

á la superficie por el apisonado, puede adquirir mayor compacidad que un hormigón de consistencia media, mientras que otro húmedo ocupará un volumen mayor, y, por lo tanto, será menos compacto. En la mayoría de los casos, las diferencias entre ambos hormigones únicamente se pueden apreciar con mediciones muy delicadas.

Ensayos sobre elasticidad.

En el Laboratorio del Instituto de Stevens se hicieron algunos experimentos sobre la elasticidad de probetas de hormigón cuyos resultados se han reunido en el cuadro XXIII. Las deformaciones producidas por esfuerzos de compresión se midieron para cargas crecientes por incrementos de 45 kilogramos, retirándose aquéllas cuando llegaban á 225 y 450 kilogramos y anotando la deformación permanente; en algunos casos las cargas aplicadas crecían y decrecían alternativamente.

DEPURACIÓN BIOLÓGICA DE LAS AGUAS DE LAS ALCANTARILLAS EN ALEMANIA

Una Memoria del Ingeniero M. Imhoff, afecto al Instituto experimental que el Gobierno prusiano ha organizado en Berlín en 1901, nos suministra los elementos necesarios para este estudio.

Las investigaciones de este especialista han tenido por objeto las instalaciones de depuración biológica de diez y ocho poblaciones alemanas y de diez y nueve establecimientos públicos (hospitales, cuarteles, etc.).

I.—Sistemas unitario y separativo.

Aunque algunos especialistas, entre ellos M. Calmette, dirijan sus preferencias claramente al segundo de estos sistemas, M. Imhoff no está por completo conforme con ellos; según éste,

CUADRO XXIII

Número del experimento.	Número del prisma.	Dosis del hormigón en peso.	Dosis de cemento por 100.	Piedra.	Arena.	Diámetro de las piedras mayores. — mm.	Cantidad en gramos de diámetro variable á partir del diámetro. — mm.	Cantidad más fina que el diámetro de la columna (3). — Por 100	Densidad.	Límite superior de la fuerza. — Kgs. por cm ² .	Coefficiente de elasticidad. — Kgs. por cm ² .	Límites de las cargas. — Kgs. por cm ² .
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	155 A	1 × 9	10	Partida.	Detritus	57	5,0	37,8	0,855	100,0	150650	7 — 70
2	151 A	1 × 9	10	Idem...	Idem...	25	2,5	35,9	0,820	76,2	119640	7 — 35
3	165 A	1 × 9	10	Idem...	Idem...	12	2,0	36,3	0,770	67,5	100900	7 — 35
4	192 A	1 × 2,5 × 6,5	10	Idem...	Idem...	12	Mezcla.....	Natural.....	0,773	61,5	89538	21 — 35
5	167	1 × 3 × 6	10	Idem...	Idem...	57			0,812	67,8	170535	7 — 35
6	170 A	1 × 3 × 6	10	Idem...	Idem...	25			0,802	60,5	126366	7 — 35
7	176 A	1 × 3 × 6	10	Idem...	Idem...	12			0,772	47,1	61805	14 — 35
8	193 A	1 × 11,5	8	Idem...	Idem...	57	5,0	37,8	0,831	66,0	122993	7 — 35
9	155 A	1 × 9	10	Idem...	Idem...	57	5,0	37,8	0,855	100,0	150650	7 — 70
10	179 A	1 × 7	12,5	Idem...	Idem...	57	5,0	37,8	0,852	120,2	158234	14 — 56
11	183 A	1 × 5,67	15	Idem...	Idem...	57	5,0	37,8	0,845	134,9	326811	7 — 70
12	234 D	1 × 8,13	10,6	Gravilla	Arena	57	5,0	37,8	0,860	126,5	201498	7 — 105
13	233 A	1 × 10,76	8,5	Idem...	Idem...	57	5,0	32,1	0,871	66,1	158374	7 — 35
14	217 A	1 × 8,43	10,6	Idem...	Idem...	57	5,0	32,1	0,855	132,1	275504	7 — 35
15	224 A	1 × 6,51	13,25	Idem...	Idem...	57	5,0	32,1	0,865	143,4	258286	7 — 70
16	225 A	1 × 5,3	15,9	Idem...	Idem...	57	5,0	32,1	0,867	162,8	300315	35 — 70
17	221 A	1 × 2,81 × 5,62	10,6	Idem...	Idem...	57	Mezcla.....	Natural.....	0,826	102,2	229122	7 — 42
18	227 D	Idem.	10,6	Idem...	Idem...	25			0,832	144,6	217874	7 — 105
19	213 A	1 × 8,5	10,2	Partida.	Idem...	57	5,0	33,8	0,873	140,6	244581	7 — 35
20	218 A	1 × 6,87	12,75	Idem...	Idem...	57	5,0	33,8	0,866	150,1	269179	7 — 56
21	216 A	1 × 5,54	15,3	Idem...	Idem...	57	5,0	33,8	0,852	171,5	246549	14 — 70
22	205 A	1 × 2,92 × 5,88	10,2	Idem...	Idem...	57	Mezcla.....	Natural.....	0,831	104,0	213446	21 — 35
23	203 A	Idem.	10,2	Idem...	Idem...	25			0,820	109,3	179219	7 — 49
24	207 A	Idem.	10,2	Idem...	Idem...	12			0,783	80,4	155140	7 — 28

Del examen del cuadro se deduce:

1. El coeficiente de elasticidad crece con el diámetro máximo de la piedra. Compárense las probetas 1, 2, 3, 5, 6, 7, 17, 18, 22 y 24.
2. El coeficiente de elasticidad crece con la dosis de cemento. Compárense las probetas 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 20 y 21; hay una ó dos excepciones, pero la regla es indiscutible.
3. El coeficiente de elasticidad de las probetas confeccionadas con arena y gravilla es, por regla general, mayor que el correspondiente á las hechas con piedra partida y detritus.
4. El hormigón de piedra partida y arena tiene un coeficiente de elasticidad más bajo que el de gravilla y arena.—Q.

la sola manera de declararse por uno de ellos es comparar proyectos redactados en las dos hipótesis.

Como regla general, puede decirse que una red unitaria será menos costosa que la doble canalización necesaria por el sistema separativo; pero es necesario notar que la fábrica de depuración que exigirá este último será más extensa, y, por tanto, costará más caro el primer establecimiento y la explotación; es preciso, en efecto, tratar una parte de las aguas de lluvia.

¿Qué parte? Se sabe que los ingleses exigen una depuración completa de estas aguas por los medios ordinarios, hasta que el producto de las alcantarillas llega á ser *tres veces* lo que es en tiempo seco; mas allá, y hasta *seis veces* este producto, se contentan con un tratamiento sencillo sobre hechos filtrantes; después, si la cantidad de agua aumenta todavía, admiten que el desagüe directo en un río no tiene inconveniente.

Según el especialista alemán, estas prescripciones, que llevan á calcular los lechos bacteriológicos por un volumen de

agua muy superior al producto del colector en tiempo seco, son demasiado severos; cree que se puede establecer la superficie de estos lechos partiendo de este producto *non majore*, y que cuando llueve se puede forzar la marcha de la instalación hasta admitir en ella una vez y media más.

Si la lluvia es más fuerte, bastará hacer la depuración mecánica, llegando al desagüe del agua con todas las materias en un río cuando el producto ordinario sea quintuplicado. Si se adoptan estas bases se comprende que la influencia del sistema de alcantarillado, sea unitario ó binario, respecto al coste de la estación de depuración, pierde mucho de su importancia, y que uno de los principales argumentos en favor del sistema separativo casi desaparece.

M. Imhoff no se declara formalmente por este sistema más que en los lugares donde se puede, definitivamente ó como medida transitoria, contentarse con establecer la canalización de los barros, pudiendo evacuarse las aguas exteriores en la superficie de las calles; lo que sucede á menudo en las pequeñas localidades ó en los barrios excéntricos, relativamente poco poblados, de las aglomeraciones importantes. La economía es entonces evidente.

II.—Emplazamiento de una estación de depuración biológica.

Sobre la superficie ocupada por una fábrica de depuración bacteriológica de las aguas del alcantarillado tienen influencia múltiples factores, principalmente el volumen de los barros, su naturaleza, su grado de concentración, etc. Varía, según M. Imhoff, para una población de 10.000 habitantes, de 3.000 á 9.000 metros cuadrados, si no hay instalaciones especiales para las aguas pluviales, y si se conforma con la depuración asegurada por los lechos; en estas cifras están comprendidos 500 metros cuadrados para los barros.

Los dos principales perjuicios que resultan de la vecindad de una fábrica de esta especie son los olores y las moscas. Los lechos precoladores, sobre los cuales saliendo el agua de los fosos asépticos es proyectada en lluvia fina, son los que huelen más; parecen también las más favorables para la pululación de las moscas, á menos que sean recubiertos de escorias finas; los fosos asépticos abiertos tienen el mismo inconveniente.

M. Imhoff indica las ventajas que existen si se dispone para la fábrica de un terreno en pendiente bastante acentuada; el establecimiento de los lechos en pisos ó á gran profundidad facilita mucho la instalación de aquélla y la hace más económica.

III.—Tratamiento preparatorio para la depuración propiamente dicha.

Se puede, ó conformarse con un desbaste, que consiste en una simple decantación en los estanques ó en pozos, ó provocar una putrefacción anaeróbica en cámaras asépticas. M. Imhoff se declara por el segundo procedimiento, porque reduce sensiblemente el volumen de los barros producidos.

La eficacia del trabajo anaeróbico depende en mucho del tiempo que permanezcan las aguas en las cámaras asépticas. Para calcular la capacidad que hay que dar á éstas, se cuidará de tener en cuenta el volumen de barros que se depositan en ellas, y que para una ciudad un poco industrial, dotada de alcantarillado unitario, puede evaluarse sobre la base de tres décimas de litro por habitante y por día. Este volumen se reducirá á la mitad para una localidad sin industria, donde no se llevará á la fábrica más que las cloacas, con exclusión de las aguas del exterior. La limpieza de los focos deberá hacerse cada tres meses en las grandes instalaciones, y solamente una ó dos veces cada año en las pequeñas, que tienen, en general, fosos de gran capacidad relativa.

IV.—Lechos bacteriológicos.

Es necesario distinguir, según que se trate de lechos precoladores, ó de lechos de contacto, consistiendo la acción de los

unos y de los otros, según la escuela alemana, en un fenómeno de absorción, seguido de una fase de actividad microbiana.

Los elementos constitutivos de los primeros pueden ser bastante voluminosos; el diámetro de las escorias generalmente admitidas varía entre 5 y 10 centímetros; la aereación se hace así con facilidad y se puede aumentar el espesor del lecho, que llega hasta 3 metros y aun más. Lo esencial es asegurar un buen reparto del producto de las cloacas en la superficie; los *sprinklers* y otros aparatos ingleses, muy costosos por otra parte, son poco empleados en Alemania, y los sifones propuestos por M. Calmette no parece que son conocidos en esta Nación; lo más general es contentarse con recubrir los lechos precoladores con una capa de materiales finos de 10 centímetros de espesor, y no se cuenta más que con ella para repartir el agua con igualdad aproximada sobre toda la superficie. Es un procedimiento muy primitivo y que, tal vez, entra por mucho en los resultados relativamente poco satisfactorios que, desde el punto de vista económico, da, según M. Imhoff, la precoladura.

Los lechos de contacto deben estar formados con objeto de aumentar la superficie útil de las escorias, de elementos poco voluminosos y sensiblemente iguales entre sí; el espesor máximo del lecho es función del grosor de las escorias y crece con él; con materiales de 8 milímetros, puede llegar hasta 1^m,50 á 2 metros; se debe, por otra parte, reducirlo á 0^m,50 si se emplean escorias más finas; en una palabra, está limitado por la necesidad de permitir la aereación de la masa.

¿Qué importancia deben tener los lechos bacteriológicos? M. Imhoff hace notar, con razón, que es ilógico proporcionar su superficie al volumen de agua que se ha de tratar. Esta es su capacidad; el cubo que ocupan aquellos lechos es el que está en relación con este volumen.

Estudiadas desde este punto de vista, las instalaciones alemanas dan resultados muy diversos; la cantidad de materiales filtradores necesarios para depurar diariamente un metro cúbico de agua de las alcantarillas oscila de 1 á 5 metros cúbicos, y cosa rara, los lechos precoladores están lejos de suministrar las cifras menos elevadas; ellos dan un término medio de 3 metros cúbicos. Si se relaciona el volumen de los lechos con el número de habitantes que en una localidad sin industria mide bastante bien el grado de suciedad de los productos de las cloacas, se encuentra que el volumen de las escorias empleado por habitante varía de 50 á 300 decímetros cúbicos; los lechos precoladores dan las cifras más altas: 245 decímetros cúbicos en Benthén, 270 en Borzigwald bei Berlin, 205 en Unna, en razón, sin duda, del modo defectuoso de repartir los manantiales sobre la superficie de los lechos.

M. Imhoff piensa, en general, se podrá obtener buenos resultados con lechos bacteriológicos calculados sobre la base de 130 centímetros cúbicos de escorias por habitante, aumentando este volumen si el consumo de agua local es importante y doblandole para las pequeñas instalaciones.

V.—Tratamiento complementario de las aguas afluentes de los lechos.

Puede ser necesario un tratamiento complementario de las aguas que han pasado sobre los lechos, ya porque estas aguas contienen materias en suspensión, lo que sucede sobre todo con los lechos precoladores de gruesos elementos, ya porque ciertas materias que encierran disueltas, como los jabones y las grasas, han escapado á la acción de estos lechos, ya porque se quieren destruir las bacterias, ya, en fin, porque se desea recuperar ciertas substancias que ellas arrastran.

Se acabará la depuración, según los casos, por el empleo de posos de sedimento, ó por filtros de arena, ó por filtración intermitente sobre el suelo desunido, ó, finalmente, por la utilización agrícola de las aguas procedentes de los lechos. Este último procedimiento es el que da resultados más satisfactorios en los puntos donde se emplea en Alemania. M. Imhoff, que hace

constar el hecho, se pregunta si, haciendo uso de este procedimiento, los lechos bacteriológicos tienen todavía razón de ser, y si no se podría enviar directamente á los campos de cultivo el agua de las alcantarillas que hubiera atravesado los depósitos de decantación ó los fosos asépticos.

Se llegaría así, según él, á triplicar ó á cuadruplicar la cantidad de agua que podrían recibir los campos y llegar á dosis de riego correspondientes á una capa cotidiana de 10 centímetros, lo que elevaría la extensión de los campos de regadío á una hectárea por 1.000 habitantes.

Esta es una solución análoga á la defendida en Francia por M. Puech, que propone, como medio de tratamiento previo de riego, el empleo de sus filtros desbastadores.

VI.—Los barros.

Es necesario distinguir entre los barros que quedan retenidos en los fosos de arena, los que se depositan en el fondo de los septic-tanks (fosos asépticos), y, en fin, los que quedan en los lechos de contacto.

Los primeros representan poca cosa su volumen, y, ellos solos, casi no constituirían una obstrucción.

Pero hay que añadir á éstos los barros de los fosos asépticos. M. Imhoff reconoce que el volumen de estos últimos es muy inferior al que se obtendría si se recurriese á la decantación simple ó al precipitado grámico; pero cree que esta reducción debe ser atribuida, no ya, como afirma M. Calmette, á una destrucción de la materia sólida que, mezclada con el agua, constituye el barro, sino más bien á una disminución del agua contenida por éste. Los barros gruesos extraídos de los fosos sépticos no encierran más que 80 por 100 de agua, mientras que los que salen de los estanques de decantación alcanzan un 95 por 100; se tendrá, por lo tanto, para una misma cantidad de materias sólidas un volumen de barros cuatro veces menor en el primer caso que en el segundo; ó, dicho de otro modo, si se advierte que en una población poco industrial la materia seca contenida en el agua de las alcantarillas puede evaluarse en 60 gramos por día-habitante, el volumen del barro húmedo, referido á la misma unidad, sería de 0¹,3 si se suple el septic-tank, y 1¹,2 si los materiales de las cloacas son simplemente decantados en pozos ó estanques. Pero si la explicación de M. Imhoff es exacta, estos barros, vueltos al estado seco, representarían sensiblemente el mismo peso en los dos casos.

La superficie necesaria para la desecación de los residuos barrosos de los fosos asépticos debe evaluarse en un minimum de 300 metros cuadrados por metro cúbico de barros y por día, ó á una décima de metro cuadrado por habitante y por día.

Los barros que se depositan en los lechos bacteriológicos son en gran parte destruidos por las acciones biológicas. Los que escapan á estas acciones tienden á producir, á la larga, un terraplén de los lechos. No hay que decir que los lechos de materiales finos, ó sean los lechos de contacto, son los más expuestos. M. Imhoff dice que es preciso prever la necesidad de limpiarlos ó de reemplazar las escorias cada dos ó tres años. Los lechos precoladores, formados de gruesos elementos, no tienen este grave inconveniente y pueden funcionar casi indefinidamente sin tupirse; pero, en cambio, dejan á menudo pasar tantos barros que hacen que deba ser decantado su desagüe.

VII.—Los gastos.

Se comprende que es casi imposible fijar bases ciertas para evaluar de antemano el coste del primer establecimiento de una estación de depuración por la vía biológica; deben tenerse en cuenta demasiados elementos, y, por otra parte, la experiencia á que ha debido procederle le falta duración. M. Imhoff, con estas reservas, cita, sin embargo, algunas cifras.

En las ciudades alemanas, el coste de las instalaciones puede estimarse, por término medio, entre 5 y 12,50 francos por habitante, no comprendiendo el precio de los terrenos; las cifras

más elevadas se refieren á las estaciones de menor importancia. Estos datos deben entenderse para instalaciones puramente biológicas, sin tratamiento complementario del desagüe, no excediendo el volumen que se ha de tratar en tiempo de lluvia de una vez y media al que es depurado en tiempo seco. Para las tres pequeñas instalaciones aplicables á un millar de personas ó á menos, los precios se elevan mucho, fluctuando entre 25 y 125 francos por cabeza.

En cuanto á los gastos de explotación, lo aleatorio es todavía mayor, y no es, sino con grandes reservas, que M. Imhoff señala las cifras de 0,37 á 0,75 francos por habitante y por año.

En resumen, las apreciaciones del especialista alemán son mucho menos favorables á los procedimientos biológicos que las de M. Calmette; se está todavía en el período de tanteos y de ensayos; los datos positivos son defectuosos y se impone la mayor prudencia.—O.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

El *Electrician* del 27 de Julio publica algunas interesantes indicaciones sobre las instalaciones eléctricas de distribución de agua.

La energía eléctrica se emplea ahora mucho en el Oeste americano para accionar las bombas destinadas á los riegos, así como también en Egipto sobre las orillas del Nilo. Asimismo, de un modo general, en el servicio de aguas para la distribución en las ciudades, las bombas centrifugas, movidas por motores eléctricos, son las que dan resultados más satisfactorios, principalmente en los sitios donde la energía eléctrica se vende á precios poco elevados y se produce en estaciones generadoras hidroeléctricas.

La instalación efectuada por la Compañía Gebruder Sulzer de Winterthur (Suiza), en Milán, es una de las más importantes de este género que se puede citar. La primera bomba centrífuga movida eléctricamente fué montada en Suiza, en Ginebra, hace una decena de años; daba un gasto de 3 metros cúbicos de agua por minuto bajo una presión de 45 metros; un motor eléctrico acoplado directamente la ponía en movimiento con una velocidad angular de 900 vueltas por minuto. En el año último se instaló en dicha ciudad otro grupo de 1.000 caballos; la bomba centrífuga da un caudal de 22,5 metros cúbicos de agua por minuto, bajo una presión de 140 metros á la velocidad angular de 540 vueltas. Es una de las más potentes instalaciones actuales.

Cerca de Francfort-sur-Mein (Alemania), en Goldstein, el servicio de aguas dispone de tres bombas eléctricas Sulzer; cada una de ellas está accionada por un motor de 110 caballos, y da un caudal de 5,5 metros cúbicos de agua por minuto á una presión de 65 metros.

En Milán los tres puestos del servicio de aguas están provistos de bombas centrifugas de eje horizontal, acopladas directamente á motores alimentados por la corriente de la estación central Edison. Este agua se envía á 45 depósitos instalados en varios puntos convenientes de la ciudad; bombas aspirantes toman el agua de estos depósitos y la distribuyen bajo presión. Uno de estos puestos está colocado directamente encima de un depósito; las bombas de estos puestos suministran 3,6 metros cúbicos por minuto á una presión de 57 metros, con la velocidad angular de 820 vueltas. En el más importante hay cuatro grupos de bombas eléctricas de la misma capacidad, y á poca distancia del mismo está en construcción un puesto suplementario que contendrá tres bombas, con un caudal de 6 metros cúbicos cada una, á la velocidad angular de 925 vueltas por minuto. Las bombas centrifugas instaladas en la primera catarata del Nilo, en Hoom-ombo, debajo de la presa de Assonan, se destinan para