

nes; la altura de éstos corresponde á la del primer escalón de los vagones de pasajeros; el solado es de cemento sobre terraplén apisonado y una tortada de hormigón.

La altura de las columnas que sostienen los cerchas de 16,00 metros de luz, es 7,00 metros, contados desde el nivel de los rails, y son de hierro, así como las armaduras y el resto de esta construcción, cubierta con hierro galvanizado ondulado.

La separación de las cerchas es de 6,76 de eje á eje.

Estas columnas insisten sobre dados de piedra de granito de China, y éstos, á su vez, sobre el cimiento de hormigón hidráulico de $1,00 \times 1,00$ metros de la sección en la parte superior retallado 0,20 metros por cada lado á los 1,55 metros de altura.

Se han construído independientes los cimientos correspondientes á cada columna.

Independientemente de la estación, aunque en lugar inmediato á ella, se han construído tres almacenes cubiertos para mercancías de $32,00 \times 16,00$ metros de extensión, del mismo tipo y condiciones que los adoptados en toda la línea para estaciones de los diversos órdenes.

Los talleres de reparaciones y cocherones de locomotoras y carruajes se han instalado en la inmediata estación de Caloocán, á fin de no dificultar las maniobras ordinarias y dejar espacio suficiente para poner nuevas vías auxiliares, si las necesidades lo demandan, que no podrían establecerse de ocupar el terreno con dichos edificios.

PROYECTO DE RECTIFICACIÓN DEL RÍO LLOBREGAT ⁽¹⁾

POR D. PEDRO GARCIA FARIA

DRENAGE TUBULAR EN EL LLANO DEL LLOBREGAT

Uno de los medios más adecuados para lograr el saneamiento, desecación y buen empleo agrícola de los terrenos, es el drenage á cielo abierto y por tubos que faciliten la evasión del agua en exceso que hay en el terreno; por este motivo nos hemos decidido por este sistema, que ofrece incalculables ventajas respecto de los demás que son aplicables en determinadas circunstancias que aquí sólo se reúnen en zonas especiales.

Por tal motivo, empleamos como sistema general para realizar el saneamiento de conjunto, el de drenage á cielo abierto ó de desagüe natural aplicando el drenage tubular como complemento del anterior en todos aquellos terrenos apropósito que sean de dominio público ó cuyos dueños quieran costear esta mejora, que ha de aumentar considerablemente el rendimiento de su finca, ya por permitir el acceso del aire hasta la profundidad á que están los tubos abriendo el terreno, haciéndolo permeable y facilitando la evasión del agua que se halle en exceso en la superficie, ya también porque facilita con la evasión del agua el desalamiento del terreno, que de otra suerte conserva siempre el cloruro de sodio que aparece en la superficie en las épocas de sequía, pero que siempre empapa los terrenos del llano del Llobregat disminuyendo su potencia productora.

De lo expuesto se desprende que el terreno conservará más la humedad por ser más fácilmente penetrable el terreno y aumentará mucho su rendimiento agrícola y sus condiciones sanitarias.

El importe del drenage de todo el llano es muy considerable para que lo englobemos en este proyecto, cuyo objetivo es el de procurar el saneamiento de la comarca poniendo á los propietarios en condiciones de que tengan los desagües apropósito y puedan realizar el mejoramiento de sus predios, pero como éste varía por ser muy distintas las condiciones de unos y otros, no creemos justo que para mejorar grandemente las condiciones de los terrenos que se hallan en peor disposición, tengan que sa-

crificarse en injusta proporción los intereses generales y los de aquellos propietarios que tengan sus predios mejor dispuestos y más convenientemente saneados.

Por esto sólo, proponemos á continuación el sistema de drenage que convendrá aplicar á los terrenos, en el que podrán introducirse aquellas variaciones que reclame la mayor ó menor impermeabilidad y pendiente del terreno, é incluimos también el presupuesto de una hectárea de superficie drenada, que resulta como promedio á 401,00 pesetas para que sirva como tipo de comparación para los terrenos de dominio público ó privado, si bien como está prevenido en las disposiciones vigentes, se abonarán las obras que se ejecuten sean más ó menos de las presupuestas; consignadas ya estas ideas generales, entraremos en la descripción del procedimiento de drenage que proponemos.

Los terrenos que los particulares deben sanear forzosamente por este medio podrán serlo por el mismo constructor que ejecute el proyecto durante la realización de las obras y á los mismos precios de éstas; luego de recibido el desagüe general, podrá autorizarse para ejecutar las obras al constructor que elija el propietario.

DRENAGE

Las operaciones de drenage destinadas á mejorar las condiciones del subsuelo para hacer cultivables los terrenos donde se ejecutan, son conocidas desde larga fecha.

Aun cuando no puede precisarse á punto fijo en qué época fueron conocidas, supónese que los primeros ensayos tuvieron lugar en los tiempos más floridos de la antigua Grecia; pues la existencia de grandes canales subterráneos que nos han legado, los cuales fueron, al parecer, construídos para la filtración de masas enormes de agua que invadían vastas llanuras, parece lo probable que al desecarse tales extensiones las dedicaran al cultivo, y de aquí que, aun cuando aquélla se efectuase de un modo completo, nos legaron las primeras prácticas de saneamiento del terreno y mejoras del subsuelo.

Los romanos debieron perfeccionar tales procedimientos de modo que entre los autores agrícolas de aquel tiem-

(1) Véase el número anterior.

po, Columela que floreció durante el imperio de Augusto y de Tiberio, aconseja para desecar los terrenos cultivables la apertura en ellos de canales ó zanjás subterráneas; Catón, Varrón y Virgilio, fueron partidarios únicamente de los canales á cielo abierto, pero Palladius, que vivió largo tiempo después de Columela, es partidario de su sistema, el cual, de perfeccionamiento en perfeccionamiento, ha llegado hasta nuestros días.

Prescindiremos de la enumeración y descripción de cada uno de ellos, porque nos interesa primordialmente conocer el considerado como el mejor, para lo cual tan sólo nos fijaremos en el comunmente empleado hoy día, debido á los estudios que sobre el particular se han introducido en nuestro siglo.

Inglaterra ha sido la nación que con más ahinco se ha dedicado al saneamiento de grandes extensiones de terreno, y tal importancia ha dado al aumento de su superficie arable, que el Estado ha consignado en sus presupuestos grandes cantidades y sumas de bastante consideración para llegar al logro de sus aspiraciones. Así es que á ella se atribuye la introducción ó generalización del sistema moderno tal cual hoy se ejecuta, no obstante de haberse descubierto en excavaciones practicadas en el convento de monjes, cerca del pueblo Maubenge de la vecina Francia, un procedimiento análogo, cuya fecha de construcción ha de ser posterior al año de 1620, fecha de construcción del referido convento.

Consiste el sistema mencionado en una serie de zanjás ó drenes practicados en el subsuelo á una profundidad variable, según sea la permeabilidad ó impermeabilidad del terreno que se ha de drenar, en cuyo fondo hay dispuestos, siguiendo una sola línea de pendiente, tubos de arcilla completamente permeables, á los cuales afluye por capilaridad el agua filtrante que se encuentra á ambos lados de cada línea de dren.

Las líneas de drenes emplazadas en la dirección y sentido de las de máxima pendiente del terreno, desaguan á otros drenes colectores de cuarto ó quinto orden, situados á nivel inferior que aquéllos, los cuales, á su vez, vierten sus aguas en otros de tercero y así sucesivamente en otros de segundo y primero, hasta conseguir el alejamiento del agua conducida á distancia de las superficies drenadas, y en condiciones de no perjudicar á otros terrenos situados á nivel inferior.

Según sea la curvatura del terreno, ó mejor dicho, la topografía del suelo que debe drenarse, así variará la dirección que ha de darse á los drenes, procurándose que los colectores se coloquen en los talwegs ó líneas de fondo de los valles y reciban, formando ángulo agudo, si es posible, las líneas drenadas para facilitar mejor en ellos el desagüe. Un sistema de pozos colocados á grandes distancias en los colectores para averiguar si el derrame del agua se efectúa en buenas condiciones, completan el sistema que á grandes rasgos bosquejamos.

Como para cada caso precisa hacer un estudio variable, dependiente siempre de las condiciones del suelo y subsuelo que debe sanearse, esta variación ha de ser de la mayor importancia para el saneamiento de los terrenos del delta del Llobregat, considerado bajo los puntos de vista agrícola, científico y económico.

Basta hacer un somero examen sobre el plano de esta baja región para ver que se trata de sanear terrenos en una vasta extensión, siguiendo el litoral, desde Barce-

lona á Castelldefels. Esta vasta extensión, que acusa una pendiente imperceptible hasta llegar al mar, hállese formada de una serie de sedimentos ó capas de arcilla muy compacta interpoladas con algunas de arena y cantos rodados de la menor importancia, las cuales han sido arrastradas desde remotos tiempos por las mayores avenidas del río. Estas acaecen en grandes intervalos de tiempo, comprendiendo períodos de ocho á diez años y á veces mayores, presentándose imponentes, siendo tanta la cantidad de agua que conduce el río, que no pudiendo contenerla en su álveo, salvo las márgenes que lo contienen y rebasando por ambas orillas, extiéndose en grandes mantos de agua en toda la región que se considera, los cuales, al filtrarse en pequeñísima parte sobre el terreno y desaguando en el mar el resto de ellos, depositan en el suelo una serie de capas de limo de notoria impermeabilidad en toda su extensión, las cuales, caracterizadas por esta propiedad y por la falta de desagües, esterilizan el terreno convirtiéndolo en un centro cenagoso en su parte baja y haciéndolo inútil para las labores de la agricultura.

Ahora bien, como por precisión tenemos que ceñirnos á la disposición general del terreno con las reformas que ésta permita, y hemos de tener en cuenta que es muy pequeña la pendiente de aquel suelo cuya propiedad se encuentra muy subdividida y limitada por su abundantísimo número de hijuelas ó canales de riego, nos interesa por estos distintos conceptos utilizar el mayor número posible de éstas, convenientemente reformadas, para los canales colectores que deben practicar el desagüe á cielo abierto, consiguiendo de esta suerte grande economía en el movimiento de tierras, á la par que será fácil la investigación y examen de su funcionamiento y de los mismos drenes que á ellos conduzcan las aguas, siempre que ocurra una obstrucción.

Localizada por este procedimiento y á primer golpe de vista, cualquier contingencia que ocurra, la separación podrá ejecutarse en el menor tiempo posible y con un gasto mínimo.

Grandes caminos de servicio de 5^m,00 de ancho espaciados á distancias de un kilómetro, facilitarán en toda su longitud el acceso á las labores vecinas, las cuales se regarán convenientemente con las aguas conducidas por la acequia que adosada en la cuneta derecha de cada uno de ellos proyectamos, la cual estará situada á un nivel superior al del terreno laborable en ambos de sus costados.

La impermeabilidad del suelo nos impide colocar el drenaje tan profundo como si fuese un terreno más poroso, en el cual se extiende más la acción del dren que en aquél, que resultaría ineficaz si se colocase á mayores profundidades.

Con el fin de utilizar la mayor zona posible de terreno, creemos que podría aplicarse el drenaje hasta llegar casi al mar, extendiéndolo hasta alcanzar la cota de 1^m,50 sobre su plano de nivel.

Siendo uno de los importantes factores de la solución de nuestro proyecto el verificar el saneamiento en condiciones tales que la flora de aquella región se desarrolle en las condiciones propias de su organismo, haremos algunas consideraciones sobre la profundidad á que habremos de establecer los tubos de drenaje. Es ventajoso en todos los casos sanear la mayor extensión posible de terreno, debiéndose tener en cuenta que la acción oxidante del aire atmosférico ejerciendo su bienhechora influencia sobre las

sustancias minerales útiles á la vegetación que se hallan depositadas en el subsuelo, el calor solar al cual sirve de vehículo el aire, que en cada localidad se encuentra, penetra y se acumula en el subsuelo en notable beneficio de la vegetación. Las labores profundas, como el layado, son causas asimismo del perfeccionamiento introducido en los modernos tiempos en la agricultura. Ambas condiciones contribuyen notablemente á que los vegetales, por la acción de sus raíces, descendan en el subsuelo, extrayendo de las capas inferiores los compuestos minerales y orgánicos que para su crecimiento y desarrollo son propias para su existencia. Colocados los drenes á profundidad suficiente para que tales fenómenos tengan lugar debidamente, se hallan resguardados de todo choque ó acción que pudiera desviarlos de su posición actuante, así como del deterioro que podrían causar en ellos las continuas heladas del invierno en aquel delta, así como sanear profunda capa del suelo, á la que permiten depositar el producto de grandes lluvias. El agua en estas condiciones llega á la superficie, penetra en el subsuelo á beneficio de la permeabilidad que le proporciona el drenage, lo empaapa por capilaridad y construye, durante los períodos de sequía y en los ardores del verano, una bienhechora humedad que conserva el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Si el agua está en exceso, el dren le da salida y al mismo tiempo cada partícula de líquido queda sustituida por otra de aire, que oxida los compuestos orgánicos convirtiéndolos en otros inertes ya asimilables por los vegetales.

Fundados en las experiencias realizadas en los trabajos de saneamiento de los terrenos de la Motte-Beuviou y de la Ferté-Saint-Aubin, partido de la Sologne, en Francia, practicados en subsuelos arcillo-arenosos, ha bastado una profundidad de 0^m,40 para que las raíces de los viñedos no obstruyeran los drenes; según el parecer de algunos agricultores, aquéllas rehuyen la acción de las aguas.

Siendo la profundidad y la separación de dos líneas consecutivas de drenes, cantidades correlativas, aquélla debe sujetarse siempre á las condiciones de la localidad para que el saneamiento sea completo. Para la acción filtrante los filetes de agua que existen á mayor distancia entre dos líneas de drenes, encuentran mayor resistencia á penetrar en los tubos de desagüe, que los más próximos á éstos, y ejerciéndose esta acción á una misma altura en razón directa de la distancia salvada por capilaridad, resulta que la resistencia que ofrecen los distintos terrenos para cada plano vertical que se considere, crece con la distancia del mismo al que pasa por el dren. De aquí que en su expresión gráfica la zona saneada afectará la forma de una cubierta á dos vertientes, teniendo por límites á la equidistancia entre dos líneas de drenes y por limaoya el plano vertical que pasa por los ejes de los tubos de desagüe.

La inclinación que tendrán los planos de separación de las zonas saneadas y no saneadas, será dependiente de la mayor ó menor inclinación que se dé á los drenes por unidad de longitud y también de la separación de los mismos drenes, siendo función de ambas cantidades.

Si un drenage de 0^m,40 es suficiente, conforme acabamos de ver, para el cultivo de la vid, y si tenemos en cuenta que las raquílicas plantaciones de este vegetal en el delta del río han de mejorar notablemente, trocándose de su estado actual en una exuberante vegetación que

produzca ricos y sazonados frutos igualándolos á plantaciones análogas de las regiones más favorecidas de España, creeríamos no pecar de exagerados si nos limitáramos á la referida profundidad para los drenes que se proponen; pero teniendo en cuenta que con esta producción se desarrollarán en buenas condiciones cereales, leguminosas, tuberculosas y todo género de gramíneas, las cuales requieren arados profundos para estar en perfectas condiciones de la mayor producción, además de algunos árboles frutales de vida precoz con poca profundidad de raíces para que éstas puedan desarrollarse en las mejores condiciones de su especial organización en el subsuelo saneado, aumentaremos la profundidad media de las zanjas para los drenes á la cota de 0^m,80 para que la vida agrícola se desarrolle en el mencionado delta en sus múltiples y variadas manifestaciones.

Tales zanjas de 0^m,80 de altura, de 0^m,10 de diámetro del dren en el fondo que afecta la forma semicircular y con 0^m,45 de ancho en la parte superior, estarán dispuestas en el terreno á distancias medias de 10^m,00 entre ejes de los drenes siguiendo la línea de mayor pendiente que acuse el suelo en su punto de emplazamiento.

Según sean las labores del terreno cultivado en la actualidad, sobre todo si contienen arbolado ó están plantadas de viña, modificaremos la dirección indicada para darle la que afecten las hileras de árboles y cepas, con objeto de evitar que sus raíces y raicillas, al encontrarse en mejores condiciones de beneficiar los jugos que necesitan para el desarrollo de su organismo, descendan á través del subsuelo y penetren en los tubos de drenage, siendo causa de múltiples obstrucciones. Aconsejando la práctica que para casos análogos la equidistancia entre la línea de drenes y la de un arbolado cualquiera, sea de 6 ó 7 metros, tal vez habrá necesidad de modificar la referida equidistancia, ó en su defecto, nos obligará á colocar á mayor profundidad de la que hemos señalado la línea de fondo de los drenes, dependiente siempre de la corpulencia y frondosidad del arbolado mencionado que existe en aquel punto y de la profundidad de las actuales zanjas de desagüe.

La experiencia aconseja que los drenes al desembocar á las zanjas colectoras y al hacerlo éstas entre sí, lo efectúen bajo un ángulo más ó menos agudo para facilitar el natural desagüe, cuyo sistema permitirá dar á aquéllos mayor inclinación y evitará, como á menudo sucede, tener que construir en curva en la longitud de un metro por lo menos, la porción inferior del dren junto á su desembocadura, causa algunas veces de obstrucciones de diversa índole.

Las zanjas de desagüe que se construyan y las actuales, convenientemente arregladas para hacer el papel de colectores del drenage, permitirán dar á los drenes una inclinación apropiada para que su gasto en treinta y seis horas sea próximamente la mitad de la cantidad de agua que haya caído en un día entero bajo la acción de una fuerte lluvia en la superficie drenada: el máximo de la cantidad de agua llovida es de 0^m,06 de altura al día, como hemos visto anteriormente, correspondiendo á 600,00 m.³ por hectárea, cuya cantidad penetrará en el terreno el 0,25 del total, y como ha de dársele desagüe en dos tercios del tiempo, atendida la lentitud con que el agua se filtra hasta las capas en que hay el drenage, de ahí resulta que el cálculo del gasto de los drenes debe hacerse á

razón del tercio del expresado caudal, ó sea de 520 litros por área y por día.

Ahora bien, en el ejemplo que consideramos, se hallan dispuestos á 10 metros de distancia, correspondiendo un décimo de área y 52 litros diarios, ó sean 0,006 por segundo. Ahora bien, el caudal que pasará por cada punto del dren será proporcional á su distancia al punto más elevado de éste, y el cálculo del desagüe debe hacerse teniendo en cuenta la pendiente y la longitud del dren; así, supongamos que ésta fuese de 100 metros y de 1 por 100 aquella, resultaría, aplicando la fórmula del gasto en los tubos consignada por Darcy y Turazza,

$$Q = S v = S m \sqrt{2 g h}$$

y substituyendo valores, suponiendo el coeficiente de construcción $m = 0,63$ como término medio,

$$0,0006 = 5 \times 0,63 \sqrt{2 \times 9,81 \times 1}$$

$$y \quad S = \frac{0,0006}{0,63 \sqrt{2 \times 9,81 \times 1}} = 0,000215,$$

de lo que se deduce que el área debería ser de 0,000215 metros cuadrados, y como los drenes nunca deben funcionar á presión y sólo deben ir llenos los $\frac{1}{3}$ ó menos, el área del tubo la haremos igual á 0^m,000706 y de 0,03 el diámetro interior del dren.

Para terminar lo relativo al drenage, condensaremos en algunas frases los principios generales á que debe ajustarse su realización; cuando el suelo es sensiblemente horizontal ó poco inclinado, la dirección de los drenes es indiferente y se determina principalmente por la posición de los canales de descarga ó medios de practicar el desagüe.

Los drenes de 0^m,03 á 0^m,035 de diámetro no deben exceder de 250 á 330 metros de longitud, mayormente si su pendiente es muy débil á igualdad de las demás condiciones, bastando para dar evasión á una capa de agua de 0,01 metros sobre el terreno que debe sanearse. Para determinar la sección que corresponde á un tubo de drenage, utilizaremos la fórmula de Prony, considerando que la sección sólo está llena en los $\frac{1}{3}$ de su área, ya para tener en cuenta que los tubos no deben ir nunca completamente llenos, ya por considerar que el aire y algunas partículas que lleva el agua, disminuyen el desagüe del dren.

Aun cuando sea muy reducida la longitud y el caudal aportado por los drenes, deben hacerse acometer á otro de mayor importancia que á su vez desagüe en la zanja ó colectora para evitar que sean muy numerosas las aberturas de los drenes, por las que penetran los animales, plantas é impurezas que originan las obstrucciones, constituyendo el principal peligro para el drenage. El dren colector se cierra con una boca ó rejilla de hierro empotrada en mampostería. Estos drenes más importantes se colocan 0^m,02 á 0^m,04 más bajos que los afluentes, procurando que si éstos concurren por ambos lados del colector, no estén las bocas frente una á otra para impedir las obstrucciones. En general, el aumento de profundidad está regulado por la circunstancia de que las generatrices más altas de los drenes de distinto orden estén á la misma altura. El dren colector de una superficie de 2 á 4 hectáreas basta con que tenga de 0^m,04 á 0^m,06 de diámetro, bajo el supuesto de que no haya filtraciones de los terrenos superiores, por-

que, en ese caso, para darles salida debe colocarse un dren de circunvalación alrededor del terreno que debe drenarse.

Para evitar las procedentes del arbolado se separará la fila de los drenes de la de los árboles en cantidad variable, según las especies, que debe llegar hasta 15 ó 20 metros en las de madera blanca.

En cuanto á la profundidad de los drenes, debe estar comprendida entre 0^m,80 y 1^m,30 y la pendiente ser uniforme en todo el trayecto, procurando que sea la misma del terreno, aun cuando no debe bajar de 0,001 ni ser mayor que la correspondiente á la destrucción de los tubos. En general, la pendiente de los drenes aumentará siempre de abajo arriba como sucede con los cauces, á los que se asemejan. Los cambios de pendientes motivan otros en la velocidad que, al disminuir, es causa de que se depositen materiales llevados en suspensión y en arrastre, y para evitar obstrucciones, debe disponerse en cada cambio de pendiente un registro que permita quitar los depósitos que se forman.

En cuanto á la separación de los drenes, debe ser tanto menor cuanto más impermeable sea el terreno, pudiendo considerarse que esa separación debe oscilar entre 9 y 20 metros para distintos terrenos, si bien que en los muy permeables pueden estar á muchísima mayor separación; así, por ejemplo, en el subsuelo arenoso de Gennevilliers, que hemos visitado, no hay más que cinco drenes que disten hasta dos y más kilómetros en su zona más divergente y que bastan perfectamente para descender el plano de agua á la cota que se quiso obtener. No obstante, en nuestro caso, como en la mayor parte de las tierras fuertes del N. de Francia, bastará una separación de drenes de 10 metros, conforme á las indicaciones del renombrado agrónomo H. Mangon. En los terrenos más próximos al mar y, por tanto, más mezclados con arena y, en consecuencia, más permeables, bastará colocar los drenes alternados, ó sea á 20 metros, y si esta separación no fuera suficiente al cabo de un par de años, se podrían colocar los intermedios.

UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUCIAS DE BARCELONA

EN EL RIEGO DEL LLANO DEL LLOBREGAT

Uno de los extremos en que han estado conformes las autoridades sanitarias que se han ocupado del saneamiento del llano del Llobregat, es el de que se procure la depuración de las aguas sucias del alcantarillado de Barcelona mediante el riego de los terrenos del delta para contribuir á su fertilización y saneamiento.

Así lo consignan explícitamente los dictámenes de la Junta provincial de Sanidad y Real Academia de Medicina, con cuyas opiniones nos hallamos completamente conformes por las razones que á continuación detallamos.

Es una de las más principales el éxito obtenido en los puntos donde se ha aplicado, y damos á este punto la mayor importancia porque, tratándose de ciencias experimentales, lo que más interesa al estudiar un procedimiento es conocer los resultados producidos en los puntos en que se haya ensayado. Bajo este concepto, la prueba no puede ser más concluyente, porque el riego con aguas de alcantarillado se practica desde hace mucho tiempo con excelente resultado en París, Madras (India), Dantzig, Berlín, Breslau, Milán, Valencia, Madrid y otras muchísi-

mas poblaciones, y no es de extrañar que esto suceda, cuando sabemos por la práctica de todos los países y de todos los tiempos, que el excremento humano constituye el mejor y más nutritivo de los abonos que puede proporcionarse á los vegetales.

En el último Congreso Internacional, que es el celebrado en Viena en el año 1887, se presentó como tema tercero el siguiente «Estado actual del estudio de la depuración de las aguas sucias de alcantarillado y del empleo de las deyecciones humanas,» siendo ponente del mismo el ilustrado Dr. Frankland, quien sentó varias conclusiones importantes, de las que citaremos las que más se relacionen con nuestro trabajo. En la 6.^a de ellas dice que el único procedimiento eficaz y al mismo tiempo aplicable, de purificación de las aguas de alcantarillado, consiste en su paso á través del suelo; 145 poblaciones inglesas le han aceptado, haciéndole correr y filtrar de un modo intermitente sobre un suelo inclinado. En la 11.^a de las conclusiones, el eminente higienista es aún más explícito, pues consigna que la purificación de las aguas de alcantarillado por el suelo no es perjudicial á la salud cuando las aguas corren y se filtran por el terreno, y que ni en los sitios en que se purifican las aguas, ni en sus inmediaciones, se puede citar un sólo lugar en que el tifus, el catarro intestinal, la disenteria ú otras enfermedades infecciosas, causadas por materias orgánicas en putrefacción, haya podido atribuirse á la mencionada causa.

En corroboración de lo expuesto, examinaremos más detalladamente lo ocurrido en algunas poblaciones en que se ha aplicado el referido procedimiento.

En Milán desde hace muchos siglos se riegan con gran éxito, en todas las épocas, las *Marcitas* que rodean la ciudad con aguas del Vettabbia, que es su verdadera colector, y lo hace á dosis tan considerables, que exceden de 100.000 metros por año y hectárea, considerada generalmente como tipo.

En Novara se riega un centenar de hectáreas, sitas junto á la urbe, á la enorme dosis de 163.000 m.³ por hectárea y por año; lo propio sucede en Florencia, y según se consignaba en el notable dictamen de Bourneville, lo propio iba á hacer Nápoles en los llanos próximos á Gaeta.

Entre las poblaciones inglesas que han adoptado el procedimiento figura Edimburgo con su campo de irrigación en Craigentuny, y también merecen citarse Oxford, Turnbridge, Wellschetttenham, Great, Malvern, Croydon, Wrexham, Tavistock, Forfor, Wigan, Reading, Blackburn, Burg, Saint-Edmunds, Merthyr, Tidvil, Armstrick, Reigate, Swaffham, Watford, etc.

En los campos formados por terrenos permeables y en los drenados, las dosis exceden de 50.000 m.³ anuales por hectárea, pero se reducen á la mitad ó la tercera parte cuando aquéllos son impermeables.

Londres, la gran Metrópoli, también se ha decidido á intentar la purificación de sus aguas sucias, y después de los ensayos de Crosners y Maplin, la Comisión Real nombrada para estudiar el asunto adoptó, entre otras, la conclusión 10.^a en que decía que el único medio de depuración eficaz es el del riego del terreno, y en la 11.^a exponía que el mejor medio de aplicar el líquido al suelo, sería el de la filtración intermitente.

Las aguas sucias se destinan en Lausana al riego de 140 hectáreas de prados, que se riegan con aguas del Flou y las sucias de alcantarillado de la población; los terrenos

distan un kilómetro y medio de la población y están rodeados de quintas de recreo, sin que se haya observado la menor perturbación en la salud pública, habiendo desaparecido las epidemias de tifoidea y las fiebres intermitentes; y por estas causas se considera la depuración como causa de la salubridad y exuberante vegetación que ofrecen los campos en que se ha empleado, cuyo precio ha crecido hasta alcanzar el de 11.000 pesetas por hectárea.

La utilización agrícola de las aguas sucias se ha practicado también en los terrenos de Evere, Flaeren y Mochelon, habiéndose proyectado para completarla, extenderla á las mesetas arenosas de Loo y de Penthey, próximas á Vilvorde.

La aplicación de procedimiento de depurar las aguas sucias de Berlín merece ser estudiada detenidamente por referirse á una población de cerca de un millón de habitantes que producen 78.627 m.³ diarios y 28.773.915 m.³ anuales de aguas de alcantarillado que se depuran en extensos terrenos de 4.453 hectáreas de extensión, de las que se explotan actualmente 2.744, hallándose drenada una parte de 1.505 hectáreas; el terreno es silíceo y favorece la depuración, aun cuando ofrece la desventaja de estar la capa permeable tan sólo á un metro de distancia de la superficie; esto no obstante, la purificación es tan completa, que el agua de dicha capa es clara y pura y casi desprovista de microbios, siendo excelentes las condiciones sanitarias de la contigüidad de los terrenos irrigados con las aguas sucias.

Dantzic depura desde 1871 14 ó 16 m.³ diarios de aguas sucias por medio del riego de los campos de Weichselmünde, de 500 hectáreas de extensión, adoptando dosis de 30.000 á 80.000 m.³ por hectárea y por año.

En Alemania otras poblaciones han adoptado el mismo procedimiento, como Breslau, cuyo campo de irrigación mide 400 hectáreas, Goettingen y otras. Además, Frankfurt va á aplicarlo en los terrenos próximos á Munich; va á hacer lo propio en Isar insiguiendo los atinados consejos del eminente Pettenkoffer.

La famosa Atenas también emplea las aguas sucias en la depuración por los terrenos sitos al S. de la ciudad con buen resultado agrícola, sanitario y económico.

En Francia son muchas las poblaciones en que se han planteado la depuración de las aguas sucias por el riego de los terrenos. Reims, por ejemplo, lo ha hecho recientemente vertiendo al terreno las aguas sucias de sus dos colectoras.

El volumen de aguas que facilita el conducto superior es próximamente de 12.000 m.³ por día, y el del inferior 24.000 m.³, ó sea un total de 36.000 m.³ por día.

Los terrenos destinados á recibir estas aguas comprenden 150 hectáreas; los terrenos comprados por la «Compañía de aguas sucias» y los terrenos bajos que sólo reciben pequeñas cantidades de agua para el cultivo.

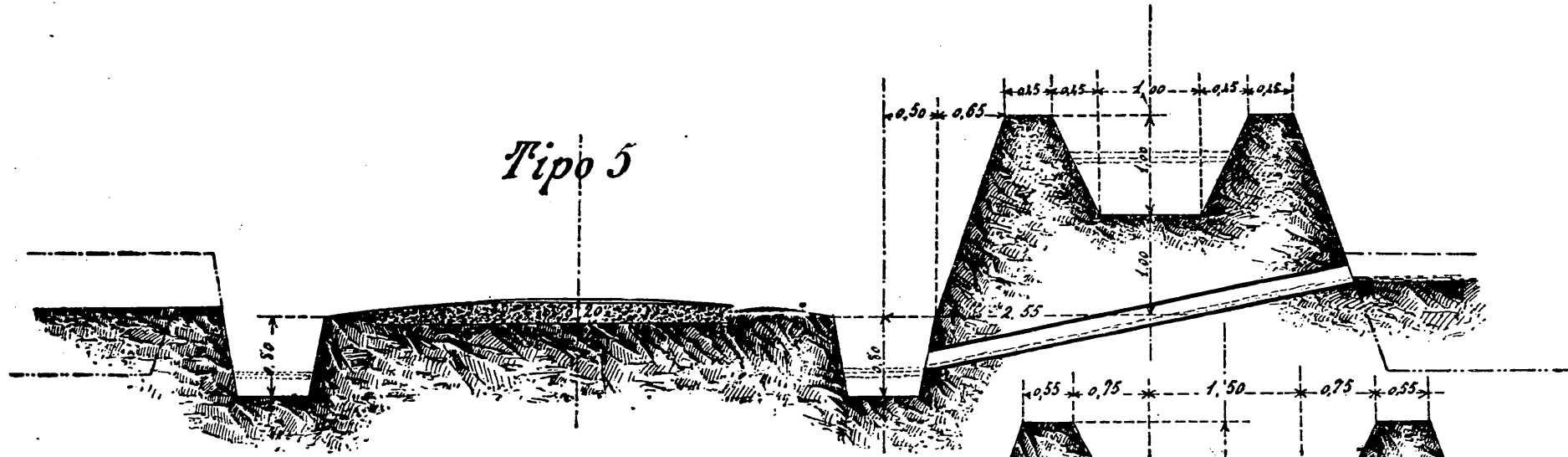
El campo de irrigación coge en conjunto cerca de 500 hectáreas, que serán cultivadas y abonadas por dosis variables de aguas de cloaca.

La compañía encargada del saneamiento ha cruzado el terreno con 7.600 m.³ de tubos de desecación.

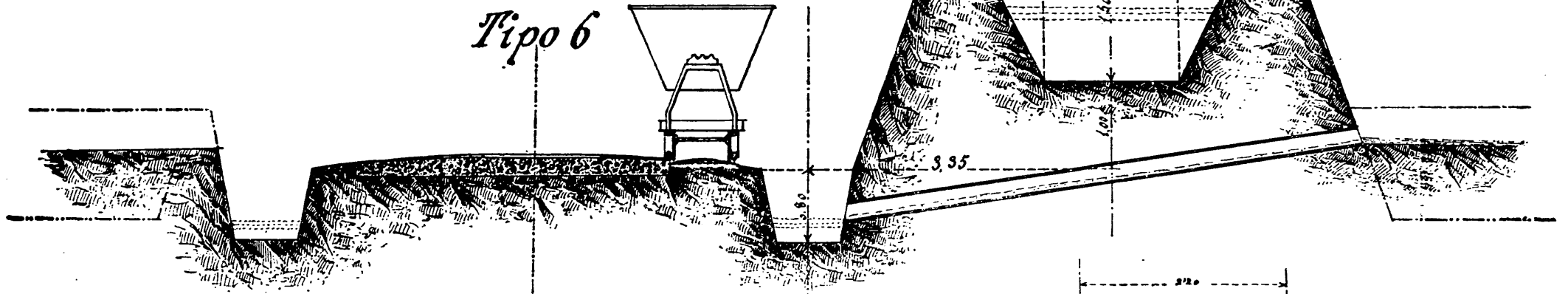
Se emplean los tubos de fundición para las aguas que han de ser elevadas, y embetunados para las aguas que llegan por simple gravitación de 0,30 á 0,60 metros de diámetro.

La experiencia de todos, conocida de Gennevilliers es

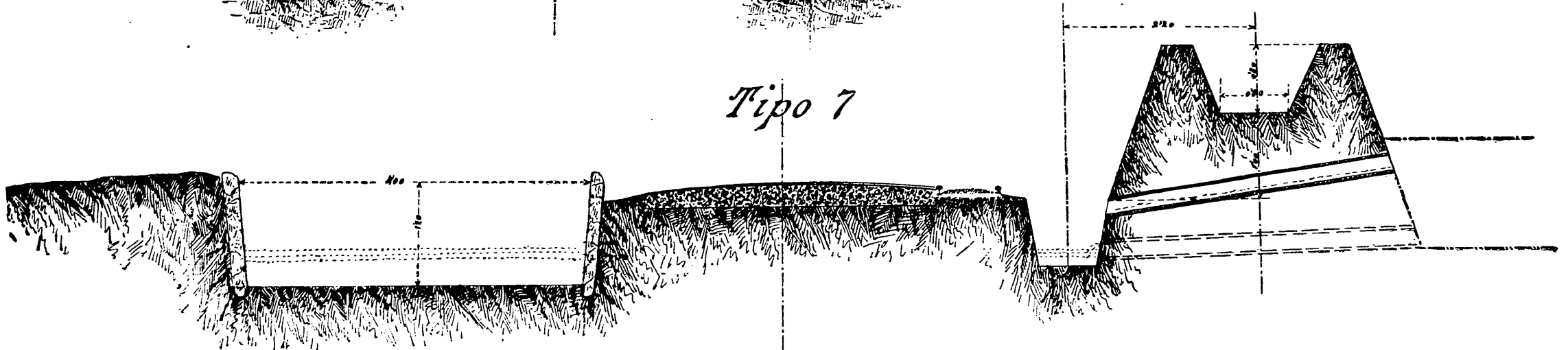
Tipo 5



Tipo 6



Tipo 7



por demás instructiva y concluyente; ella prueba de una manera irrecusable la bondad del procedimiento cuya excelente aplicación hemos comprobado en la visita que practicamos á esos campos de irrigación en el año anterior, en la que pudimos convencernos de que las aguas sucias que se vierten sobre el terreno pierden al atravesarlo su color negro y su aspecto nauseabundo, quedando completamente purificadas al salir de los drenes, de los que mana un agua fresca y cristalina, que la bebimos, encontrando que reunía excelentes condiciones de potabilidad. La cantidad irrigada en 1885 fué de 23.064.183 m³.

La dosis media de las irrigaciones de Gennevilliers se aproxima á 50.000 m³ anuales por hectárea, llegándose en algunas parcelas de ensayo á la dosis de 80.000 m³. El valor de arriendo de los terrenos, que era de 90 á 150 pesetas por hectárea de las mejores, antes del riego con aguas de alcantarillado era ya en 1888 de 450 á 500, para el conjunto de todos los terrenos que han alcanzado un valor en venta de 10.000 á 12.000 francos.

La prosperidad creciente de los propietarios de estos terrenos, y consiguientemente del país en general, unida al mejoramiento de sus condiciones sanitarias, demuestra la excelencia del sistema que, con tanto celo como ciencia, planteó en Gennevilliers el malogrado Durand-Claye, á quien los higienistas, reunidos después del Congreso internacional del año último en París, acordaron elevar un monumento que perpetuase sus méritos y los servicios que había prestado á la humanidad.

Sin acudir á ejemplos del extranjero, los tenemos en nuestra patria misma, sancionados por una experiencia inmemorial; Valencia utiliza desde 1358, como único abono para fertilizar, 515 hectáreas de terreno contiguas á la Albufera, las aguas de alcantarillado en cantidad de 14.780 m³ diarios, equivalentes á 10.536 m³ anuales por hectárea, alcanzando esas tierras un valor de 10.000 pesetas, ó sea diez veces más que el de las tierras de secano contiguas.

Madrid utiliza en la Vega del Manzanares las aguas sucias de sus excreta con excelentes resultados agrícola y económico.

No es extraño que así suceda, por cuanto ya hemos dicho anteriormente que el excremento humano es el más rico de los abonos.

Tomando por base la cantidad de excremento producida anualmente por cada persona, vamos á calcular el valor de ese importante abono agrícola. Del promedio de los datos presentados por D'Alton, Valentin y Barral, se deduce que un individuo produce durante un año 76,39 kilogramos de excrementos sólidos, cuyo peso se descompone en dos partidas, una de 60,59 kilogramos, referente á los excrementos húmedos, y otra de 15,80 kilogramos, de materias secas; el peso correspondiente á la orina es de 423 kilogramos. Pettenkoffer asegura que las inmundicias originadas por una persona adulta pueden subdividirse en tres clases principales: las sustancias excrementicias pesan 34 kilogramos; la orina producida anualmente lo es en cantidad de 428 kilogramos; los detritus de cocina y basura recogidos anualmente pesan 90 kilogramos. Teniendo en cuenta el volumen de las aguas de cocina, lavado, legía, etc., sólo á razón de la insignificante cifra de 30 litros por cabeza, aun considerando que se evapore la tercera parte, se obtiene un peso total de 7.867 kilogramos, que aplicado á una población de 250.000 ha-

bitantes, supone un peso de 1.966.750 toneladas, correspondientes á un volumen aproximado de 2.000.000 de metros cúbicos, que evaluado al tipo mínimo de una peseta el metro cúbico, al cual se vende la letrina de calidad inferior actualmente en Barcelona, produciría al Ayuntamiento una renta anual de 2.000.000 de pesetas.

En Inglaterra se calcula que cada 10.000 habitantes producen, por término medio, 250.000 libras inglesas de excrementos diarios entre sólidos y líquidos, cuya relación de peso es de 1 á 16.

Para calcular de otro modo el rendimiento que podría obtener el Municipio si explotara directamente la industria del abono humano, observaremos que en Italia se asigna á esta producción un valor mínimo de 7 pesetas por individuo, que importaría para Barcelona una riqueza de 1.750.000 pesetas anuales, cifra muy aproximada á la que hemos obtenido anteriormente y por camino diverso, lo cual nos comprueba que si el Municipio beneficiara por sí la industria de que nos ocupamos obtendría un cuantioso beneficio y podría mejorar y reglamentar el servicio de extracción de letrinas, que hoy deja mucho que desear en Barcelona.

Aun cuando los datos que hemos tomado por base de nuestros cálculos fueran exagerados, lo cual no creemos, porque proceden de sabios autores, siempre sería crecidísimo el rendimiento industrial obtenido por el Municipio, al propio tiempo que se procuraba el saneamiento de la ciudad y el bienestar de sus habitantes. Las deyecciones humanas podrían aprovecharse para el riego de los terrenos situados en los deltas del Besós y del Llobregat.

El conocimiento de la potencia agrícola de las sustancias fecales se remonta á la más alta antigüedad, puesto que Moisés y Ezequiel recomendaban eficazmente su empleo para la fertilización de los terrenos; las preocupaciones vulgares hicieron que durante mucho tiempo se haya desperdiciado el más rico de los abonos, pero hoy ya en todas las naciones civilizadas se le utiliza para el laboreo de las tierras, facilitando así la indispensable rotación de los cuerpos y su paso sucesivo de unos á otros reinos de la naturaleza.

El poder fertilizante del excremento humano se comprende teniendo en cuenta que si, según M. Santh, consideramos un terreno capaz de producir tres veces el peso, la semilla que en él se plante rendirá cinco veces el indicado peso de semilla si se le da abono vegetal; siete veces si es de cuadra; ocho veces si de palomar; diez veces si de estiércol de caballo; doce veces si orines humanos, y catorce veces sin son excrementos humanos. Además, para formarnos cargo del valor agrícola de las aguas de alcantarillado, consignaremos las dosis que resultan del análisis de las aguas del gran colector de Clichy relativo á un metro cúbico de agua.

	Kgmos.
Materias volátiles y combustibles.	
Nitrogeno.	0,041
Otros compuestos	0,774
Acido fosfórico	0,017
Potasa.	0,031
Cal	0,351
Materias minerales.	
Residuo insoluble en los ácidos.	0,704
Otros compuestos	0,630
TOTAL.	2,548

Según M. Cornil, el agua de alcantarillado contiene por metro cúbico 45 gramos de nitrógeno, 18 gramos de ácido fosfórico y 37 gramos de potasa, siendo su valor fertilizante diez veces mayor que el del estiércol de cuadra.

No insistiremos más acerca de este y de los demás extremos, porque los estudiamos ya también en el dictamen que emitimos con la Comisión para el estudio de la nueva red de alcantarillado, la cual consignó, al tratarse de este asunto, su opinión en estos términos bien claros y precisos:

«Además, armonizando esta mejora con el encauzamiento del río Llobregat y con el drenaje y saneamiento del insano delta, causa indudable de muchas enfermedades infecciosas de Barcelona, podrían regarse y cultivarse colosales extensiones de los terrenos palúdicos situados en la parte más baja del río citado y en los términos municipales de Gavá, Prat de Llobregat y Castelldefels y cuya extensión total es de más de 3.000 hectáreas. Ahora bien, considerando para Barcelona una población de 280.000 habitantes y suponiendo que cada hectárea sirva sólo para depurar las inmundicias de cien individuos, aunque en realidad pueda lograrse mucho mayor resultado, vemos que para regenerar todas las inmundicias de la capital basta una superficie que no alcanza, ni de mucho, á 2.800 hectáreas. De lo dicho se desprende que hay en los alrededores de la ciudad terrenos más que suficientes para la completa depuración de todas las aguas sucias del alcantarillado y que es posible transformar los insanos y desiertos terrenos del delta del río Llobregat en salubres huertos, prados y hermosos vergeles, así como fertilizar económicamente muchos campos poco productivos de los llanos situados á uno y otro lado de la población.»

«Las aguas sucias se utilizarán, siempre que sea posible, como abono para la fertilización de los terrenos del llano; cuando éste resulte impracticable, se lanzarán dichas aguas al mar, acudiendo en ambos casos á la instalación de máquinas elevadoras en los puntos donde sean indispensables para la buena marcha del servicio.»

Este dictamen, que fué aprobado en principio por la Corporación municipal, ha resuelto acertadamente el asunto en beneficio de Barcelona y de los pueblos de su llano y del Llobregat. Igual destino se da á las aguas de alcantarillado de Gracia que, según el proyecto que redactamos, debe conducir todas las aguas sucias á la colectora de Rosellón y de ésta al llano del Llobregat. La ventaja respecto de los demás riegos con el agua sucia, empleada en invierno en los tiempos de heladas, es que por ser casi constante la temperatura en éstas, harán derretir el hielo de los caminos regados con dichas aguas.

Partiendo ya de lo expuesto, hemos practicado numerosos aforos, de los cuales se desprende que el volumen de aguas sucias que conducen al mar las colectoras generales que desagúan junto al dique del O. del puerto y frente á la fábrica del gas de «La Catalana», son en conjunto de 0,8 m.³ por segundo, deducción hecha de las aguas de la acequia condal, por cuyo motivo, y en atención al aumento que pueda experimentar en el porvenir, hemos hecho los cálculos á razón de un metro cúbico por hectárea y segundo.

La expresada cantidad de un metro cúbico por hectárea y segundo exige, para depurarse completamente, 630,72 hectáreas, por cuanto aquel volumen es equivalente á 36.400 metros diarios y 31.536.000 m.³ anuales; ahora bien, dadas las condiciones del llano del Llobregat y aten-

diendo á la poca permeabilidad del terreno y á la extraordinaria humedad del subsuelo, la dosis de la depuración conveniente es la de 50.000 m.³ anuales por hectárea, aun cuando en determinados sitios pudiéramos llegar á la dosis máxima de 100.000 m.³ diarios fijada en el extranjero; con la dosis expresada de 50.000 metros corresponden 630,72 hectáreas para la depuración de los expresados 31.536.000 m.³ de aguas sucias en cada año; como en la actualidad no hay disponible más que 0,80 metros, la dosis que resulta para las expresadas 630,72 hectáreas es de 400,31 m.³ anuales por hectárea.

La conducción partiría de Barcelona á la cota de 14 metros, y llegaría al cruce del nuevo cauce con la carretera de Valencia, que aquélla sigue á la de ocho metros, utilizándose la citada vía pública y los mismos conductos para el riego con aguas sucias ó claras, cuando uno ú otro servicio experimentarían interrupción.

PÉRDIDA DE CARGA

Vamos á averiguar la pérdida de carga que experimenta una conducción de 10.000 metros de longitud y una diferencia de nivel de seis metros para un gasto de 2.000 litros por segundo.

La pérdida de carga que experimenta el agua por el paso de la tubería es, según la fórmula de Uslands,

$$h_1 = C \frac{l}{d} \times \frac{v^2}{2g}$$

en la que

l = longitud de la tubería en metros.

d = diámetro.

v = velocidad.

g = intensidad de la gravedad.

Admitiendo una velocidad de 0^m,85 por segundo, el diámetro vendrá dado por la fórmula

$$R^2 = \frac{Q}{\pi \times V}$$

R = radio del tubo en metros.

Q = gasto en m³ por segundo.

Aplicando valores, tendremos

$$R^2 = \frac{2}{3,14 \times 0,85} = 0,7493,$$

de donde $R = 0^m,865$.

Sustituyendo valores en la fórmula anterior, y entre ellos el de C , que dan las tablas $C = 0,02763$ deduciremos

$$h_1 = C \frac{10.000}{1.730} \times \frac{0^m,85^2}{2 \times 9,81} = 0,02763 \times 5779 \times 0,0368.$$

Por tanto, la pérdida de carga es $h_1 = 5^m,87$.

DIMENSIONES DE LA TUBERÍA

Esta será de hormigón, cuya mezcla, por metro cúbico, se compone de partes iguales de buen cemento, arena y gravilla.

Las tuberías de este género dan magníficos resultados en la práctica, habiéndose empleado con el mayor éxito en el abastecimiento de aguas potables en Nimes y en las

distribuciones de Avallón y St. Etienne, y en las obras análogas de conducción de aguas sucias de París á Gennevilliers, donde está sometido á una presión de tres atmósferas. Empleados bajo la presión de débiles cargas que no excedan de 15 metros, presentan sobre la fundición ventajas notables de economía y de seguridad, motivo por el cual no vacilamos en su adopción.

El espesor de los tubos lo calcularemos por la fórmula de Debauve

$$E = \frac{DH}{30}$$

en la cual

D = diámetro en metros.

H = presión en metros.

Aplicando valores, tendremos:

$$E = \frac{1,73 \times 5,87}{30},$$

de donde $E = 0^m,34$.

CAUDAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y VISTAS

Además de destinarse para los terrenos del Llobregat las aguas sucias que pueden bastar para el riego de 630,72 hectáreas de terreno, á la dosis de 50.000 m³ por hectárea, y año equivalente para nuestra población de 30.000 almas á unos 475 habitantes por hectárea, proyectamos para 2.000 hectáreas que quedarían sin el riego de los del delta, la elevación de dos m³ por segundo. Para demostrar la posibilidad de obtener con creces el mencionado caudal, recordaremos que el caudal de agua que recibe anualmente la cuenca del río Llobregat, cuando menos es diez veces mayor que el correspondiente á un día de aguacero; por lo tanto, no será inferior á 3.445.504.000 m³, de los que forman el caudal subterráneo la proporción de 13 por 100 del total, ó sean 447.915.520 m³ al año, equivalentes como promedio á 14,20 m³ por segundo. Para no olvidar ningún dato de los que pueden influir en el cálculo del caudal, consideramos, de acuerdo con los Ingenieros Sres. Thos y Palou, que sólo el 10 por 100 del agua llovida puede utilizarse para la elevación, por lo cual queda reducida á 11 m³ por segundo la cantidad de agua subterránea que podría alumbrarse, de la cual sólo hay concedidas á la Empresa de aguas subterráneas del Llobregat 4.000 m³, que dicha Sociedad no ha podido utilizar más que parcialmente, resultando en consecuencia un sobrante de más de seis m³ por segundo, que demuestra la posibilidad de obtener el referido caudal de dos m³ de agua por segundo.

Extensión de la zona regable.—La zona de terreno á la que convendría adaptar el riego es toda la que hoy carece de un caudal de agua continuo y seguro, á cuyo efecto consideraremos que reúne condiciones de tal toda la zona, que no puede regarse en la actualidad con las aguas de los canales de la Infanta (ó de la izquierda), y el de la derecha.

Para dar idea de la extensión de los referidos terrenos seguidamente consignamos cuál es la superficie de las distintas zonas en que hemos considerado dividido el proyecto y la extensión de la parte que podría regarse si se realizara este proyecto.

Aguas vistas sobrantes.—De estos 2 m.³ elevaremos como aguas vistas todas las que por filtración, escorrentía y otras causas se reunan en el último tramo del río, que de los aforos que practicamos resultó ser en el máximo de estiaje de medio metro cúbico por segundo.

AREAS DE LOS TERRENOS COMPRENDIDOS EN LAS DIFERENTES ZONAS

ZONAS	Terrenos regables que hoy no lo son.	Superficie total de la zona.
Delta inferior.		
{ derecha . .	4.499,96	5.687,96
{ izquierda .	163,90	1.122,60
Delta superior: derecha	424,60	1.666,80
Total general á que se refiere el proyecto.	5.088,46	8.477,36

El caudal de aguas á que nos referimos es de aguas superficiales y subterráneas, no obstante existir sobrante de las últimas, por ser las primeras más fáciles de obtener y existir sobrantes en la desembocadura.

Conocidas las circunstancias de los caudales disponibles y demostrada la posibilidad de obtener la cantidad de agua necesaria para adoptar el riego á toda la parte del delta que carece de él, examinaremos el detalle referente á la toma de aguas.

Emplazamiento.—Para conocer cuál sea el punto más conveniente para emplazamiento de la toma, debemos estudiar las condiciones de los distintos puntos que reúnen condiciones propicias para el caso. El agua del subsuelo del delta procede de dos causas principales, la de lluvia que cae sobre el mismo y la que á él afluye superficial y subterráneamente de la recogida de las montañas superiores y la derivada subterráneamente del río Llobregat; la primera cantidad la obtendremos multiplicando el área del terreno, que mide 7.354,76 hectáreas en la zona derecha del río, que es la que tiene más extensión de terreno desprovista de riego, por la altura pluviométrica, que es de 0,60 metros, y resultará un volumen de 44.128,60 m.³, del cual, únicamente la mitad próximamente se queda en el terreno, que carece de expeditos desagües y retiene, por tanto, anualmente un volumen de 2.206,30 m.³ El volumen de agua de las montañas superiores, que las vierten al delta, es de 670.000 m.³ $\times$ 0^m,60 = 402.000 m.³, cuya mitad, ó sean 201.000, se quedan en la zona derecha del delta en cada año.

Parte del referido caudal se reúne en las depresiones de la cuenca y principalmente en los pantanos que hay en la zona litoral, reuniéndose en ellos no sólo las aguas que corren sobre los terrenos, sino las subterráneas á que antes hemos aludido, cosa que se comprueba, porque á pesar de no llover durante larguísimas épocas del verano, subsiste el agua dulce en los referidos pantanos, si bien la cantidad disponible de ella disminuye mucho en esas épocas, siendo suficiente para nuestro objetivo; además, instalando la elevación de aguas en las cercanías de la zona litoral, las condiciones forzadas deberían ser muy largas y costosas por estar aquéllas en la parte inferior y extrema del delta.

Calidad del agua del llano.—Para conocerla hemos recogido diversas muestras, cuyo análisis, hecho en casi todos los casos en el Laboratorio municipal de esta ciudad, nos da idea de las propiedades de la referida agua.

Analizada el agua núm. 1, acequia pantanosa del Prat, resulta que ésta se presenta de color amarillo y olor ligeramente desagradable; por evaporación abandona un residuo sólido de 0,98 gramos por litro, compuesto principalmente de carbonatos cálcico y magnésico, cloruro sódico y magnésico y sulfato cálcico, y también de materia orgánica poco nitrogenada. En mi concepto debe clasificarse como no potable; sin embargo, creo es buena para el regadío.

La muestra núm. 3 fué tomada de una zanja pantanosa de Castelldefels, una de las muchísimas que hay que cerrar; contiene, según el ensayo practicado en el Laboratorio microbiológico, por cada litro de agua 1,1595 gramos de materias extrañas, correspondiendo de este peso 0,2798 gramos á la materia orgánica y 0,8797 á la parte salina; la extraordinaria proporción de materia orgánica revela la insalubridad de este agua, que es más perjudicial que útil.

Ensayadas las dos muestras de agua señaladas con el núm. 4 (pantano la «Ricarda») y núm. 6 (pantano del «Remolá»), resulta que las dos no son potables, tienen un color amarillo y olor desagradable, especialmente la del número 4. El residuo obtenido por la evaporación es

$$\left. \begin{array}{l} \text{Núm. 4. } 3'00 \\ \text{Núm. 6. } 3'28 \end{array} \right\} \text{gramos.}$$

Estas están compuestas principalmente de cloruro sódico, sulfato de cal y carbonatos cálcico y magnésico y también de materia orgánica nitrogenada. La materia orgánica del núm. 4 está en un estado de descomposición que permite asegurar que sus emanaciones deben ser deletéreas; además la presencia de nitritos da á conocer que se hallan en disolución residuos del reino animal. La materia orgánica del núm. 6 no contiene nitritos y sí solamente compuestos amoniacales, que también se hallan en el núm. 4.

La muestra núm. 5 es procedente del pantano de la Murtra, y abandona por litro un residuo de 1'52 gramos, compuesto principalmente de carbonato cálcico y magnésico, sulfatos cálcico, sódico y cloruro sódico. La materia orgánica no es muy abundante, pero ésta es nitrogenada, conteniendo una corta cantidad de nitritos y compuestos amoniacales, no obstante lo cual, es utilizable para el riego.

La escasez del caudal que ofrecen los pantanos para una importante elevación de aguas; la predominación de la parte salina; la posibilidad de que al absorber un crecido volumen de aguas del mar y la inconstancia del caudal que podía tomarse, son circunstancias más que suficientes para que desechemos los puntos de la zona litoral para emplazamiento de la instalación elevatoria, aun cuando podríamos aprovecharlos para otros objetivos de menor importancia. Preséntase en cambio otro punto de emplazamiento que reúne los requisitos necesarios, y que será en el ángulo primero de los formados en el cruce del nuevo cauce del río y la carretera abandonada de Valencia; allí dispondremos el edificio y maquinaria para la elevación de aguas.

Estas luego se conducirán á lo largo de la carretera de Valencia modificada, en la cual se establecerá el conducto y acequia de alimentación, de la que tomarán sus aguas las acequias principales, que se dirigen siguiendo líneas

próximamente normales á la vía férrea, de cuyas acequias principales parten las que están destinadas á llevar el agua al terreno.

Dada la grande importancia que tiene el proyecto de elevación de aguas, entraremos en la descripción detallada de ésta.

ELEVACIÓN DE AGUAS PARA EL RIEGO

Para base de nuestros cálculos tendremos en cuenta que la cantidad de agua necesaria para estar en buenas condiciones de riego una hectárea de superficie es al máximo de un litro por hectárea y por segundo; pero como la Administración española adopta generalmente el tipo de medio litro por hectárea y por segundo, este es el que fijaremos en nuestros cálculos, por más que deseáramos adoptar el tipo más acertado que considera la Administración francesa, que es de un litro por hectárea y por segundo.

La extensión que comprende el delta del Llobregat en la zona sita al Sur de la línea férrea de Tarragona-Barcelona-Francia (directo) es de 6.810,56 hectáreas; con las de la zona sita al Norte de la expresada línea férrea son hectáreas 8.477,36, de las cuales habrá fertilizadas por las aguas sucias procedentes de Barcelona y por los canales de la izquierda (Infanta) y derecha del Llobregat 4.414 hectáreas; quedan, pues, para regar unas 4.000 hectáreas de terrenos, para los cuales es necesaria la extracción de 2 m.³ de agua por segundo.

Dadas las condiciones que concurren en el sitio de emplazamiento, plantearemos el siguiente problema:

Elevar dos metros cúbicos de agua por segundo á ocho metros de altura, ateniéndose á las condiciones más económicas posibles.

El sistema de bombas que adoptamos son las rotativas, análogas á las de sistema Greind, las cuales reúnen ventajas importantes sobre las centrífugas; son de fácil y escasa reparación, son insensibles á las fugas del aire, recebándose ellas mismas. Comprimen el aire hasta seis atmósferas de presión, producen un vacío de 70 centímetros mercuriales, y su rendimiento práctico es de 0,80 á 0,90, según sea el mayor ó menor esfuerzo ejecutado, dependiente de las alturas moderadas de elevación.

Consideremos que el gasto propuesto se obtendrá para dos trenes de dos bombas movidas cada una de ellas por una máquina de vapor, en lo que se conseguirá poder atender á cualquier reparación que ocurra sin desatender el servicio.

El gasto para cada bomba será

$$\frac{2.000}{4} = 500 \text{ litros.}$$

El trabajo en caballos de vapor que desarrollará cada una de ellas estará expresado por la fórmula

$$T = \frac{Q (h + h_1)}{75 \times 60} \times 1.000 = \frac{P H}{75}$$

en la cual

Q = volumen de agua elevada en metros cúbicos por minuto.

h = altura de aspiración.

h_1 = Idem del tubo de impelencia.

P = cantidad de agua á elevar por segundo en kilogramos á una altura H .

$H = (h + h_1)$ altura total de ascensión del agua.

Para hallar la pérdida de carga que experimentará el agua en el tubo impelente nos valdremos de la fórmula de Dupuit

$$R I = h_1 u^2$$

R = radio del tubo que, hallado por la fórmula general, es de 0^m,165.

I = pérdida de carga.

$h_1 = 0,001120$, según las tablas de Debaue.

u = velocidad media, que suponemos es 2^m,80 por segundo.

$$I = \frac{h_1 u^2}{R}$$

Aplicando los valores respectivos, tendremos:

$$I = \frac{0,00112 \times 2,8^2}{0,165} = 0,05321$$

Luego la pérdida de carga total en el tubo impelente, en la diferencia de nivel que se considera, será:

$$h_1 = 4 \times 4 + 0,05321 = 4^m,22$$

Aplicando valores á la fórmula anterior, tendremos:

$$T = \frac{0,50 \times 60 (4 + 4,22)}{75 \times 60} \sim 1.000$$

de donde

$$T = 54,8 \text{ caballos de vapor.}$$

Comprobación:

El trabajo que deberá producirse por segundo será

$$Q \times H$$

Aplicándolo al caso presente

$$500 (4 + 4,22) = 4.088 \text{ kilográmetros.}$$

La potencia de la máquina será

$$\frac{4.088}{75} = 54,50 \text{ caballos de vapor.}$$

Admitiendo el primer resultado y considerando que el efecto útil es de 0,90, la fuerza efectiva será

$$54,50 = 0,90 \times C,$$

ó bien

$$c = \frac{54,80}{0,90} = 60 \text{ caballos de vapor.}$$

Dejaremos de ocuparnos de las dimensiones de las bombas, pues puede fácilmente presentarse el caso de conocerse al tiempo de la realización del proyecto otra similar que reuna mejores condiciones que las conocidas hoy día, en cuyo caso se emplearía la que mejores ventajas reuniese para la elevación que se propone.

Así, pues, entraremos en el cálculo del motor. Debien-

do servir cada uno de ellos para dos bombas, su potencia será:

Trabajo en caballos de vapor, 120.

Consideraremos como tipo de estudio el sistema Woolf, ó sea á dos cilindros en máquina gemela, los cuales, en marcha normal desarrollan, en igualdad de dimensiones y en velocidad, un trabajo mayor que las modernas Compound, evaluado en un 5 ó 6 por 100. Además, el rendimiento económico es generalmente mejor, pues las pérdidas por enfriamiento se reducen notablemente y los descensos de temperatura son menores en cada uno de los dos cilindros, sobre todo en el de menores dimensiones, que es el que recibe la primera acción del vapor.

(Se continuará.) ⁽¹⁾

LOS AUTOMÓVILES ELÉCTRICOS ⁽²⁾

VIII

Quedó dicho en párrafos anteriores que la principal aplicación que los automóviles eléctricos ofrecen al Ingeniero tiene su campo de acción dentro de las ciudades. El servicio aislado de los coches de punto, la explotación por asientos de un itinerario fijo, y el transporte á domicilio de pequeñas mercancías, pasada la época de ensayo de la tracción automóvil eléctrica, deben hacerse en lo futuro por medio de esta novísima industria de transporte.

Hasta hoy no pueden citarse más que tres instalaciones regulares de coches de alquiler eléctricos, que corresponden á Londres, Nueva York y Leeds; pero los que duden de lo prácticas que resultan y de lo bien recibidas que han sido por el público, deben recordar que hace diez años, cuando empezaron á construirse los tranvías eléctricos, los partidarios de ellos eran mirados con recelo, ya que no con lástima, y luego ha habido que copiar de ellos casi todo lo que hoy se sabe hacer en materia de ferrocarriles eléctricos.

La tracción automóvil eléctrica dentro de las ciudades es un adelanto indiscutible. Ciertamente que las baterías se gastan y su reposición es costosa; cierto también que los acumuladores pesan todavía mucho, y hay que transportar inútilmente aquel peso muerto; cierto, si se quiere aún, que los automóviles tienen peor apariencia que un coche ordinario; pero todas estas razones, con ser de importancia relativa, no destruyen la afirmación de resultar más económica la tracción eléctrica que la animal, ni tampoco excluyen la condición de sencillez de explotación, que el nuevo sistema lleva consigo. Por estas razones no se está en el caso de esperar que un nuevo descubrimiento ó mejora en los acumuladores venga á resolver el problema, y lo que realmente debe hacerse es aplicarle en todos los casos que en lo sucesivo se presenten, procurando mejorar el procedimiento en cada uno de ellos.

(1) En el número próximo se terminará lo referente al riego y se publicará el presupuesto y sistema económico de llevar á cabo las obras.

(2) Los grabados que acompañan al presente artículo los ha proporcionado para la REVISTA la importante casa de Londres «Cordingley's & C.^o», propietarios de *Industries & Iron*.