre todo si se ha llegado cerca del limite del diámetro necesario al gasto del volúmen de agua que se ha de desalojar.

Cuando el terreno es horizontal ó ménos inclinado que la pendiente necesaria para los tubos, y tambien si presenta una pendiente inversa, lo que sucede algunas veces, de la que deben forzosamente tener los tubos para asegurar el desagüe, se da á las zanjas una profundidad variable, yendo en disminucion de su extremidad inferior á la superior. Este mismo procedimiento puede emplearse para aumentar la pendiente de los colectores. Sin embargo, se comprende que los recursos que puede producir este medio son bastante limitados, á causa de los estrechos límites á que tienen que ceñirse las profundidades admisibles. Conviene no recurrir á estos medios excepcionales sino muy rara vez, puesto que debe pedirse al estudio muy detenido del relieve del suelo, facilitado por el plano nivelado, la mejor solucion del problema de la distribucion de las pendientes de los tubos.

SEPARACION DE LOS CAÑOS. La separacion de los tubos, lo mismo que su profundidad, depende de una infinidad de circunstancias locales, que es preciso estudiar cuidadosamente ántes de tomar un partido.

Entre estas circunstancias, una de las más importantes es la naturaleza del subsuelo. Cuando éste es poroso ó reposa sobre una capa permeable de la que los tubos podrian extraer las aguas, las zanjas pueden estar más separadas y ser más profundas. En el caso contrario conviene acercarlas mucho.

La porosidad del suelo, ántes del drenaje, no es la sola que debe considerarse; ciertos suelos se resquebrajan fácilmente con los trabajos, y adquieren una porosidad artificial que puede reemplazar la porosidad natural.

El clima ejerce tambien mucha influencia en los resultados de una operacion de drenaje. El resquebrajamiento del suelo, que le da la porosidad artificial que necesita, es tanto más pronunciado y se extiende tanto más léjos, en igualdad de circunstancias, cuanto la temperatura es más elevada y el tiempo es más seco. Los efectos de un estío sobre un suelo saneado, serán mucho más sensible en el Mediodía que en el Norte.

Las clases de suelos sobre las que obra quizá ménos el drenaje, son ciertas arcillas mezcladas con cantos rodados. Estas no experimentan esa contraccion particular que da á las arcillas ordinarias su porosidad artificial, y son á veces tan impermeables, que se las encuentra secas á algunos centímetros de profundidad cuando la superficie está completamente mojada. Una cava profunda debe acompañar siempre al drenaje en los suelos de esta naturaleza.

El resquebrajamiento de las masas arcillosas tiene lugar progresivamente, alejándose

del caño por el gasto sucesivo del agua y el desecamiento progresivo de la masa. La presencia de un manantial ó de una capa acuosa que mantiene el terreno, cerca del tubo, en un estado permanente de humedad, se opone por completo á esta accion y paraliza de este modo todo el efecto que se podia esperar de la ejecucion de los trabajos.

Se ve, por lo que antecede, lo difícil que sería dar reglas por escrito, respecto á la separacion más conveniente de los tubos.

La costumbre de conocer los terrenos permite únicamente determinarla rápidamente y casi á primera vista, observando las zanjas de ensayo. Nos limitaremos, pues, á indicar que la separacion de las zanjas de 1^{m.},20 de profundidad, varia de 7 á 25 metros. Es raro llegar á este límite extremo. Pocos suelos, en efecto, resisten á un drenaje en el que la separacion de los caños es de 9 metros. Por otra parte, á ménos que no se trate de terrenos extremadamente porosos y en los que los manantiales son la causa principal de la humedad, es raro que el saneamiento sea completo cuando la distancia de los caños exceda de 16 á 20 metros. Una separacion de 10 á 12 metros es conveniente para todas las tierras fuertes y homogéneas.

EJEMPLOS. Hé aquí, por lo demas, cómo se debe proceder para determinar experimentalmente la distancia de los caños en un terreno dado, cuando se tiene tiempo bastante y no se posee suficiente experiencia de los terrenos.

Se abre una zanja á la profundidad que se quiere dar al drenaje; para que esta zanja de ensayo no se pierda, se la dirige de manera que pueda formar parte luego del drenaje que se va á verificar, y se la prolonga bastante para que el agua pueda correr. Hecho esto, se cava en el terreno á derecha é izquierda de esta zanja, una série de agujeros de 0^{m.},050 de lado próximamente y de la misma profundidad que la zanja. Estos agujeros se disponen en forma de tablero, de manera que sus distancias, sean por ejemplo, de 2, 4, 6, 8..., 12, 14, metros. La distancia de unos á otros debe exceder de la mitad de la mayor separacion probable de las zanjas, ó sean 10 á 12 metros, para que no puedan influir unos sobre otros. Se cubren estos agujeros de ramajes y esteras para que la evaporacion no sea excesiva. Si el terreno no está bastante impregnado de agua para que los agujeros ú hoyos se llenen naturalmente, se esperan las lluvias. Entonces comienzan las observaciones que es necesario prolongar muchos dias seguidos y repetir en dos ó tres épocas del año.

Se anota cada dia, por mañana y tarde, el nivel del agua en los agujeros, y no se tarda en reconocer que baja tanto más y con mayor rapidez en cada hoyo, conforme éste se halla más cerca de la zanja, hasta la distancia en que ésta no hace sentir su accion y en la que el nivel del agua es el mismo en dos hoyos contiguos. Cuando el nivel del agua parece estacionario, ó por lo ménos cuando varia sensiblemente la misma cantidad de una observacion á otra, en todos los hoyos á la vez, se anota la distancia de la zanja al último hoyo en que el nivel es bastante más bajo que el del líquido en el hoyo siguiente, y el doble de esta distancia da la separacion de los caños.

Se comprende que es absolutamente preciso que el suelo esté completamente impregnado de agua para que este experimento sea concluyente. Conviene tambien repetirlo, porque sucede muchas veces que el segundo ensayo indica una separacion mayor que la obtenida en la primera observacion.

La disposicion de los hoyos en tablero es indispensable. Si se dispusiesen en una misma línea perpendicular á la zanja, obrarian unos sobre otros. Por último, son preferibles los hoyos hechos con pala ó azadon, á los hoyos de sonda guarnecidos de tubos de tierra,

tal vez más fáciles de hacer, pero cuya ejecución modifica siempre la consistencia del suelo cerca de su superficie, lo bastante para alterar los resultados y no dejar á la observación de las aguas pluviales ningún carácter de certeza.

Observaremos aún que es indispensable reducir la separación de los caños cuando es preciso disminuir su profundidad. Estas dos cantidades son casi proporcionales en igualdad de circunstancias.

Una observación última y muy importante para los propietarios amigos de dirigir por sí mismos sus trabajos, debe tener lugar aquí respecto de la reparación de las zanjás.

Ciertos suelos se modifican tan profundamente por el drenaje, que adquieren una porosidad muy superior á la indicada por los ensayos anteriormente descritos. Es, pues, prudente, cuando se opera sobre un suelo que no se conoce bien, dar á los pequeños tubos una separación doble precisamente de la que se crea conveniente; si al cabo de uno ó dos años el saneamiento no ha sido suficiente, se completa el trabajo intercalando un nuevo caño en medio del intervalo de las líneas antiguas. Sin haber aumentado el gasto se ha tenido la probabilidad de reducirlo mucho, en el caso en que el terreno se hubiera saneado bastante con el trabajo primitivo. Otro tanto diremos de los tubos de circunvalación. Cuando es posible se abren primero, y se deja para dentro de uno ó dos años el resto del trabajo. El efecto de esto es algunas veces tan grande, que basta para asegurar el saneamiento de la totalidad, ó de una parte de la pieza que protegen contra el exceso de humedad.

SANEAMIENTO DE LOS MANANTIALES El agua excesiva que existe en un terreno puede tener dos causas distintas; proviene de la lluvia que cae sobre la superficie del terreno ó bien de los manantiales del fondo, que pueden existir en él.

Los párrafos precedentes se aplican á las tierras en que el agua manantial no desempeña sino un papel secundario; más bien que á las en que dominan las aguas de esta naturaleza. Nos quedan que decir algunas palabras acerca de este último caso, mucho más frecuente que el primero, pero mucho más importante para el drenaje, porque ofrece el modo de aplicar todos los recursos de su arte y obtener muchas veces resultados verdaderamente extraordinarios.

Los manantiales, como es sabido, deben su origen á ciertas disposiciones de la corteza terrestre, que permiten al agua caída sobre suelos porosos filtrarse á través de las hendiduras naturales del terreno y volver á aparecer después á mayor ó menor distancia de su punto de partida. Las disposiciones relativas á las capas permeables é impermeables que dan origen á los manantiales y á los terrenos húmedos ó pantanosos que producen, varían hasta lo infinito. Solamente por medio de una observación muy detenida de esta clase de fenómenos es como puede llegarse á la determinación de los procedimientos de saneamiento más apropiados á cada caso particular. Sería imposible establecer reglas generales y absolutas respecto á los métodos que deben adoptarse para combatir los efectos perjudiciales de las aguas manantiales.

Pero sucede en otras circunstancias que la capa impermeable, sobre la que se extiende la capa acuosa que se quiere sanear, descansa sobre una capa absorbente. Basta entonces perforar la corteza impermeable para dejar á las aguas superiores perderse *descendiendo* en la capa absorbente. Se pueden obtener buenos resultados operando de este modo; pero el éxito es siempre dudoso, y la capa absorbente se destruye muchas veces con el tiempo. Es, pues, preferible, cuando se puede, hacer remontar las aguas para dirigirlas á placer á los canales de saneamiento.

En todo caso para sanear los terrenos llenos de manantiales nos vemos obligados á establecer una comunicación entre los caños y las partes permeables del suelo. Estas comunicaciones pueden establecerse de distintas maneras. Cuando la profundidad de la capa permeable debajo del suelo que ha de sanearse no excede de 2 metros ó 2^m,50, conviene en general llevar los tubos á esta profundidad, y se empieza entonces la aplicación de los procedimientos ordinarios.

Cuando la capa permeable se halla á una profundidad mayor se pueden abrir agujeros con una sonda de 0^m,05, á 0^m,07 de diámetro en el eje del tubo. Algunas piedras bastan en los terrenos sólidos para conservar las entradas de los agujeros de sonda. Cuando la capa que se va á perforar no tiene más que 4 á 5 metros de espesor, es preferible muchas veces reemplazar el agujero de sonda por un pozo cilíndrico que se llena de piedras sueltas á través de las que las aguas se filtran ó ascienden con facilidad. Esto tiene analogía con los pozos absorbentes del capítulo anterior.

DRENAJE VERTICAL. Se usa para el drenaje de los terrenos cenagosos y cuajados de manantiales un procedimiento diferente de los anteriores, designado con el nombre de *drenaje vertical*, y que no debe confundirse con un método muy distinto al que se ha dado el mismo nombre. La economía que produce el procedimiento de que se trata, su éxito en los terrenos completamente inundados, en que sería imposible otra clase de trabajo, le dan un interés práctico muy considerable.

Se abre, como de costumbre, una zanja de drenaje, y se la prolonga á través de las partes más cenagosas del terreno. Si fuese necesario se abren algunas otras partiendo del centro y prolongadas en forma de pata de ganso hasta cierta distancia de su origen.

Se preparan en seguida tubos ordinarios y se los hace entrar libremente y con las juntas cruzadas en tubos del número inmediatamente superior que forman en los primeros maniguillos de la misma longitud que ellos: basta para esto comenzar por un semi-tubo. Debe tenerse cuidado de sesgar los tubos para que sea fácil la introducción del agua exterior dentro de los mismos. La figura 8 indica un corte vertical del conjunto.

Se hace pasar por la hilera de tubos así dispuestos una varilla de hierro de 0^m,015 á 0^m,025 de diámetro, ó bien, según los casos, una varilla de madera de un diámetro inferior en 5 ó 6 milímetros al de los tubos.

Se introduce la extremidad inferior de esta varilla de madera ó de hierro en un cono de madera dura, herrado en la punta si el terreno es resistente. Esta especie de tarugo tiene cerca de 0^m,01 de diámetro más que el del tubo exterior. No está unido sino muy ligeramente á la varilla cilíndrica, con objeto de que puedan separarse estas dos piezas sin mucho esfuerzo tirando de ellas en sentido contrario.

Dispuestas así las cosas se introducen verticalmente en el fondo de las zanjás abiertas anteriormente los tubos precedidos del casquete. Si el terreno es muy cenagoso, como el de algunos prados, la columna se hunde, por decirlo así, por la sola acción de su peso. Si el terreno es más resistente se la hace descender golpeando en el extremo de la varilla de madera ó de hierro de que hemos hablado. En el caso en que el terreno fuese más duro todavía y no se pudiese hacer bajar la columna de tubos por este medio, se prepararía su colocación con una estaca pequeña de madera dura, herrada en la punta con una cabeza con una estaca de cemento, que se introduciría con la maza ó con un pequeño martillo, sacándola después. Por último, todavía quedará la sonda para los terrenos en que se encuentren grandes piezas aisladas ó capas delgadas demasiado duras para ceder á la estaca herrada.

Cuando está colocada la columna de tubos, cualquiera que sea el método empleado, se retira la varilla que atraviesa los tubos, se separa del casquete que queda debajo de la columna de tubos y puede ser extraída para servir en otras operaciones.

La cabeza de los tubos así colocados se rodea de algunas piedras formando enrocamiento, y se introduce en el tubo horizontal del caño perforado para ello con una abertura circular como para un enlace ordinario.

Cuando la abundancia de agua obligue á colocar muchos tubos verticales unos al lado de otros, se pueden cubrir con una especie de bóveda de piedras secas, formando el nacimiento del tubo de descarga sobre la cual se aprieta el terreno hasta la superficie del suelo, como se ve en la figura 8.

La disposición de las zanjas en el plano varía necesariamente con la disposición de los sitios, porque es muy extraño que algunos tubos agrupados en el centro mismo del terreno cenagoso no sean suficientes para su saneamiento.

Los tubos verticales colocados en una canal, á 8 ó 10 metros unos de otros, arrastran ya una enorme cantidad de agua.

Cuando se han establecido tubos verticales, conviene, ántes de cubrir el de descarga, esperar á que el régimen de las aguas esté bien establecido á fin de darle el diámetro ó la forma de construcción del canal conforme al gasto del volúmen de agua.

La longitud de las columnas de tubos depende sucesivamente de la naturaleza del suelo en que se opera. Se las profundiza tanto como permita la resistencia del terreno; muchas veces se llega á profundidades de 4, 5 y 7 metros de exceso, que unidos á la profundidad de la zanja, viene á quedar la extremidad del tubo á 8 ó 9 metros bajo el suelo. Cada uno de estos tubos funciona, en toda su longitud, como un caño ordinario. De este modo se opera, pues, un drenaje vertical de una acción muy poderosa sobre las aguas ascendentes ó las descendentes si se halla una capa absorbente, lo que, por otra parte, sucede muy raramente.

Sin entrar en más detalles acerca del drenaje de los manantiales, se ve que el método se reduce á dar á las aguas de esta especie un gasto regular y asegurado, que las impide saltar por diferentes puntos del suelo y exparcirse por su superficie impregnándola enteramente.

DIÁMETRO DE LOS TUBOS. Hemos indicado ya los diámetros de los tubos empleados más generalmente en los drenajes. Sin embargo, son necesarias todavía algunas palabras respecto de este punto.

No se deben emplear tubos de ménos de 0^m.03 de diámetro interior para los caños más pequeños, y áun son preferibles los tubos de 0^m.035. Es cierto que se han hecho muchos drenajes con tubos de 0^m.025 de diámetro interior, y algunas personas recomiendan todavía su uso, pero la pequeña economía que presentan como primera materia de construcción está muy lejos de compensar su mayor fragilidad, el mucho cuidado que necesita su colocación, la necesidad de acercar los colectores y finalmente los peligros, mucho más multiplicados, de atascamiento.

Se ha dicho que un tubo de 0^m.05 á 0^m.06 de diámetro interior es suficiente para filtrar las aguas de 3 á 4 hectáreas de un terreno.

Teniendo presente que el gasto de los tubos, en igualdad de circunstancias, crece por lo ménos en razón directa del cuadrado de su diámetro, se calcula fácilmente, pero de una manera imperfecta, con esta regla empírica, el diámetro de los tubos necesarios. Pero en

las operaciones importantes, el diámetro de los colectores debe ser determinado con más precisión, porque es necesario que sean suficientes, sin presentar un exceso de diámetro, que se traduciría por un aumento de costo. Lo mejor que debe hacerse es dejar abierta la zanja durante cierto tiempo para aforar sus mayores gastos, y calcular despues, por medio del cuadro correspondiente del capítulo I, el diámetro del tubo necesario para gastar este volúmen de agua con la pendiente de que se dispone.

Este experimento es bastante largo, porque el régimen regular del gasto en los tubos que responde á una altura de agua de lluvia caída en un tiempo dado, no se establece sino despues de la modificación que el drenaje ejerce en el suelo en que se aplica. El método precedente no es útil, pues, sino en las circunstancias bastante raras en que se pueden dejar sin acabar, por largo tiempo, los trabajos empezados. Es necesario, en general, determinar *a priori* el diámetro de los tubos colectores.

La dificultad está en saber qué cantidad de agua de lluvia puede caer en veinticuatro horas en la tierra que se va á sanear, y cuál es la parte de este volúmen de agua que debe correr por el tubo. La primera parte de la cuestión es fácil de resolver por medio de observaciones pluviométricas directas, ó sirviéndose de los datos recogidos en algunas localidades próximas. No así la segunda, sobre la que no se poseen todavía sino datos aislados é insuficientes.

En la imposibilidad de obtener una solución exacta, es preciso aceptar las bastante arbitrarias que sería muy largo desenvolver aquí. Diremos solamente que se ha calculado muchas veces el diámetro de los tubos, de manera que puedan desalojar en treinta y seis horas la mitad próximamente de la cantidad vertida en veinticuatro horas sobre la superficie considerada, por las fuertes lluvias del país.

Esta manera de proceder, es, lo repetimos, muy arbitraria y la indicamos más bien como un ejemplo de lo que se ha hecho, que como una regla que deba seguirse.

Es inútil decir que lo que antecede se aplica exclusivamente á los terrenos que no reciben más aguas que las pluviales que caen en su superficie.

En cuanto á los terrenos atravesados por manantiales, es absolutamente imposible establecer la menor indicación general acerca del volúmen de agua que éstos arrastran. Es preciso determinarlo en cada caso particular, por la observación directa de las zanjas de ensayo abiertas en el suelo que ha de sanearse.

REPLANTEO SOBRE EL TERRENO. Cuando el estudio del terreno saneable se ha hecho de manera que permite trazar el proyecto de los trabajos según la marcha descrita en el párrafo anterior, no queda más que ocuparse de su ejecución material. Este trabajo es muy sencillo en sí mismo; pero exige mucho cuidado y atención por parte de obreros experimentados desde un principio en la práctica de los buenos métodos, y de capataces ejercitados y concienzudos.

Un buen capataz drenador es difícil de encontrar. La mayor parte del éxito le pertenece legítimamente, y nunca se le animará bastante ni se recompensarán los servicios de cada momento que presta en estos trabajos.

Las personas que hayan hecho ejecutar ya saneamientos, se admirarán quizá de alguna de estas recomendaciones y de los cuidados minuciosos que recomendamos se ponga en cada una de las operaciones que describimos. No daremos más que una respuesta á las personas que hayan obrado de otro modo distinto del que indicamos, y es rogarles que sigan una vez atentamente y al pié de la letra estas indicaciones y que se den formalmente