

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero de Caminos del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

ESTADO ACTUAL

DE LA CUESTIÓN DE LA

FILTRACIÓN POR LA ARENA DE LAS AGUAS POTABLES

EN EUROPA Y EN AMÉRICA

El agua potable es uno de los principales elementos indispensables para una buena higiene. No definiremos las cualidades que debe tener, pues son demasiado conocidas.

El agua potable se obtiene *naturalmente* ó *artificialmente*.

Naturalmente, por filtración á través de un suelo homogéneo, permeable y continuo, en el cual se la va á captar, ó á la salida del cual se toma.

Artificialmente, por filtración á través de una capa de arena de constitución especial.

El manantial ó la capa subterránea son los dos orígenes del agua potable, para los cuales se tiene una marcada predilección; pero la bacteriología ha venido á demostrar que están lejos de ser siempre intachables.

La geología ha indicado la causa de esas imperfecciones frecuentes y la imposibilidad en que á veces se encuentra uno para remediarlas. Por esto, ha habido necesidad de recurrir á métodos artificiales de epuración para procurarse agua pura.

El más conocido y más antiguo de estos métodos es la filtración por arena.

La filtración artificial por la arena se ha aplicado por vez primera en gran escala por Simpson, Ingeniero inglés de la Chelsea Cy, en Londres, en 1829. Desde aquella época se ha desarrollado, perfeccionado y ha acabado por ser adoptado universalmente.

El problema de la transformación de agua de río ó de superficie en general, en agua potable, presenta una serie de dificultades que hay que vencer sucesivamente. Estas son:

- 1.º La clarificación completa del agua.
- 2.º La depuración bajo el punto de vista de las materias orgánicas.
- 3.º La depuración bajo el punto de vista bacteriológico.

A estas tres categorías de dificultades corresponden tres períodos en la historia del filtro de arena. El primer período, es en el que se ha perseguido únicamente el aspecto físico del agua y sus cualidades organolépticas. La filtración á través de la arena, era admitida como un excelente procedimiento, que permitía detener las materias en suspensión más gruesas que los intersticios de la arena de las capas filtrantes. La clarificación era lograda en casi todos los casos, y el problema fué considerado como resuelto cuando el agua salía clara, inodora y sin sabor desagradable.

Apenas tenemos necesidad de decir que tal filtración nada tenía de científico, y que este período era el de la ignorancia.

Un segundo período le siguió, durante el cual se hizo sentir la influencia de la química hidrológica. Se ha perseguido el lograr una clasificación de las aguas con arreglo á su composición química, y el fijar, entre otras cosas, un límite para la proporción de materias orgánicas.

Los filtros de arena han sido objeto de estudios especiales, y han demostrado que no sólo eran instrumentos de clarificación, sino también que podían producir la epuración química necesaria para dar á las aguas de río las cualidades que se exigen de las aguas llamadas potables.

El tercer período ha nacido de la bacteriología, que, al revelar el mundo de los infinitamente pequeños, ha hecho constar la necesidad de eliminar de las aguas los microorganismos que pueden ser nocivos para el hombre.

Durante ese tercer período, es cuando el filtro de arena ha sido objeto de estudios continuos y detenidos, sobre todo en Alemania, y cuando se ha expuesto la teoría de su funcionamiento; según esa teoría, la purificación, bajo el punto de vista bacteriológico, es debida en su mayor parte á la existencia de un ambiente vivo, depositado á la superficie de la arena y compuesto de elementos traídos por las aguas.

A los tres citados períodos corresponden siempre las tres clases de dificultades indicadas más arriba, las cuales se presentan de nuevo cada vez que se quiere transformar agua de superficie en agua potable; y, á pesar de la experiencia, ya larga, del pasado, no siempre es fácil resolver por la filtración el problema que nos ocupa.

La clarificación, la epuración bajo el punto de vista químico, y la epuración bajo el punto de vista bacteriológico, sólo se logran operando con métodos bien definidos, con arreglo á la naturaleza de las aguas á purificar.

El presentar un resumen de estos métodos es lo que nos ha parecido interesante.

Los medios artificiales puestos en juego para obtener agua pura, son los siguientes:

- 1.º La clarificación por decantación.
- 2.º La clarificación por prefiltración.
- 3.º La aeración para disminuir la proporción de materias orgánicas.
- 4.º La filtración por la arena para la epuración bacteriológica, cuya epuración se obtiene, sea por el desarrollo de un ambiente vivo á la superficie de la arena (membrana filtrante viva), sea por el empleo de sales coagulables de hierro (membrana filtrante casi inerte).

El agrupar estos diversos medios constituye el arte de la filtración. El resultado de la operación depende de la manera de aplicarlos y combinarlos.

Toda operación de filtraje científico debe comprender dos operaciones muy distintas: la primera, tiene por objeto una clarificación previa, es decir, un *desbaste*; la segunda, tiene por objeto el obtener la *epuración final*, bajo el doble punto de vista químico y bacteriológico.

Los especialistas han notado que cada una de estas operaciones debía practicarse aisladamente, y que el resultado final estaba íntimamente unido al modo como dichas operaciones se habían llevado separadamente.

Dos escuelas se hallan en presencia:

La escuela alemana é inglesa, á la cual puede asimilarse la escuela americana, que entiende cómo sigue la operación del filtraje:

- 1.º Una decantación previa que varía de uno á varios días.
- 2.º Un filtraje por la arena con velocidades inferiores á 10 centímetros por hora, con membrana filtrante que obra biológicamente.

La escuela francesa, que tiene tendencia á abandonar la decantación previa y á reemplazarla por una *prefiltración*, cuya eficacia parece mayor, entiende como sigue la operación del filtraje.

- 1.º Prefiltración por filtros desbastadores.
- 2.º Filtración con arreglo al método alemán, ó con el empleo de sales coagulables de hierro (membrana filtrante casi inerte).

Por cierto que la decantación tiende á ser sustituida en todas partes, al parecer, por la *prefiltración*.

Difícil es determinar cuál de los dos métodos es el mejor. Los especialistas han notado que, á resultado igual, el método francés es mucho más económico.

La *prefiltración*, obrando como filtro, permite entregar á los filtros definitivos un agua preparada mucho mejor para sufrir la epuración completa. Es un hecho que las instalaciones de filtraje donde se aplica la *prefiltración* son mucho más elásticas que las en donde sólo se emplea la decantación; y esto se explica por el hecho de que en la *prefiltración* las acciones biológicas que producen un desbaste son más intensas que en la decantación.

Las principales instalaciones filtrantes donde la *prefiltración* da resultados brillantes, y que pueden servir de tipo, son las siguientes:

- Bremen (doble filtración: procedimiento Goetze).
- Zurich (doble filtración: procedimiento Peter).
- París (filtración múltiple: procedimiento Puech).
- Londres «East-London Water Works» (filtración múltiple: procedimiento Puech).
- Schiedam (doble filtración: procedimiento usual).
- Nantes (filtración múltiple: procedimiento Puech).
- Compañía des Eaux de la Banlieue de París (Compañía de Aguas de los Arrabales de París), (filtración múltiple: procedimiento Puech).
- Annonal (Francia), (filtración múltiple: procedimiento Puech).

hace *prefiltración*, y el procedimiento Puech es el que parece se emplea más.

El tipo de las instalaciones de la escuela inglesa ó alemana es el de Hamburgo, donde la decantación se combina con el filtrado con arena biológico.

Alrededor de estos dos métodos generales vienen á agruparse métodos particulares, que pueden además combinarse con los métodos generales.

Tal es, por ejemplo, el que consiste hacer obrar las sales coagulables de hierro en el agua, como medio de aglutinación de las bacterias. Este método es conocido bajo el nombre de procedimiento de Anderson, y es aplicado en los arrabales de París, en Francia, y en Amberes, en Bélgica. Combinado con un procedimiento de *prefiltración* como el procedimiento Puech y el filtraje de arena, permite obtener resultados excelentes. Las sales coagulables de hierro tienen una acción eficaz, no sólo sobre las bacterias, sino también sobre las arcillas en suspensión en las aguas, y facilitan la clarificación.

En el estado actual de la cuestión, el problema del filtraje parece resuelto, bajo el punto de vista práctico, de la manera siguiente: En América, en Inglaterra, en Alemania, por instalaciones que constan de una decantación mínima de tres días para aguas cargadas de sedimento, seguida de un filtraje con arena efectuado á razón de 2 1/2 m. c. á 3 m. c. por metro cuadrado y por veinticuatro horas.

En Alemania, la instalación de Bremen (doble filtración, procedimiento Goetze); Schiedam (Holanda), (doble filtración); Zurich (Suiza), (doble filtración), son excepciones á esta regla general; pero estas instalaciones, en las cuales la *prefiltración* se realiza por un simple filtraje á través de materiales más ó menos finos, no presentan nada de particular.

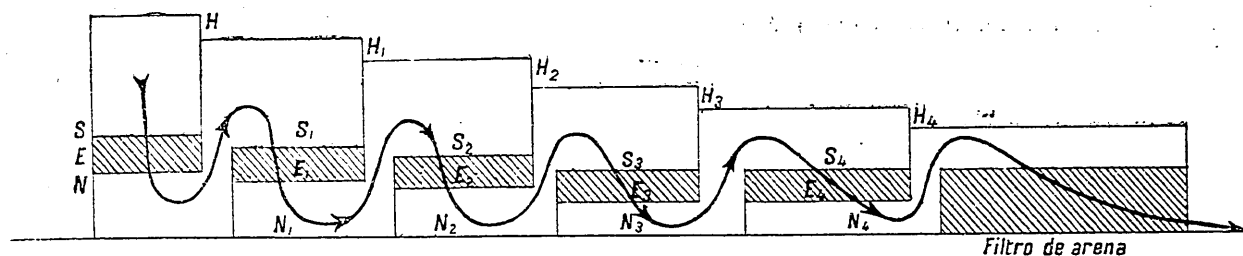
No pasa así con el procedimiento Puech, aplicado en Francia y que realiza una división del trabajo absolutamente lógica y metódica á través de una serie de filtros independientes, compuestos cada uno con materiales homogéneos pero de gruesos decrecientes de un filtro á otro hasta la arena fina.

Sin entrar en la descripción de este procedimiento—sería esto salir del plan de la presente conferencia—nos parece interesante describir cuál es su principio:

La figura esquemática adjunta hace comprender el proceso de la filtración científica del procedimiento Puech, combinado con los filtros de arena.

Fácil es comprender que el operador puede á su antojo hacer variar los elementos siguientes:

En cada capa filtrante, los fenómenos de bacteriolisis que allí



Filtros desbastadores Puech.

S. S₁. S₂. S₃. S₄.—Superficie de las diversas capas filtrantes sucesivas.

E. E₁. E₂. E₃. E₄.—Espesor de las diversas capas filtrantes.

N. N₁. N₂. N₃. N₄.—Grueso y naturaleza de los elementos filtrantes.

H. H₁. H₂. H₃. H₄.—Cargas bajo las cuales se opera la filtración.

Se comprende, pues, que dicho operador pueda llegar á obtener á la salida de los aparatos un agua de calidad tal como desea llegue á los filtros de arena definitivos.

En Francia en todas las nuevas instalaciones filtrantes se

se efectúan ponen los filtros de arena definitivos á cubierta de las variaciones bruscas que podrían entorpecer su marcha.

Este procedimiento de filtración, visto lo lógico que es y los resultados que da, parece por ahora el más digno de llamar la atención de los higienistas.

Ocioso es decir que su aplicación requiere un tino y una experiencia especial.

Nos ha parecido que interesaba hacer constar esta tendencia que en las nuevas instalaciones filtrantes modernas se nota; esta tendencia á proceder por serie en la operación del filtraje ha inducido á los especialistas á extremar todo lo posible la *prefiltra-*

ción con el fin de aumentar la eficacia de la filtración definitiva. Conviene, finalmente, hacer constar que el laboratorio viene cada día á ser la parte más importante de la ciencia de la filtración; por cierto que, ya hace diez años, en las reglas dictadas por Koch, relativas á la filtración, ya se le asignaba al laboratorio un papel importante.

La filtración por la arena es una ciencia que, claro está, no ha dicho aún su última palabra; pero, á la hora actual, por virtud del conjunto de los métodos que hemos citado, permite hacer potable, en el sentido relativo de la palabra, una agua de río cualquiera, ó sea que llega á ser esta agua absolutamente limpia, y que el número de bacterias por centímetro cúbico y la cantidad de materias orgánicas se reducen á una proporción normal.

Los filtros de arena eliminan en absoluto la fauna y la flora flotante de las aguas; hacen desaparecer las trazas de nitrato amoniacal que puedan encontrarse en el agua y suprimen la casi totalidad del albuminoidal.

Resulta, pues, que realizan los mismos fenómenos que el suelo natural, y mejor aún en muchos casos, y que permiten obtener aguas de manantiales artificiales, tan buenas como las mejores aguas de manantiales naturales.

El procedimiento de filtraje con arena interesa la higiene general. Merece que se le estudie cada día más, no sólo por los servicios que presta actualmente, sino por todos los que prestará en lo sucesivo. El cuadro estadístico que insertamos á continuación es una de las mejores pruebas de lo que decimos, puesto que demuestra que en Alemania las poblaciones de más de 100.000 habitantes abastecidas con agua de río contaminada, pero bacteriológicamente filtrada por la arena, tienen una mortalidad tífica media inferior á la de las poblaciones abastecidas con agua de manantial considerada como pura.

Mortalidad tífica.

Poblaciones de Alemania de más de 100.000 habitantes.—Período de 1896, 1897, 1898.—La mortalidad se refiere á 100.000 habitantes.

Cifras tomadas de los informes del Comité Imperial de Higiene alemán y de la Estadística sanitaria del Ministerio del Interior.

ALEMANIA

Poblaciones exclusivamente abastecidas con aguas de río depuradas, purificadas en balsas filtrantes con arena fina.		Poblaciones exclusivamente abastecidas con aguas de manantiales ó de capas subterráneas.	
Stuttgart.....	4	Munich.....	3,6
Chemnitz.....	4	Dresde.....	4
Berlin.....	4,6	Charlottenburgo.....	4,3
Altona.....	5	Nuremberg.....	4,6
Hamburgo.....	6	Hanover.....	5,3
Magdeburgo.....	6	Crefeld.....	6,3
Bremen.....	6	Elberfeld.....	6,3
Brunswick.....	8,3	Aix-la-Chapelle.....	7,3
Breslau.....	8,6	Harmen.....	8
Koenigsberg.....	17,6	Leipzig.....	8,3
Stettin.....	20,6	Colonia.....	9
		Mannheim.....	9,3
		Cassel.....	10,3
		Flensburg.....	11,3
		Strasbourg.....	12
		Dantzig.....	12,3
		Halle.....	13
		Essen.....	13,6
		Dortmund.....	21
Mortalidad media.....	8,2	Mortalidad media.....	8,9

Al terminar, expresamos el vivo deseo con que acogerán seguramente todos los higienistas que se completen los ya muy numerosos estudios hechos sobre la cuestión del filtraje de arena y se logre un acuerdo general y definitivo sobre las reglas fijas que deben regir este método de depuración, llamado á prestar tantos servicios á la higiene, cuyas reglas, ya enunciadas por Koch, sirven, hasta nueva orden, de base á la ciencia de la filtración.

HENRI CHABAL

Ingeniero consultor para la filtración de las aguas.

33, rue de Longchamps, París.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS

Del discurso del Excmo. Sr. D. José Echegaray en la recepción del Sr. Mourelo.

(CONCLUSIÓN)

Que la enseñanza es una de las grandes funciones sociales, y que en la Ciencia es la gran educadora de la raza humana, como sostiene con severa lógica y buenos argumentos el Sr. Mourelo en su discurso, pareceme cosa evidente. Si el hombre no hubiera de ejercitar su razón, no valía la pena de que fuese ser racional: con el instinto le bastaba.

Pero la enseñanza tiene muchos grados, como tienen muchos grados la Ciencia. Desde lo más elemental, desde saber leer y escribir, que es el grado infimo, hasta cultivar las ramas más elevadas, la escala es extensísima, y para que de esagamabroten verdaderas armonías sociales, es preciso no desdeñar ninguna nota, ni las más bajas de la escala, ni las más sobreagudas.

La primera enseñanza es, pues, necesaria. Lo es la segunda como ampliación de la primera. Hoy la Ciencia debe llegar á todas las artes y á todos los oficios, porque cada vez el trabajo humano va siendo menos mecánico y más espiritual: y así la maquinaria llega á la tijera y al martillo; la electricidad llega al arado; las fuerzas naturales vencidas y domesticadas sustituyen al músculo; y en el trabajo humano, al sudor de la fatiga se va sustituyendo la fatiga del cerebro, que no deja de ser fatiga, ¡y á veces qué mortal! ¡y cómo consume vida! ¡y en una sola noche de meditación años de existencia!, pero que ¡es mil y mil veces más fecunda que aquélla.

Y así, la enseñanza de las Ciencias va creciendo de grado en grado hasta llegar á las sublimes regiones que exploró Galileo y en que se agitó la inteligencia de Newton.

No excluyo ningún grado de enseñanza, no suprimo ninguna región de la Ciencia, ni la más modesta aristocrática, porque estas predilecciones serían, á más de injustas, fatales.

La predilección por los grados inferiores degeneraría en una especie de jacobinismo científico, sería el estancamiento de la civilización; y, en cambio, el desdén sistemático por las enseñanzas de los primeros grados fuera privar á la falange de sabios, que trabajan en las regiones de la Ciencia pura, de lo que pudiéramos llamar el reclutamiento natural del ejército civilizador.

Creo, pues, que es importantísimo el tema elegido por el Sr. Mourelo, que es de actualidad, y que encierra problemas difíciles y de transcendencia suma; pero, ya lo he dicho; no puedo tratarlo en esta rápida contestación más que señalando hacia algunos puntos del horizonte.

Ya el Sr. Mourelo ha desempeñado esta tarea, animado de nobles deseos y de generosas aspiraciones.

Debo, pues, concluir, y concluyo como empecé, saludando afectuosamente, en nombre de la Academia, á nuestro nuevo compañero, y expresando la esperanza, que á todos nos anima, de que el Sr. Mourelo, con su reconocido talento, su saber reflexivo y su nunca vencida actividad, ha de contribuir grandemente al lustre de la Corporación que hoy le recibe gustosísima en su seno, y al buen nombre y al adelanto de la ciencia española.