

Debe siempre elegirse tipos bajos, acercándose á la dosis mínima de 10.000, tanto para asegurar una completa depuración, cuanto que, salvo condiciones especiales del terreno y de la capa acuifera subterránea, no hace falta, vertiendo el agua con prudencia, avenar el terreno, pues basta la vegetación casi sola para dar salida á las aguas blancas.

En el Jardín municipal de Gennevilliers se hacen continuamente pruebas y ensayos con las aguas negras, y se ha llegado á riegos intermedios de 80 á 130.000 metros cúbicos por hectárea y año, sin que estos copiosos riegos perjudiquen ni á la depuración perfecta ni á los cultivos.

Cuando se trate sólo de la depuración, es indispensable el avenamiento; las dosis pueden elevarse hasta 100.000 metros cúbicos por año y hectárea, y en algunos terrenos de condiciones especiales hasta 240.000 metros cúbicos; pero, repetimos, debe huirse en la práctica corriente de estos límites tan altos.

Para llevar las aguas á la superficie de los campos de riego, en la mayor parte de los casos hay que elevarlas á una altura suficiente por medio de bombas y de potentes motores. En pocos casos puede conseguirse con la sola acción de la gravedad, por la pendiente del terreno.

Una vez elevadas, se conducen al punto más alto de la zona que se va á fertilizar por medio de una gruesa cañería de fundición, y si el terreno presenta inflexiones, se divide ésta en ramales, constituyendo una red de primer orden.

La distribución general á las diversas fincas, ó sea la red de segundo orden, puede hacerse, ó por cañerías generalmente de hormigón, de cemento ó de barro, en que las aguas llevan cierta presión, ó por regueros revestidos ó no de fábrica en que el agua corre merced á la pendiente y provistos de compuertas para dirigir á voluntad las aguas á los regueros de último orden de tierras, y de éstos á las simas para regar filtrándose ó á las praderas para regar extendiéndose en forma de manto.

Este es el sistema que podemos llamar económico y que conviene á una explotación en pequeña escala.

Pero cuando se trata de regar una gran extensión y hay necesidad de que recorran las aguas negras largas extensiones, atravesando caminos y repartiéndose en parcelas numerosas y á veces aisladas, es muy conveniente ejecutar la red secundaria con cañerías que puedan plegarse á las inflexiones del terreno y pasar en sifón los obstáculos que presenten; la red terciaria se forma siempre con regueros ó cauces de tierra.

El segundo sistema tiene además una ventaja muy importante. En los casos de pequeña pendiente se acumulan los depósitos sólidos en cantidad á veces tan considerable que su remoción es difícil, desagradable y costosa; pero el sistema tubular, al contrario, transporta y divide el depósito sólido en cada ramal y lo pone así más fácilmente al alcance de los cultivadores.

Las cañerías secundarias son siempre de hormigón de cemento, y las bocas de distribución ó de salida de las cañerías á los regueros de gres cerradas por un disco de madera ó de fundición, que se aplica á la abertura y se mantiene por medio de un tornillo de presión. Debe procurarse siempre que estos aparatos sean lo más sencillo posible.

En párrafos anteriores hemos descrito con algún detalle las disposiciones adoptadas en los campos de riego y depuración de París y Berlín, que pueden tomarse como tipo de los dos sistemas, el económico y el perfecto.

(Se continuará.)

## AFLUENCIA DE AGUAS EN LOS TÚNELES

### CONDICIONES EN QUE SE PRODUCE

*Régimen hidrológico subterráneo.*—La corteza terrestre presenta á menudo terrenos más ó menos porosos, como las arenas, ú otros de naturaleza sólida, pero hendidos ó resquebrajados en

todos sentidos. No es, pues, de extrañar que, al ejecutar un túnel, se encuentren aguas en mayor ó menor abundancia.

Por lo que concierne á su origen se pueden distinguir las *aguas superficiales* y las *aguas interiores*. Las primeras tienen un origen cercano, debido á la lluvia, al derretimiento de las nieves ó á las filtraciones de las corrientes de agua próximas al sitio donde se construye el túnel, siendo las fallas del terreno el camino por donde pasan más fácilmente dichas aguas, pues por ellas atraviesan los mantos impermeables que separa á veces la extratificación de los terrenos, y sin su existencia no llegarían las aguas tan directamente al punto donde se reúnen.

Las aguas interiores tienen en definitiva el mismo origen descendente que las superficiales, pero siguen un camino más largo para llegar desde la superficie hasta el sitio donde se las encuentra, pudiendo á veces venir de muy lejos en el sentido horizontal, y hasta surgir de grandes profundidades en chorros de presión.

Independientemente de las filtraciones en la masa, á través de innumerables canales, los terrenos presentan á veces verdaderos ríos ó lagos subterráneos, siendo varios los túneles en que se han encontrado venas de agua de un caudal ó sección extraordinaria; más adelante daremos á conocer algún ejemplo.

*Afluencia variable de aguas, según las circunstancias.*—La cantidad de agua que *tiene á afluir* en los trabajos de un túnel, así como la que *realmente afluye*, es variable entre los más extensos límites. Así, por ejemplo, y refiriéndonos sólo á pozos, mientras que ha habido varios de éstos, cuya perforación ha tenido que abandonarse, pues salía más agua que la que pudiera agotarse con todas las bombas susceptibles de instalar en el pozo, otros muy profundos se han perforado sin encontrar una gota de agua, habiendo sido preciso bajar al fondo de los mismos la necesaria para la apertura de los barrenos.

En general, el examen de los terrenos, por lo que se refiere á su naturaleza y topografía y al estudio hidrológico de la comarca, puede dar alguna idea respecto á la afluencia más ó menos grande de aguas que se encontrará en un túnel; pero no hay que tener gran confianza en los resultados de este estudio, que siempre es el más aleatorio ó dudoso de los que se deben hacer al emprender la construcción de un túnel. Hay que observar, además, que las consecuencias que se deducen de semejante estudio tienen un carácter más bien positivo que negativo; es decir, que si como resultado de dicho estudio se prevé que se encontrarán aguas abundantes, es casi seguro que éstas no faltarán; pero si por el contrario las previsiones son de que no se encontrarán aguas, ya no es tan seguro que éstas no se presenten. Bastaría para que esto sucediera, que, con el pozo ó galería del túnel, se fuese á una profundidad suficiente para encontrar una capa permeable que llegue al exterior en sitios convenientemente colocados para la filtración de las aguas superficiales, ó que se atravesase con el pozo ó galería una falla ancha ó importante: ambas circunstancias dan lugar á la entrada de aguas procedentes de muy largas distancias, y es evidente que un examen local del terreno, por muy atento que haya sido, no podrá presumir la afluencia de dichas aguas.

La afluencia de aguas puede, pues, ser debida á una de las tres causas siguientes:

- 1.<sup>a</sup> Aguas provenientes de terrenos acuiferos superiores.
- 2.<sup>a</sup> Aguas provenientes de fallas que se encuentren al ejecutar los trabajos.
- 3.<sup>a</sup> Aguas de filtración.

*Aguas provenientes de terrenos acuiferos superiores.*—*Necesidad de evitar estos terrenos.*—Siempre que sea posible se debe procurar no atravesar estos terrenos, aunque sea introduciendo alguna variación en el trazado (si con esto se consigue); porque dichos terrenos dan cantidades de agua tan extraordinarias, que muchas veces se hace imposible el agotamiento. Pero si por su extensión es forzoso atravesarlos, es preciso hacerlo con ciertas precauciones:

- 1.<sup>a</sup> No abrir pozos para la ejecución del túnel, por lo menos en toda aquella parte en que se cruza esta clase de terrenos.

2.<sup>a</sup> Si la longitud del túnel es considerable y exige para su conclusión, en un tiempo razonable, el ataque por las dos bocas, construirlo con dos pendientes inversas para favorecer la natural salida de las aguas sin necesidad de tener que agotar.

3.<sup>a</sup> Si las condiciones del terreno imponen un trazado con una sola pendiente, atacar sólo el túnel por el lado de la pendiente favorable; y si tanta prisa hay para acabar el túnel y se quiere también atacar por la otra boca, no debe esto hacerse sin disponer de una *poderosa instalación* de máquinas de agotamiento, y aun así podrá suceder que por muy poderosa que se proyecte, no baste para las atenciones de la realidad.

4.<sup>a</sup> Si el túnel se ha de construir en terrenos acuíferos, exigirá el establecimiento de revestimientos impermeables en toda su longitud y base, para disminuir considerablemente la afluencia constante del agua, y que ésta sea sólo importante en el avance, donde todavía no exista el revestimiento.

*Aguas provenientes de fallas que se encuentran con los trabajos.*—Cuando la presencia del agua en el terreno es debida, no á niveles acuíferos de los que es preciso aislarse (en el caso forzoso de tener que atravesarlos), sino á una falla que se encuentra al avanzar en los trabajos del túnel, las circunstancias son completamente diferentes.

En lugar de tener por todas partes y encima del túnel una especie de depósito horizontal, siempre dispuesto á desaguar dentro de aquél, si no se tiene cuidado de evitar las dislocaciones que la misma perforación del túnel puede ocasionar, se encuentra una especie de cortadura ó trinchera, más ó menos próxima de la vertical, que sólo dará agua en los trabajos en el caso que dé la casualidad que éstos encuentren ó pasen muy próximos de la falla, pero que dará agua cualquiera que sea la profundidad á que el encuentro tenga lugar, mientras que en los terrenos acuíferos podrá suceder que si el túnel se abre en una capa impermeable situada á un nivel bastante inferior á dichos terrenos, no entrará en el túnel ni una sola gota de agua.

La cantidad de agua que puede proporcionar el encuentro de una falla, es variable entre los más extensos límites. En el túnel de Argentera, cuando la galería de avance correspondiente á la boca de salida llegó al kilómetro 2.250, se encontró una falla, casi completamente vertical, que presentaba una sección de 0<sup>m</sup>,60 por 0<sup>m</sup>,15, y que durante siete días dió un caudal de aguas tan extraordinario, que el primer día pasó de 2.000 m.<sup>3</sup> para disminuir en los demás á unos 1.500, desapareciendo por completo á los diez días. Si el agua no hubiese tenido salida natural, se hubiera hecho imposible agotar dicha cantidad, teniendo en cuenta que el resto del túnel ya daba mucha.

Si se trata de una falla muy extensa y abierta, si su afloramiento pasa debajo del lecho de un arroyo ó de cualquier otro punto en que las filtraciones pueden ser fáciles y abundantes, las aguas que penetren en el túnel podrán ser tan considerables que no se pueda pensar en agotar y que sea forzoso abandonar el ataque del túnel por aquella parte, á no ser que la pendiente natural favorezca la salida de las aguas, ó que éstas se puedan aislar ó contener por uno de los procedimientos de que hablaremos en el artículo siguiente.

Algunas veces, por el contrario, aunque se encuentren fallas, las aguas serán poco abundantes y disminuirán por completo al cabo de cierto tiempo.

Casi siempre la aproximación de una falla se reconoce por la mayor humedad de la roca, aun cuando aquélla no reciba directamente filtraciones sensibles que provengan de la superficie.

Los mismos efectos pueden producirse cuando una circunstancia cualquiera (independientemente de las fallas) haya tenido por consecuencia un enlace imperfecto entre las rocas, sea paralelamente á la extratificación de un terreno sedimentario, sea según la línea de superposición ó de yuxtaposición de dos terrenos pertenecientes á formaciones diferentes.

También puede tener lugar el encuentro de aguas en ciertos terrenos calizos susceptibles de ser atacados por aquéllas; en los que es donde se encuentran cuevas ó excavaciones irregulares.

Estas cavernas no son otra cosa que antiguas resquebrajaduras del terreno, en las cuales han circulado, en épocas antiguas, corrientes subterráneas de aguas más ó menos ácidas, que han ido progresivamente ensanchando y corroyendo las paredes. Los cambios sobrevenidos en el relieve del terreno han puesto fin á la existencia de aquellas corrientes, quedando secos dichos lechos subterráneos, si bien en otros casos han continuado también circulando las referidas aguas subterráneas.

Se comprende que si una galería viene á encontrar una de estas corrientes, puede ocasionarse una súbita sumersión de los trabajos.

*Aguas de filtración.*—La afluencia de aguas provenientes de niveles acuíferos superiores ó de corrientes de aguas interiores que se encuentran con los trabajos, no son sino circunstancias excepcionales, y los puntos de afluencia de estas aguas son, por decirlo así, puntos *singulares* entre los que producen la alimentación del caudal de aguas de un túnel.

De ordinario el agua afluye por los diversos puntos de las paredes del túnel, esto es, por los mil agujeritos que ofrecen dichas paredes sin aparecer sobre ninguno en cantidad notable. Estas paredes pueden asimilarse á una superficie filtrante, que no proporciona ningún *gasto* apreciable para un elemento dado, pero en las que el *gasto* total es grande á causa de la extensión de esta superficie.

El terreno en su conjunto forma como masa esponjosa saturada de agua. Esta se halla estancada, y la presión en un punto cualquiera es la que se calcularía por las reglas de la hidrostática, *antes de perforarse el túnel*. Dicha agua va saliendo á medida que se ejecuta el túnel y continúa después vertiéndose, porque la vertida es incesantemente reemplazada por las filtraciones de la superficie.

Tal es en su generalidad el mecanismo con arreglo al que se verifica la afluencia de las aguas en las galerías de un túnel. Esta afluencia tiene lugar de una manera continua, y es, por consiguiente, también *continuamente* que debe hacerse el agotamiento de un túnel.

*Ley de variación de las aguas de filtración con la longitud de las galerías, con su profundidad debajo del terreno y con el tiempo.*—Se observa que la superficie filtrante aumenta indefinidamente con la extensión y avance de los trabajos; que cada orificio da aguas, cuyo origen está en la superficie del terreno y que la carga hidrostática sobre este orificio es tanto mayor cuanto él está situado á un nivel más bajo; que por consiguiente el volumen de agua que habrá que agotar en la unidad de tiempo parece que debería ser proporcional á la *superficie total* de la roca puesta al descubierto por las galerías, y según el teorema de Torricelli, á la *raíz cuadrada* de la distancia de estas galerías al terreno. De admitir estas consecuencias resultaría que si al perforar, por ejemplo, un pozo y al llegar á cierto nivel se encontrara determinada cantidad de agua, si el pozo debiera tener una gran profundidad, sería preciso encontrar cantidades enormes de aquélla, á causa de la mayor carga y del enorme aumento de la superficie filtrante.

Sin embargo, la práctica demuestra perfectamente que la cantidad de agua que debe agotarse tiene un *máximo determinado*, independiente del área de los orificios de salida, de la superficie filtrante y de la carga hidrostática de estos orificios.

Este máximo depende sólo de la capacidad de absorción de la superficie del terreno, pues en definitiva la multitud de pequeños canales irregulares que comunican al través del mismo, desde su superficie hasta los orificios, no pueden proporcionar á éstos más agua que la que reciben.

Este razonamiento *a priori* puede confirmarse por otras razones que no vamos á dar por no alargar desmesuradamente este párrafo, pero que permiten sentar los principios siguientes:

1.<sup>o</sup> Que abstracción hecha de las afluencias accidentales, el volumen de agua que habrá que agotar en la unidad de tiempo en un túnel perforado á cierta profundidad, aumenta con la longitud del túnel, pero no proporcionalmente á esta longitud.

2.º Que dicho volumen no tiende á aumentar, á igualdad de las demás condiciones, con la profundidad de la rasante debajo del terreno.

Otra observación importante es la de que, á medida que se va revisiendo un túnel, disminuye la cantidad de aguas que antes existía en aquel mismo punto, debido, primero al obstáculo natural que se pone á la salida con el revestimiento, y después á que los mechinales que se dejan con el tiempo se obstruyen, y las paredes y bóvedas del revestimiento vienen á constituir un sifón invertido.

EDUARDO MARISTANY.

(Se continuará.)

## REVISTA EXTRANJERA

### La enseñanza de los Ingenieros electricistas en Alemania.

Si se considera la adelantada situación que Alemania ha conquistado en la ingeniería eléctrica, las observaciones siguientes, que son el resumen de una memoria de G. Schmidt-Ulm del Ilmenau Polytechnic, serán de gran interés para los que se ocupan en la instrucción electrotécnica.

Comienza la memoria con algunas observaciones generales acerca del gran desarrollo que en la actualidad ha adquirido la especialización de la ingeniería civil, y hace constar que, aun en la electrotecnia, es preciso establecer la división entre la construcción de las máquinas en los talleres y la instalación de estas mismas en donde han de funcionar.

El aspirante á Ingeniero electricista debe decidirse por ser jefe de taller ó ser encargado de hacer instalaciones. El joven alemán que va á dedicarse á la electrotecnia debe empezar por recibir una instrucción práctica para el uso de las herramientas manuales y mecánicas durante tres años. Durante este tiempo, el que va á dedicarse á jefe de taller debe prestar atención especial á la construcción de elementos de máquinas, mientras que el que va á dedicarse á instalaciones debe dirigir su atención al montaje de las máquinas y á sus combinaciones para constituir una instalación eléctrica. Como el director de una fábrica, ó un jefe de instalaciones, debe saber bastante más que un operario ó un práctico cualquiera, es preciso que estos cursos de enseñanza práctica se completen con otros de enseñanza teórica. Estos no deben extenderse demasiado en la teoría pura; además de dar al alumno una base sólida para que pueda hacer los cálculos necesarios, es preciso inculcarle ideas claras sobre el funcionamiento de las máquinas, cultivando su imaginación técnica y enseñándole á comprender bien un dibujo. En la escuela para jefes de taller es preciso enseñar únicamente los elementos de construcción de máquinas y de electrotecnia. Es indispensable dar gran importancia á la enseñanza del dibujo, puesto que por este medio se desarrolla la facultad inventiva y la comprensión de los dibujos. La experiencia ha enseñado á Herr Schmidt-Ulm que el dibujo de máquinas completas no es suficiente; es necesario también descender á los detalles más sencillos. El electrotécnico debe aprender desde luego á dibujar máquinas eléctricas. Para poder seguir la enseñanza teórica, que no debe exceder de dos cursos de seis meses cada uno, puede acortarse la instrucción en la construcción de máquinas para dar al estudiante el tiempo necesario para asistir á las conferencias electrotécnicas. En el primer curso deben comprender estas conferencias las leyes fundamentales y los fenómenos de la electricidad, y en el segundo un resumen descriptivo de todo el dominio electrotécnico. Una vez terminados los cursos de instrucción teórica, el alumno podrá ocupar una plaza de ayudante de jefe de taller ó de jefe de instalaciones, en la cual puede esperar la ocasión para ascender á jefe; y no esperará mucho tiempo, puesto que hay gran demanda de electricistas de este modo educados.

Los que dispongan de medios suficientes para alcanzar una instrucción teórica más completa, podrán aspirar á destinos más altos, como Ingenieros del estado mayor de la oficina ó encargados de una instalación ó fabricación en marcha, etc. Y en este caso también conviene que el alumno haya recibido la mayor enseñanza práctica posible, pero como la teórica exige más tiempo, la práctica debe limitarse á dos años ó á uno. Período menor de un año no debe admitirse. En este caso no es necesario que el alumno sepa trabajar tan bien como un obrero me-

cánico, lo que necesita saber solamente es cómo están construidas las diferentes partes de una máquina y cómo funcionan, para que según esto pueda él trabajar en los planos y dibujos. Un taller de mediana importancia es lo mejor para esta instrucción; en los grandes talleres no puede conseguirse por la excesiva división del trabajo. La práctica en un taller de ingeniería en general, será suficiente en este último caso, puesto que las operaciones electrotécnicas especiales, como devanados de armaduras, etc., pueden aprenderse después. A la enseñanza práctica sigue la teórica, y para ésta son necesarios cuatro ó cinco cursos de á seis meses cada uno. La parte principal de ellos debe ser la construcción de máquinas, y después, como estudio especial, la electrotecnia. Es, sin embargo, grave error querer dar uno ó dos cursos de electrotecnia después de un curso de construcción de máquinas en general. La instrucción electrotécnica debe empezar en el primer curso y continuar simultáneamente con la enseñanza de construcción de máquinas en general; de este modo se da al alumno tiempo para que pueda asimilarse las nuevas ideas que se le van presentando en electrotecnia, y no se da motivo á que decaiga su aplicación puesto que continuamente se trata de los asuntos que más le interesan.

En la enseñanza de los Ingenieros electricistas debe darse grandísima importancia al dibujo. En muchos laboratorios electrotécnicos esta importancia es desconocida porque el profesor es un físico en lugar de ser un electricista práctico. El sistema de enseñanza por correspondencia, poco há inaugurado en Alemania, es considerado por Herr Schmidt-Ulm como perfectamente inútil y sin más objeto que sacar dinero al público.

### Fatiga real y fatiga calculada en los puentes de mallas grandes.

M. Mesnager, Ingeniero de Puentes y Calzadas, antes de entregar á la Compañía de Orleans una sección de la línea de Noutron á Sarlat, ha sometido un puente con vigas en N de 54<sup>m</sup>,50 de luz, á ensayos prácticos para determinar experimentalmente los esfuerzos secundarios, producidos en la celosía, por medio de aparatos Manet-Rabut, para compararlos con los esfuerzos evaluados por el cálculo.

Los resultados de estos ensayos los expone en los *Annales des Ponts et Chaussées* (segundo trimestre de 1899).

Las vigas tenían 6<sup>m</sup>,49 de altura, y 5<sup>m</sup>,45 de anchura las mallas. Las pruebas se hicieron con un tren remolcado por dos locomotoras de las más pesadas que emplea la Compañía de Orleans. El aparato de medida era idéntico al descrito en los *Annales des Ponts et Chaussées* de Octubre de 1896.

No se han tenido en cuenta los agujeros de los roblones, y se ha admitido la articulación en los onlaces.

Se ha comprobado que la acción del sol ejercía gran influencia sobre las lecturas de los aparatos, por lo cual M. Mesnager dispuso que se colocaran en su sitio de noche para comenzar los ensayos al amanecer.

Después de indicar las precauciones que se tomaron para que las observaciones fueran rigurosas, M. Mesnager compara los resultados del cálculo con los de la experimentación directa. La coincidencia es satisfactoria.

Resume en un dibujo los resultados de la lectura de los aparatos. En lo que concierne á los esfuerzos secundarios, revela el dibujo una diferencia notable entre las fatigas observadas en los bordes opuestos de una misma pieza.

M. Mesnager da además en un cuadro los resultados numéricos que dieron cada montante y cada diagonal.

De estas observaciones deduce las conclusiones siguientes: 1.ª Los esfuerzos secundarios no son despreciables ni mucho menos. 2.ª Las fórmulas que se emplean para calcular estos esfuerzos secundarios, conducen á resultados inferiores á los verdaderos en un 18 y hasta en un 40 por 100. 3.ª Es de gran interés buscar una disposición de la construcción que evite estas fatigas secundarias.

### El alumbrado de acetileno en Alemania.

De la información abierta por algunos periódicos especiales alemanes sobre el empleo del acetileno para el alumbrado en Alemania, resulta que, durante el año 1893, los diferentes almacenes para la venta de aparatos de alumbrado de acetileno, han vendido 6.451 generadores, cuya potencia oscila entre 1 y 300 mecheros, y cuyo conjunto representa una potencia de 122.355 mecheros. En cuanto á la potencia de los diferentes mecheros á que estaban destinados estos generadores, oscilaba entre 10 y 60 bujías; y la potencia total era de 3.182.100 bujías.