

Diseño de un pequeño filtro para comunidades rurales

Juan Fernando Franco U.
Jaider Sepúlveda
María Victoria Vélez O.¹
Jorge A. Pérez P.²

1. Laboratorio de Hidráulica, Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín.
2. Idem.

RESUMEN

El consumo de agua potable es la primera condición de salud y bienestar para una población. En Colombia la disponibilidad de agua potable está reducida a las capitales y a los núcleos urbanos por encima de cierto número de habitantes, debido a los costos relativamente altos que tiene potabilizar el agua por los medios convencionales. Se encuentra entonces un alto número de habitantes alejados de los centros urbanos, residentes generalmente en pequeñas fincas que no disponen de agua de buena calidad, con los consiguientes problemas de salubridad.

En el Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Minas, se investigó la eficiencia, costo, facilidad de implementación y mantenimiento de un pequeño filtro a presión, buscando primordialmente su utilización en las zonas rurales, alejadas de los núcleos urbanos, que tan desprotegidas en este aspecto se encuentran hoy.

En este artículo se presentan los principales parámetros de diseño del filtro propuesto, sus características técnicas y las instrucciones de operación y mantenimiento.

El diseño del filtro está basado en el análisis del comportamiento hidráulico de la filtración a presión, en el estudio de la disposición óptima de un medio filtrante múltiple de carbón activado, arena y antracita y en el análisis de la eficiencia de remoción de turbiedad del agua sin ayuda de coagulante.

PALABRAS CLAVES:

Agua potable, filtro a presión, antracita, carbón activado, turbiedad, arena, grava.

ABSTRACT

The first condition for the health of the population is the availability of potable water. At Colombia only cities and big towns have it. In small towns, villages and in the country side there is not a potable water due to higher cost to make potable it for the conventional middles.

At the Hydraulic Laboratory of The Facultad de Minas there has been a research about the cost, efficiency and feasibility of a pressure filter for rural places.

The principal parameters of filter design, its technical characteristics and the rules of operation and maintenance are presented in this paper.

KEY WORDS:

potable water, pressure filter, anthracite, turbidity, activated carbon, sand, gravel.

1. PARAMETROS DE DISEÑO

1.1 Número de unidades filtrantes. El filtro consiste de una o dos unidades trabajando en serie, según las características físicas de turbiedad del agua que se desee tratar.

1.2 Material estructural de la unidades filtrantes. Las unidades filtrantes están construidas totalmente en PVC, que es un material económico, resistente, durable y de fácil instalación.

1.3 Medio filtrante. Es un material poroso que tiene por función retener el material sólido que se encuentra disuelto en el agua.

En el filtro se emplean básicamente arena y antracita como medios filtrantes, adicionalmente se utilizó carbón activado, proveniente de la planta piloto del Centro del Carbón de la Facultad de Minas.

La arena y la antracita cumplen las normas AWWA B100-72 y B100-80 que reglamentan las características del material filtrante como tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y peso específico.

1.4 Grava de soporte. Se utilizó grava fina o gravilla, cuya función principal es soportar el medio filtrante y garantizar una distribución uniforme del agua cuando el filtro se somete a retrolavado.

1.5 Sistemas de distribución y recolección del agua. Son de tubería PVC, perforada lateralmente. La función del distribuidor es repartir uniformemente el agua sobre la capa superior del medio filtrante y evitar su agitación. La función del recolector es permitir el libre paso del agua filtrada sin arrastre del material filtrante y de la grava de soporte.

1.6 Hidráulica de la filtración. El proceso de filtración se realiza con cabeza constante (se mantiene fija la columna de agua equivalente a la presión de entrada del agua). La tasa de filtración es declinante (el lecho se colmata progresivamente). Las pérdidas iniciales se deben a los accesorios de entrada y salida del agua en el filtro y a las características del medio filtrante. Las pérdidas en el lecho filtrante se incrementan con el tiempo.

1.7 Hidráulica del lavado. El lavado se realiza mediante inversión del flujo a través de la unidad, lo que hace expandir el lecho y posibilita su limpieza por acción hidráulica y la fricción de unos granos contra otros.

1.8 Calidad del agua a filtrar. Se experimentó el filtro con agua con nivel de turbiedad entre 10-60 UNT (Unidades de Nefelométricas de Turbiedad).

2. CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FILTRO

2.1 Estructura de la unidad filtrante. La figura 1, muestra el montaje general del filtro, sus partes constitutivas y la disposición de las mismas.

En general se obtienen eficiencias con los dos filtros en serie entre el 60 y el 70% para turbiedades mayores de 20 UNT. Para turbiedades menores que este valor, la eficiencia disminuye (30-40%) y para aumentarla se requeriría el uso de coagulantes.

El sistema óptimo ensayado, consta de dos unidades filtrantes, cuya disposición se muestra en la figura 1. Sin embargo, el sistema también puede instalarse con una sola unidad cuando no se tienen turbiedades muy altas.

La figura 2 muestra para la granulometría de mejor comportamiento, las eficiencias del filtro, definiéndose como eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = 100 - T_e/T_a \times 100$$

T_e : turbiedad del agua efluente o agua filtrada.

T_a : turbiedad del agua afluente o agua cruda.

La figura 3 presenta las características de los medios filtrantes y en las tablas 1 y 2 se presentan las especificaciones para los materiales de los filtros.

El carbón activado se utilizó solo en la segunda unidad, a la cual el agua ingresa con una turbiedad menor, después de haber pasado por el primer filtro. La vida útil del carbón activado disminuye cuando entra en contacto con agua de alta turbiedad, perdiendo sus cualidades absorbentes. Se recomienda sustituir el carbón activado por antracita cuando aquel no se pueda conseguir fácilmente en el mercado, teniendo en cuenta, sin embargo, que el carbón activado es particularmente útil cuando se trata de remover olores y sabores. El solo proceso de filtración no garantiza la potabilidad del agua, pues el agua contiene gran variedad de partículas sólidas y microorganismos patógenos disueltos, de tamaños muy pequeños que no logran retenerse en los lechos filtrantes, siendo necesario implantar algún proceso de desinfección posterior a la filtración para garantizar potabilidad.

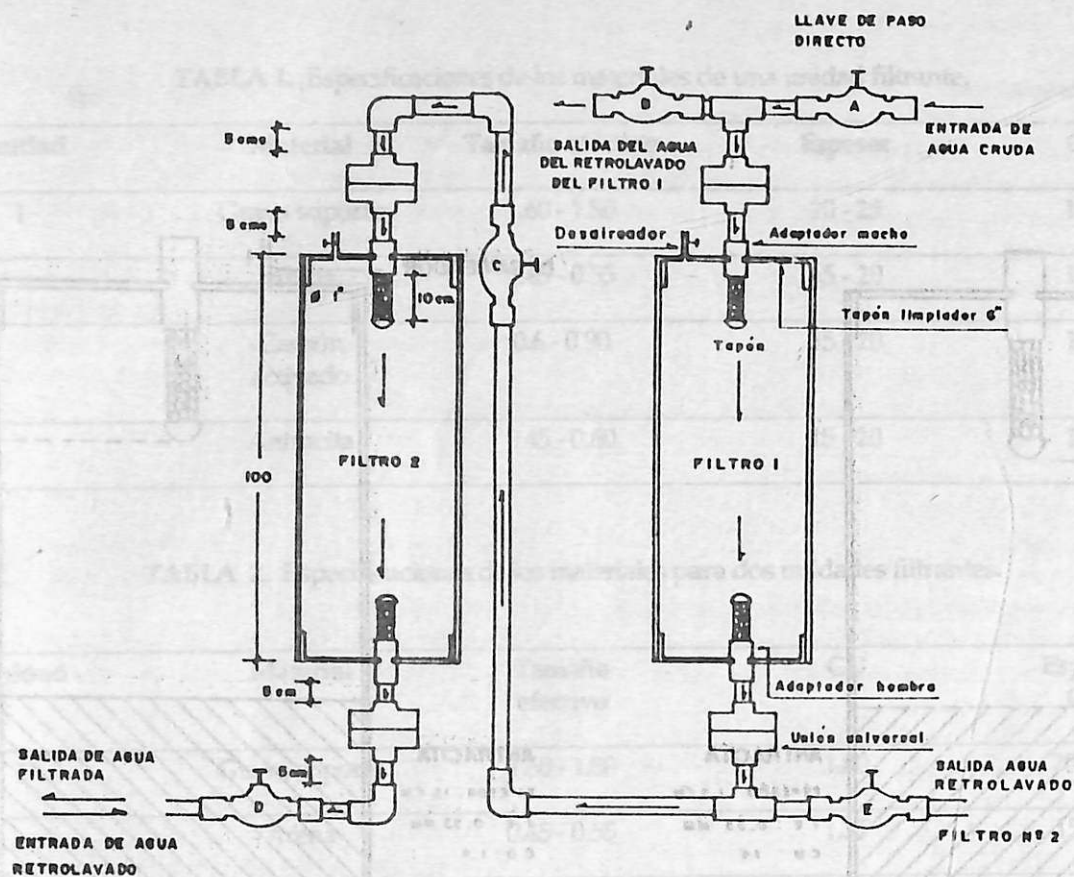
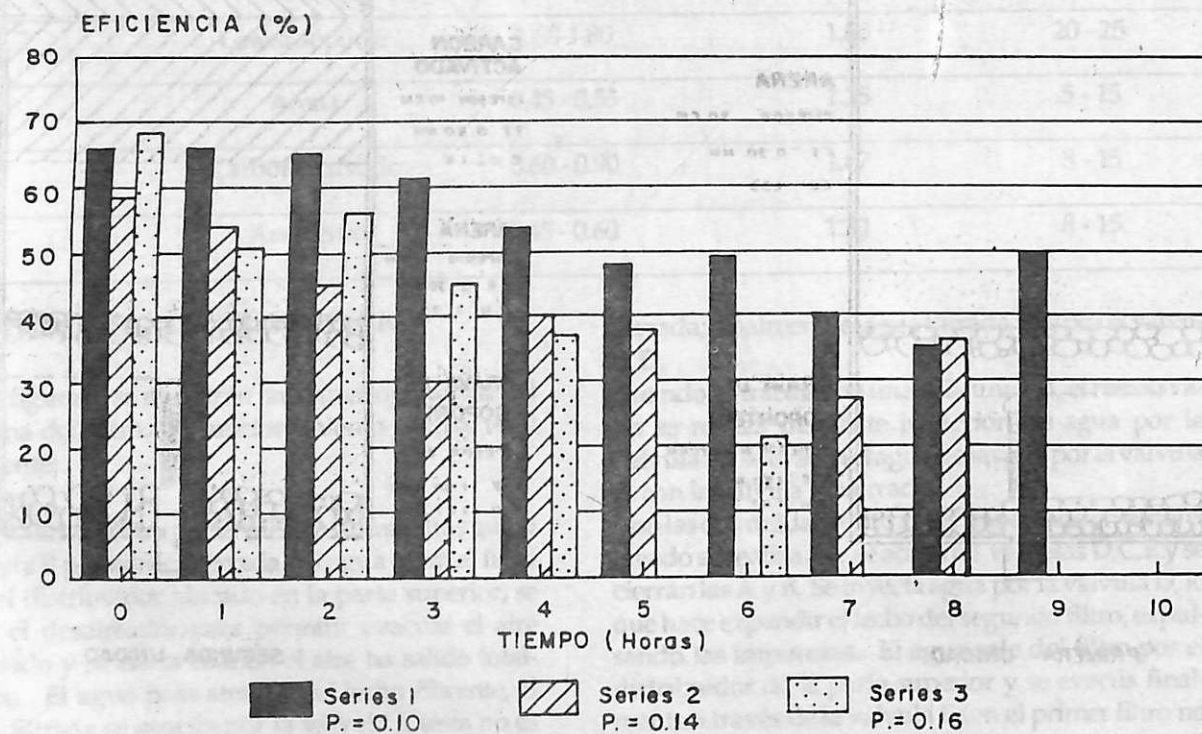
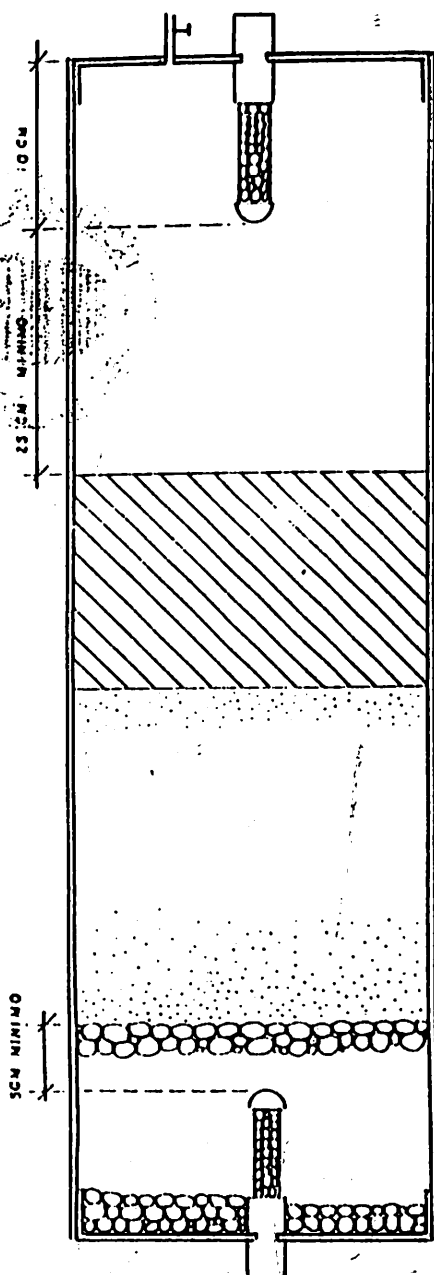


Figura 1. Montaje General



P. Presión a la entrada en kgf/cm^2
filtros en serie

Figura 2. Tiempo Vs. Eficiencia



ANTRACITA

ESPESOR : 1.3 CM
T.E : 0.33 MM
C.U : 1.4

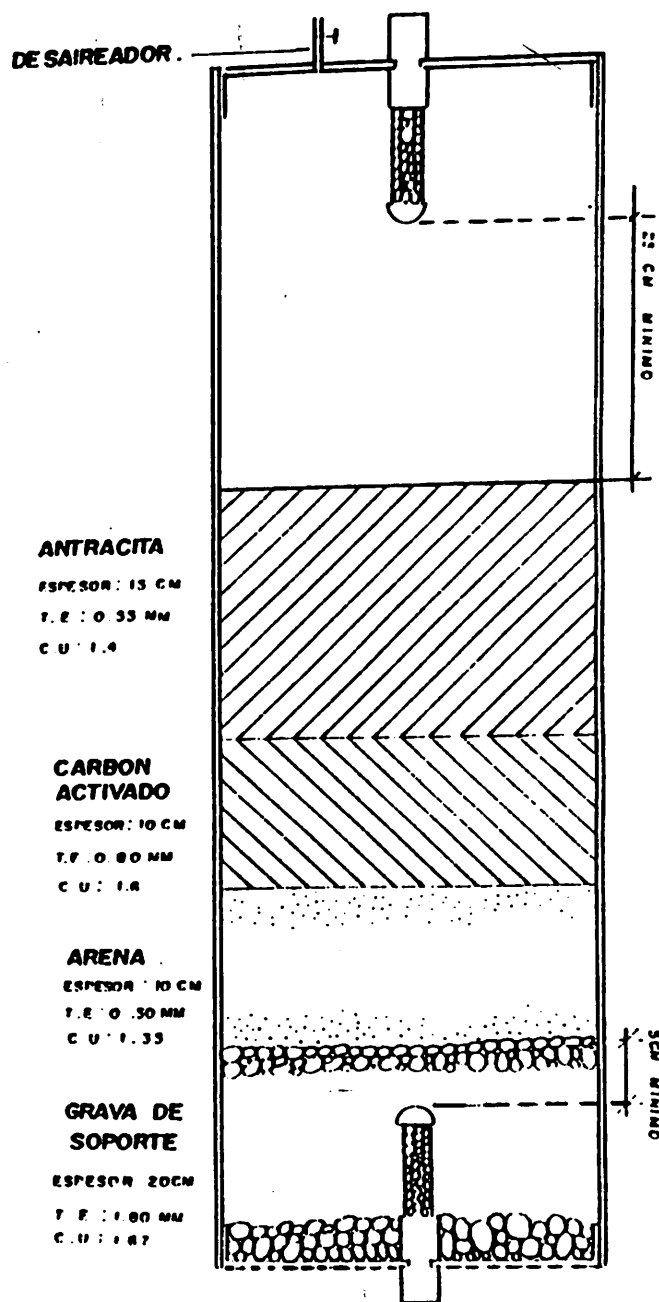
ARENA

ESPESOR : 30 CM
T.E : 0.50 MM
C.U : 1.33

**GRAVA DE
SOPORTE**

ESPESOR MIN. 20CM
T.E : 1.00 MM
C.U : 1.47

PRIMERA UNIDAD



ANTRACITA

ESPESOR : 13 CM
T.E : 0.33 MM
C.U : 1.4

**CARBON
ACTIVADO**

ESPESOR : 10 CM
T.E : 0.80 MM
C.U : 1.8

ARENA

ESPESOR : 10 CM
T.E : 0.50 MM
C.U : 1.33

**GRAVA DE
SOPORTE**

ESPESOR : 20CM
T.E : 1.00 MM
C.U : 1.47

SEGUNDA UNIDAD

Figura 3. Características de los lechos filtrantes

TABLA 1. Especificaciones de los materiales de una unidad filtrante.

Unidad	Material	Tamaño efectivo	Espesor	CU
1	Grava soporte	1.60 - 1.80	20 - 25	1.80
	Arena	0.45 - 0.55	15 - 20	1.35
	Carbón activado	0.6 - 0.90	15 - 20	1.67
	Antracita	0.45 - 0.60	15 - 20	1.33

TABLA 2. Especificaciones de los materiales para dos unidades filtrantes.

Unidad	Material	Tamaño efectivo	CU	Espesor Cm
1	Grava soporte	1.60 - 1.80	1.80	20 - 25
	Arena	0.45 - 0.55	1.35	15 - 30
	Antracita	0.45 - 0.60	1.33	10 - 20
2	Grava soporte	1.60-1.80	1.80	20 - 25
	Arena	0.45 - 0.55	1.35	5 - 15
	Carbón activado	0.60 - 0.90	1.67	8 - 15
	Antracita	0.45 - 0.60	1.33	8 - 15



3. INSTRUCCIONES DE OPERACION

En la figura 1, se muestran las partes operativas del sistema del filtro. El funcionamiento normal es el siguiente:

El agua cruda entra por la válvula A, mientras que la válvula B permanece cerrada. El agua entra al filtro por el distribuidor ubicado en la parte superior, se abre el desaireador para permitir evacuar el aire atrapado y se cierra cuando el aire ha salido totalmente. El agua pasa a través del lecho filtrante, el agua filtrada se evacúa por la válvula E (ésta no es necesaria cuando el filtro consta de una sola unidad). Cuando se tienen dos unidades la válvula C permanece abierta y permite el paso del agua filtrada en la primera unidad, hacia una nueva filtración en la segunda unidad, con la válvula E, permaneciendo

cerrada; finalmente el agua filtrada sale por la válvula D.

Cuando se trabaja con una sola unidad, el retrolavado se realiza mediante inyección de agua por la válvula E y se evacúa el agua de lavado por la válvula B, con la válvula A, cerrada.

Con las dos unidades filtrantes trabajando en serie, el lavado se realiza así: se abren las válvulas D, C, E y se cierran las A y B. Se inyecta agua por la válvula D, lo que hace expandir el lecho del segundo filtro, expulsando las impurezas. El agua sale del filtro por el distribuidor de la parte superior y se evacúa finalmente a través de la válvula E (en el primer filtro no entra agua en esta etapa pues las válvulas A y B permanecen cerradas). Cuando el agua de lavado evacuada por la válvula E, esté clara (5 minutos aproximadamente), se abre la válvula B, esto permite que el agua se dirija a la primera unidad por su parte

inferior para comenzar su lavado.

Cuando el agua evacuada por la válvula B, esté clara, significa que el lavado ha terminado y que se puede disponer de las unidades filtrantes para una nueva carrera de filtración. Es de anotar que todo el lavado puede hacerse con agua cruda.

En resumen, las características técnicas del filtro se presentan en la tabla 3.

4. COSTOS

La tabla 4 presenta los costos aproximados para la instalación de dos unidades en serie, que, tal como puede verse son bastante económicos dadas las altas tasas de filtración obtenidas.

No se incluyó el costo del carbón activado ya que fue obtenido del Centro del carbón de la Facultad de Minas.

TABLA 3. Características técnicas del filtro.

Capacidad de filtración	0.4 m ³ /s
Tasa de filtración	200-500 m ³ / m ² / día
Diámetro del filtro	6 pulgadas
Altura total del filtro	1 metro
Presión máxima de trabajo	0.2 kgf/cm ²
Distribuidor superior	Tubo perforado
Colector de agua filtrada	Tubo perforado
Clase de tubería	PVC
Diámetro tubería principal	1 pulgada
Diámetro tubería de lavado	1 pulgada
Desfogue (aireador)	Orificio tapón superior
Válvulas de control	Paso directo
Lecho filtrante	Antracita, carbón activado, arena
Material de soporte	Gravilla
Lavado del filtro	En contracorriente

TABLA 4. Costos unitarios

Material	Unidad	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo Total \$
Tubería PVC 6"	metro	2	12.000	24.000
Tubería PVC 1"	metro	3	742	2.266
Unión Universal	Unidad	4	1.243	4.972
Adaptador macho 1"	"	12	266	3.192
Adaptador hembra 1"	"	4	231	924
Codo PVC 1"	"	5	297	1.485
Te PVC 1"	"	1	422	422
Tapones PVC 1"	"	4	231	924
Tapón limpiador 6"	"	4	4650	18.600
Válvula compuerta 1"	"	4	7300	29.200
Limpiador PVC	"	1	248	248
Pegante PVC	"	1	285	285
Teflón	"	1	320	320
Arena 0.45-0.50	Bulto	1	4.200	4200
Antracita	"	1	4.200	4.200
Grava	"	1	4.200	4.200
COSTO TOTAL				99.438

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Standard for filtering material, B100-80 and B100-72
2. —, Agua, su calidad y tratamiento. 2a ed. , México, Editorial UTHEA, 1968, 564 p.
3. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge y otros. Comportamiento hidráulico de filtros de rata declinante. ACODAL, Bogotá, 143:PP 19-37. Enero 1990
4. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua. CEPIS, Lima, Perú, 1973. 557 p.
5. ARENAS INDUSTRIALES LTDA. Especificaciones de materiales filtrantes. Medellín, 1990
6. BERNAL RODRIGUEZ, José. Comparación de técnicas americanas y europeas, ACODAL, No. 37, abril de 1968
7. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y DEL AMBIENTE. Curso sobre tecnología de tratamiento de agua para países en desarrollo. Lima, Perú, diciembre 1977a.
8. —, Simposio sobre nuevos métodos de tratamiento de agua. Asunción, Paraguay. Agosto, 1977b.
9. ESKEL, Nordel. Tratamiento de agua para la industria y otros usos.
10. LADRON, Francisco J. Determinación de la eficiencia relativa de adsorción de carbones activados. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, México vol. 19, No. 1, 1987
11. LOPEZ CHAPARRO, Hernando. Plantas de purificación para pequeñas comunidades. Acodal, Bogotá, No. 88: pp 11-33, Jun. 1979
12. PEREZ PARRA, Jorge Arturo. Manual de potabilización del agua. Medellín, Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, 1990. 502 p.
13. SOCIETE DE GREMONT FRANCE. Manual Técnico del Agua. 2a ed. , Bilbao, Editorial ELEXPURU HNOS. S.A. , 1963
14. STEEL, Ernest W. Abastecimiento de agua y alcantarillado. 3a. ed. , Barcelona, Editorial Gustavo Gille S.A. , 1965. 680 p.
15. VALENCIA A. Francisco y Villa G. María Rocío. Producción de carbón activado a partir de la hulla. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, (Sede) Medellín. Medellín, 1982