

Artículo No. 09: Montoya, N., *et al.* (2014). Estudio de un sistema piloto de filtración de agua recubierto con nanopartículas de plata. *Semilleros*, 1 (1), 105-116.

Estudio de un sistema piloto de filtración de agua recubierto con nanopartículas de plata

Study of a water filtration pilot coated silver nanoparticles

Montoya Natalia¹, Montenegro Yohana², Chávez Porras Álvaro³,
Dos Gabriela⁴, Isaac de Lima Ricardo⁵

Resumen. El objetivo de este trabajo es estudiar un sistema piloto de tratamiento de agua a través de filtración recubierto con nano partículas de plata para la demostración de un efecto antibacteriano desarrollado en la facultad de ingeniería civil de la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP); el experimento tuvo una duración de tres meses implementando el método de remojo y secado de nano partículas de plata en arena y antracita; consta de siete pasos en los cuales se realiza la toma de muestras para posteriormente realizar los análisis de temperatura, pH., turbidez y conteo de los residuos de partículas de plata en el agua filtrada. Se obtuvo un resultado satisfactorio ya que se mantuvo la turbidez entre los estándares permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) oscilando entre 1NTU y 5NTU teniendo una dependencia con la variación de la temperatura, en cuanto al pH se mantuvo entre los estándares de calidad de agua según la Organización Internacional de Estandarización (ISO).

Palabras Clave: *Filtración, Recubrimiento de nano partículas de plata, Arena, Antracita.*

Abstract. The objective of this work is to pilot study a water treatment through filtration coated silver nanoparticles show an antibacterial effect developed in civil engineering faculty of the Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), the experiment was last three months implementing the method of soaking and drying of nano silver particles in sand and anthracite consists of seven steps which performs sampling later to make the analysis of temperature, pH, turbidity and counting of waste silver particles in the filtered water. A satisfactory result was obtained because the turbidity remained between the standards permitted by the World Health Organization (OMS) and 5 NTU ranging 1NTU having a dependency on temperature variation, for pH was maintained between standards water quality according to the International Organization for Standardization (ISO).

Key Words: *Filtration, Coating silver nanoparticles, sand, anthracite.*

^{1, 2} Ingeniería Industrial, Universidad Militar Nueva Granada. natymontoya1989@hotmail.com.

³ Docente y Líder Grupo PIT Universidad Militar Nueva Granada. alvaro.chavez@unimilitar.edu.co.

⁴ Universidad Estadual de Campinas, Facultad de Ingeniería Civil, Brasil

⁵ Universidad Estadual de Campinas, Facultad de Ingeniería Civil, Brasil. isaac@fec.unicamp.br.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los grandes avances y del desarrollo de tecnología para el abastecimiento de agua se ha establecido que 1,4 billones de personas no tiene acceso a agua limpia produciendo la muerte de una gran parte de población por enfermedades relacionadas con el agua contaminada y se sabe que cada individuo necesita cerca de 189 L de agua por día para atender sus necesidades de consumo, higiene y la preparación de sus alimentos, por esto se ha encontrando un nuevo reto para la purificación de agua en la experimentación de filtros con diferentes materiales y de esta manera mejorar los filtros existentes en la actualidad.

Se dice que la filtración es la eliminación de partículas suspendidas, coloidales e microorganismos que se encuentran presentes en el agua que pasa a través de medios porosos, los diferentes mecanismos usados en la eliminación de partículas en la filtración son varios y son influenciados por diferentes características químicas y físicas de las partículas, el medio filtrante, la tasa de filtración y método de operación de los filtros, considerando 3 mecanismos: el transporte, la adhesión y el desprendimiento. El primero mencionado es responsable de la realización de las partículas suspendidas en la superficie como los materiales granulares, en este caso la antracita, arena y pedrisco, que puede permanecer adherida a estos a través de las fuerzas de superficie, que resisten las fuerzas de presión resultantes de características de flujo a lo largo del medio filtrante. La arena que es capaz de

permitir el paso del agua pero no de la suciedad y la antracita que es fabricado por el tamizado y ruptura de carbón de antracita con una estructura puntiaguda y fragmentada producen resultados satisfactorios en la filtración de agua, y pueden usarse en diferentes tamaños y alturas de cama. Bajo diferentes parámetros de densidad, dureza y solubilidad en ácido.

Se ha demostrado bajo los parámetros de *Craver* y *Smith* que el uso de nano partículas de plata actúa como un eficiente antibacteriano. Las nano partículas tienen como responsabilidad impedir que los microorganismos desarrollen sistemas de autodefensa y de esta forma llevarlos a la eliminación de enzimas que se encuentran involucrados en el proceso de oxidación-reducción celular de las bacterias. Cuando la respiración de las bacterias es expuesta a los diferentes componentes de la plata y realiza contacto con la membrana interrumpe la cadena respiratoria y colapsa la fuerza motriz de electrones acabando con la producción de ATP (Trifosfato de Adenosina) y sus fuentes de energía.

En este caso el método implementado en el laboratorio para la disposición de plata en filtro, es el remojo y secado en arena y antracita en nano partículas de plata; la distribución de la plata debe ser uniforme en los filtros asegurando el contacto directo con las bacterias a través del mismo utilizado como una medida antibacteriana. Con el propósito de estudiar y evaluar el método de adición acuosa de plata al agua contaminada.

METODOLOGIA**Primer paso.****Tamizado y lavado.**

Para la realización de la investigación experimental se utilizaron diferentes procesos, el primero de ellos es la utilización de peineras padronizadas para efectuar la respectiva separación y distribución por tamaños de los granos, de esta manera crear la curva granulométrica de la arena, antracita y pedrisco representada en la *Figura 1*, para este experimento fueron utilizados 1000 g de cada material filtrante. Cada una de las camadas fue lavada con 30g hidróxido de sodio en 1L de agua.

Segundo Paso.**Impregnación homogénea de plata en arena y antracita**

Para la homogenización de plata con arena y antracita se requirió de la implementación de varios métodos explicados a continuación. El coeficiente de esfericidad está determinado a partir de dos métodos para la determinación de pérdidas de carga en un medio granular filtrante. La primera llamada desenvolvimiento por Wiechetchk se utilizó para hallar el valor volumétrico como se muestra enseguida.

$$dv = \sqrt{\frac{6M_g}{\pi \rho_g N_g}} \quad (1)$$

Donde:

dv= diámetro volumétrico medio (m) Mg= masa de granos correspondientes a cada grupo granulométrico del material granular (kg)

Pg= masa específica del material (kg/m³)

Ng= número de granos

Y el segundo siendo un método visual se realiza a partir de la aplicación de la *Figura 1* (Suguio, 1973), para hallar el coeficiente de esfericidad. Aplicada en la Ecuación 2.

$$S_e = \frac{6}{C_e \times d_v} \quad (2)$$

Donde

Se = superficie específica

Ce = coeficiente de esfericidad

correspondiente a cada subcamada do material granular.

A partir de los anteriores métodos se obtiene las tablas números 1 y 2, las cuales llevan a conocer la cantidad volumétrica necesaria de agua para realizar el lavado en plata de arena y antracita de una manera homogénea.

Basándose en lo anterior el volumen total de agua a utilizar es de 4356,54 ml, razón de esto la arena y la antracita fueron sumergidas homogéneamente en 0,22 o 2,2 g / L nano partículas de plata coloidales dispersos en agua potable. Bajo parámetros de la guía para la producción de filtros de cerámica PFP. Siguiendo la siguiente relación, para 4356,54 ml de agua se utiliza 2,17827 ml de plata.

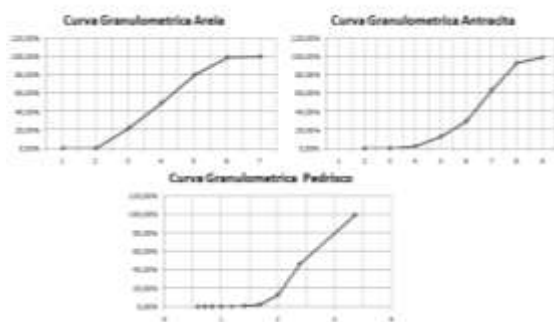


Figura N°1. Curvas Granulométricas Arena, Antracita y Pedrisco

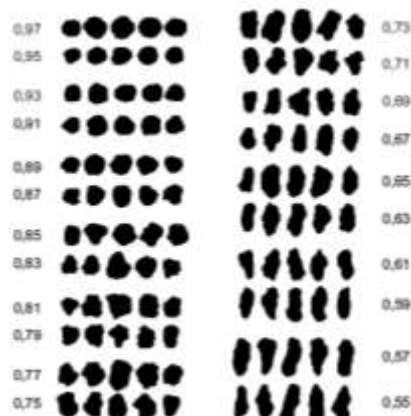


Figura N°2. Escala de comparación visual

Fuente: BERNARDO, L. Tratamento De Água Para Abastecimento por Filtração direta 1ª edição exemplar 1300. Rima editora. São Carlos, BR. 2003

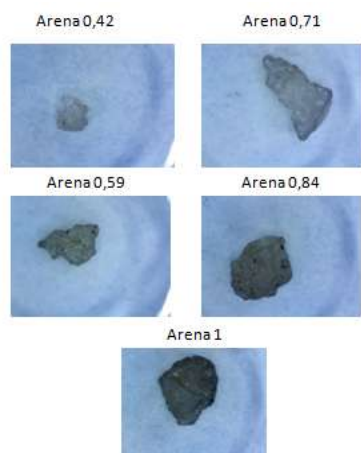


Figura N° 3. Comparacion Visual Arena

Fuente: BERNARDO, L. Tratamento De Água Para Abastecimento por Filtração direta 1ª edição exemplar 1300. Rima editora. São Carlos, BR. 2003

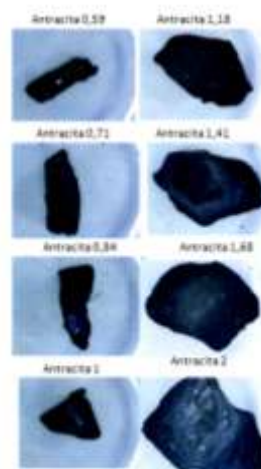


Figura N° 4. Comparacion Visual Antracita

Fuente: BERNARDO, L. Tratamento De Água Para Abastecimento por Filtração direta 1ª edição exemplar 1300. Rima editora. São Carlos, BR. 2003

Tabla N°1. Aplicación de métodos en arena

fração	Mg (kg)	Ng		dv (m)	dv (mm)	Se (m2/m3)	Se (cm2/cm3)	volumen (cm3)	area (cm2)	massa (g)	Massas equivalentes	massa a ser exposta	Volume (mL)
0,42-0,59	0,00098	2940	2,402E-10	0,0006217	0,6216544	11915,636	119,1563557	0,839233454	100	2,2239687	98,68082511	98,68082511	500
0,59-0,71	0,00045	839	3,866E-10	0,0007285	0,728461	10168,571	101,6857141	0,983422311	100	2,6060691	115,6351961	115,6351961	500
0,71-0,84	0,00053	831	4,597E-10	0,0007718	0,7717578	9598,098	95,98097975	1,041873091	100	2,7609637	122,5081004	122,5081004	500
0,84-1,00	0,00064	468	9,856E-10	0,0009952	0,9951781	6929,9673	69,29967321	1,443008248	100	3,8239719	169,6753672	169,6753672	500
1,00-1,18	0,00066	457	1,041E-09	0,0010134	1,0134415	6805,0813	68,05081254	1,469490169	100	3,8941489	172,78923	12,98	40,3

Tabla N°2. Aplicación de métodos en antracita

fração	Mg (kg)	Ng		dv (m)	dv (mm)	Se (m2/m3)	Se (cm2/cm3)	volumen (cm3)	area (cm2)	massa (g)	Massas equivalentes	massa a ser exposta	Volume (mL)
0,59-0,71	0,0003	673	6,08124E-10	0,00084722	0,84722243	12424,5008	124,2450078	0,804861312	100	2,132882477	94,63919484	4,168475901	16,166
0,71-0,84	0,00026	307	1,15537E-09	0,00104932	1,0493178	9691,52673	96,91526725	1,031829172	100	2,734347307	121,3270915	21,62396874	83,859
0,84-1,00	0,00047	417	1,53762E-09	0,0011542	1,1542042	9119,97701	91,19977009	1,096493992	100	2,905709079	128,9306704	128,9306704	500,000
1,00-1,18	0,00041	230	2,43188E-09	0,00134477	1,34476808	5508,31593	55,08315927	1,815436902	100	4,81090779	213,467195	213,467195	500,000
1,18-1,41	0,00049	144	4,64216E-09	0,00166817	1,66816849	4927,06711	49,27067107	2,029604993	100	5,378453231	238,6500375	238,6500375	500,000
1,41-1,68	0,00067	125	7,31225E-09	0,00194096	1,94096176	3724,3988	37,24398799	2,684997107	100	7,115242334	315,7139752	315,7139752	500,000
1,68-2,00	0,00078	106	1,00386E-08	0,00215721	2,15720605	3272,20644	32,72206442	3,056041902	100	8,098511041	359,3430827	54,32045158	210,658
2,00-2,38	0,00072	68	1,44447E-08	0,0024354	2,43539781	3284,88429	32,84884285	3,044247265	100	8,067255251	357,9562164	1,432913591	5,557

Tercer paso.**Secado**

Se refiere a la eliminación de la solución de agua con nano partículas de plata de los materiales utilizados en el proceso, por el cual se utiliza la evaporación a partir de horno a una temperatura de 50°C/ 8 días, revolviendo cada 2 horas.

Cuarto paso.**Pesado y montaje**

Teniendo en cuenta la grafica de curvas granulométricas y la altura de la columna (bureta de 50cm), la altura de la camada de arena será de 20cm y de antracita será de 30cm, el análisis se inicia con la ecuación 3 y 4, área y volumen de la columna utilizada, sabiendo que la masa específica de la arena es de 2650 kg/m3 y la antracita de 1400kg/m3, se procede a sacar la masa de cada uno de los materiales, analizados en la ecuación 5 y desarrollados en la tabla 3 y 4 que se observa a continuación, para realizar el montaje visto en la imagen 3:

$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad (3) \quad v = A * h \quad (4)$$

$$ma = v * p(1 - E) \quad (5) \quad \text{donde } E=0,40$$

Tabla N°3. Mi de Arena

Fraciones	% Curva Granolometrica	Mi (g)
0,42-0,59	22,38%	5,594753056
0,59-0,71	27,67%	6,916426513
0,71-0,84	30,63%	7,656762397
0,84-1,00	18,70%	4,675544072
1,00-1,18	0,63%	0,156513962

Tabla N°4. Mi de Antracita

Fraciones	% Curva Granolometrica	Mi (g)
0,59-0,71	0,5%	0,09170647
0,71-0,84	2,4%	0,475727312
0,84-1,00	10,6%	2,092063843
1,00-1,18	16,4%	3,24411637
1,18-1,41	33,9%	6,717498914
1,41-1,68	30,1%	5,952323057
1,68-2,00	6,0%	1,195049935
2,00-2,38	0,2%	0,031524099



Figura N°5. Montaje de Columnas

Quinto paso.

Preparación de los Reservorios

Se usaron micro esferas de látex con $\varnothing$ de $2\mu\text{m}$, la masa esférica del látex corresponde a $0,92\text{ g/cm}^3$, entonces el volumen micro esférico corresponde a

$4,1888 \times 10^{-12}\text{ cm}^3$, la masa de una microesfera corresponde a $3,8537 \times 10^{-12}\text{ g}$ y el número de microesferas será de $6,5 \times 10^9$ en el recipiente del producto, por lo tanto la solución en el primer experimento será de $40\mu\text{l}$ del producto en 40 L. de agua y en el segundo de $80\mu\text{l}$ del producto en 40 L. de agua.

Sexto paso.

Correr experimento

Se tomaron tasas de $120\text{ m}^3/\text{m}^2$ y de $240\text{ m}^3/\text{m}^2$ de $7,4\text{ ml/min}$ para los dos experimentos corridos en tiempos de 4 horas, analizando turbidez, temperatura, pH, tasas de los filtros en intervalos de 5 y 10 minutos, conservando las muestras de los minutos 10, 30 y 50 de cada hora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Arena y arena con plata en una solución de agua $40\mu\text{l}/40\text{L.}$ Tasa de $120\text{ m}^3/\text{m}^2$ durante 4 h.

En el primer experimento se tuvo en cuenta los parámetros de $40\mu\text{l}$ de micro esferas látex en 40L. de agua a una velocidad de $120\text{ m}^3/\text{m}^2$ durante 4 h, en el reservatorio los datos tomados fueron: pH es $7,589$, turbidez es $1,79$ y temperatura es de $30,1^\circ\text{C}$.

La arena mostró un promedio de $7,215$ pH, siendo un pH neutro para el consumo humano expuesto en la gráfica 2, manteniéndose entre $7,0$ y $8,5$ para los primeros 100 minutos del experimento, esto pudo ser afectado porque se registro un lavado de arena. Después los resultados quedaron por debajo de esta

tasa con valores cercanos a 6, la temperatura promedio fue de $29,33^\circ\text{C}$, los cambios de esta afectan a la disociación del agua y por esto causan cambios en la concentración de pH (9), como se muestra en la tabla 5, se refleja que los valores están entre $6,92$ y $6,99\text{ pH}$. a una temperatura entre 25°C y 30°C con media exacta de $29,42^\circ\text{C}$, con una variación de $0,6^\circ\text{C}$. La turbidez media fue de $0,5318\text{ NTU}$ y mantuvo una constante de $0,5\text{ NTU}$, así de acuerdo a la OMS (Organización Mundial de la Salud), la turbidez del agua potable no debe exceder en ningún caso los 5 NTU y estará idealmente por debajo de 1 NTU (10), en la tabla 6 se puede observar las tasas de turbidez para agua potable y otros.

Tabla N°5. Efecto de La temperatura sobre el pH

Temperatura (°C)	pH
0	7.47
5	7.37
10	7.27
15	7.17
20	7.08
24	7.00
25	6.99
30	6.92
35	6.84
40	6.77

Fuente: Datos tomados de Cole 1983

Tabla N°6. Tasas de turbidez del agua

	TURBIDEZ (unidades)	
	Preferível	Máximo
Água sedimentada	5-10	30
Água filtrada	0,4	5
Água filtrada e estabilizada com cal	1	5
Água de lavagem	75	100

Fuente: Ministerio de la Educación, Universidad Tecnológica Federal de Paraná, Campus Curitiba, 2002

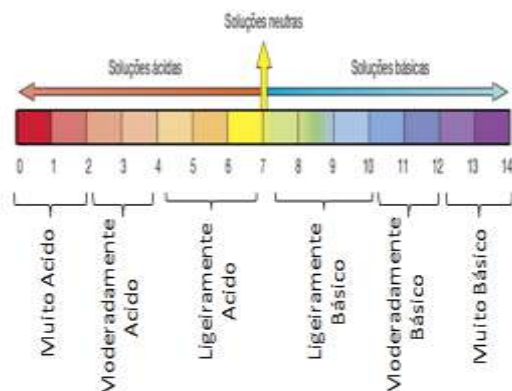


Figura N°6. Escala de pH

La arena con plata conservó los mismos parámetros de medida, la media del Ph. dio 7,0740 siendo un pH. neutro valor más bajo que el de la arena sin plata pero también funciona como agua potable, en los primeros 50 minutos hubo un pico en 9,5 esto puede ser por un posible lavado de arena y plata, después tiende a disminuir hasta llegar a los 6,5 teniendo

un pH ligeramente ácido, de acuerdo con la gráfica 2, la turbidez mostró una media de 0,6603 NTU eficiente según la tabla 7, donde se hace un breve resumen de los indicadores de calidad del agua, lo que demuestra que la filtración es buena, ya que el agua se puede consumir aunque sigue siendo una turbidez más alta que la de arena sin plata. En los primeros 40 minutos se obtuvo un pico de 1,7 NTU tal vez por el flujo de corriente de agua, la temperatura media fue de 29,42°C con variaciones de 0,6°C. Todo esto demostrado en las siguientes gráficas.

Tabla N°7. Calidad del Agua

Matriz de Datos			
Nivel	Unidades de análisis	Variable	Valor (UNT)
Focal	Água del sistema de potabilizado	Partículas en suspensión	Muy alta >5
			Alta >3 hasta 5
			Máximo admisible: 3
			Nivel guía: 1
			Recomendable <0,5

Fuente: La turbidez como indicador básico de calidad del agua potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Marco, L. 2004

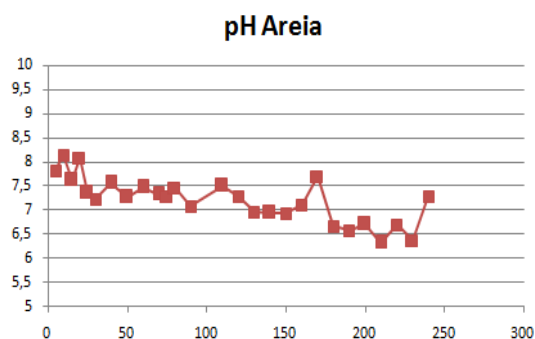


Figura N°7

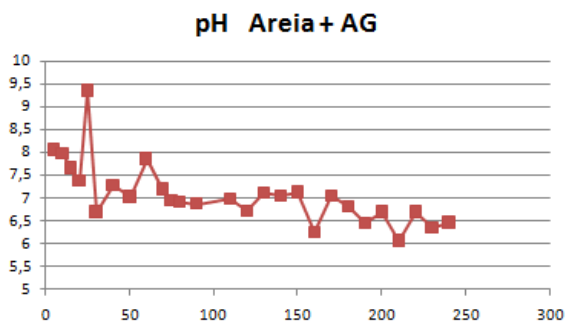


Figura N°8

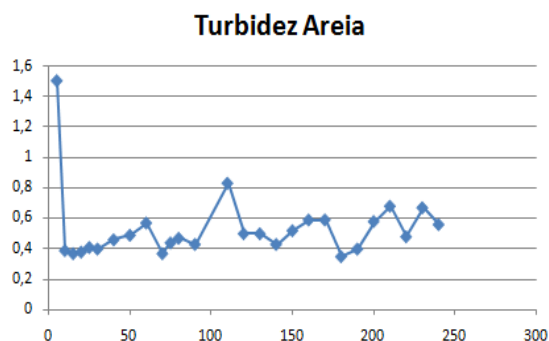


Figura N°9

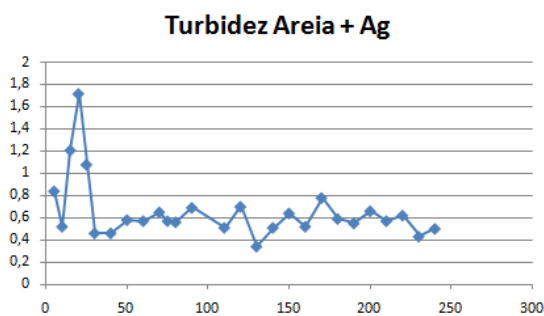


Figura N°10

La arena y arena con plata en solución de 40µl en 40L de agua. Con tasa de 240 m3/m2 por 4h.

La media del pH de la arena fue de 7,044, en los primeros 100 minutos, teniendo un pH neutro apta para consumo humano y vario teniendo un pico bajo de 5,5 (ligeramente ácido), lo que refleja que la temperatura registrada en ese momento

fue de 27°C alterando el pH después se mantiene constante en 7,5 pH ligeramente básico. La turbidez media fue de 0,5374 NTU lo que significa que es para consumo humano pero tuvo un pico alto de 0,8 NTU debido al flujo alto de agua, después se mantuvo entre 0,4 NTU y 0,2 NTU, siendo esto agua no potable. La temperatura media fue de 27,25°C alterando el pH a través del tiempo, la arena con plata conservando los mismos parámetros de filtración tuvo una media de pH de 7,2751 que significa ligeramente básico, es más alta que la arena sin plata, en los primeros 100 minutos hubo pocas variaciones de pH. y un pico en 8,7 con un mínimo de 7,5. La turbidez media fue de 0,3518 NTU siendo más bajo que los valores de arena sin plata, hubo variaciones entre 0,2 y 0,4 NTU ósea que no sería apta para consumo humano de acuerdo a la OMS donde indica que los sistemas filtrantes para agua potable deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU (0.6NTU para filtración convencional o directa). A partir del 1 de enero del 2002, en los estándares de los EEUU, la turbidez no debe superar 1 NTU, y no debe superar 0.3 en 95% de las muestras diarias. (OMS REGLAS) Y el valor medio de la temperatura fue 27,2 °C, que se verán reflejadas en las siguientes figuras.

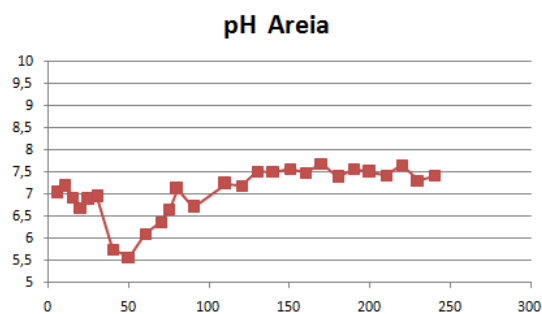


Figura N°11

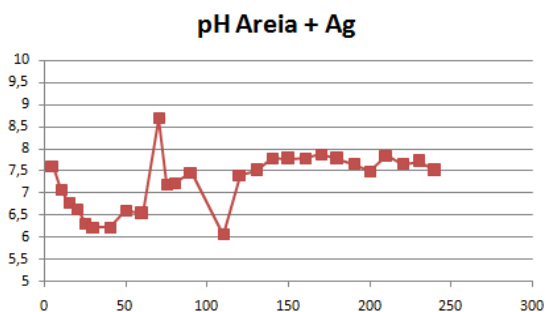


Figura N°12

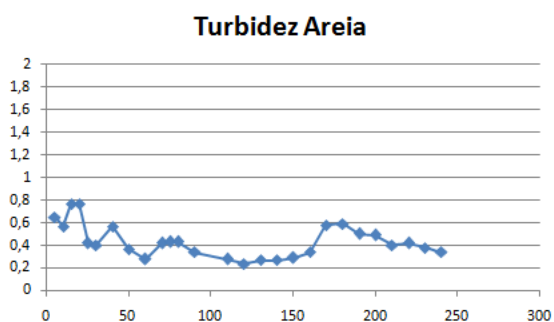


Figura N°13

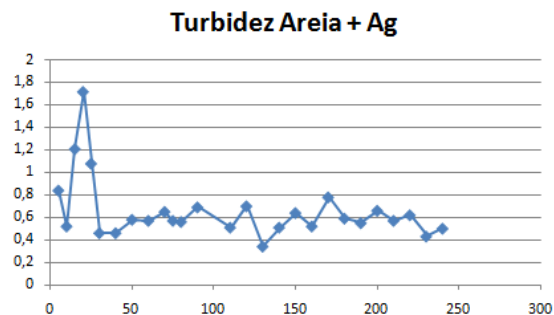


Figura N°14

Antracita y antracita con plata en una solución de agua 40µl/40L. Taza de 120 m3/m2 durante 4 h.

Los resultados de filtración en antracita y antracita con plata, que tiene 40 µL de micro esferas de látex en 40 L en una tasa de 120 m3/m2 durante 4 h. el primer experimento con antracita presento una media de pH de 8,2540 siendo

ligeramente básico, con un pico bajo de 6,5 siendo un pH ligeramente básico, aumentando a 7,8 (ligeramente básico) en el minuto 200, manteniéndose aproximadamente e los 7,5 pH con un nuevo pico bajo de 6,28 (ligeramente ácido). La media de turbidez dio como resultado 0,8144 NTU, siendo esta agua potable de acuerdo con la tabla 6, durante el experimento varió teniendo 4 tipos significativos a lo largo del experimento; en los primero 5 minutos un pico de 1,81 NTU, en el minuto 75 tuvo tendencia a subir de nuevo llegando a 2,48 NTU, después se encontraron dos picos más bajos de 1,21 NTU y 0,93 NTU en los minutos 110 y 200 respectivamente; lo que significa que el agua es potable para consumo humano estando entre los límites admisibles menores a 3 NTU. Siendo esto un buen método de filtración de agua, la temperatura media fue de 29,5°C afectando el pH. El experimento de antracita con plata presentó una media de pH de 8,8411 siendo esto pH ligeramente básico y es evidente la disminución de los valores a lo largo del tiempo, bajando constantemente hasta llegar a un pH óptimo de 7,69. La turbidez tuvo valor medio de 1,2162 NTU teniendo una filtración de agua potable, pero se puede observar dos picos significativos en el grafico: en los primeros 5 minutos un pico no admisible de 3,95 NTU pero no altera los resultados finales porque representa el 1% de la muestra y en el minuto 140 un pico de 1,97 NTU, bien puede ser por las nano partículas de látex o por un cambio en el flujo del agua, después se mantiene entre 0,6 y 0,9 NTU conservando los parámetros de la tabla 7. Siendo el resultado final también apta para consumo humano con una temperatura que en valores medios fue de 29,37°C,

que se demuestran en las siguientes figuras.

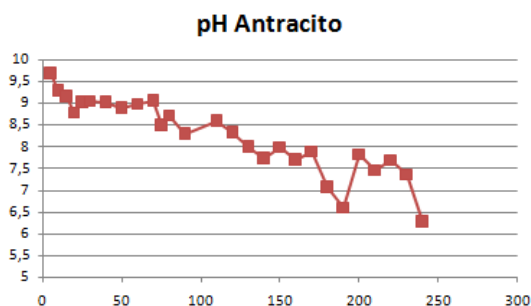


Figura N°15

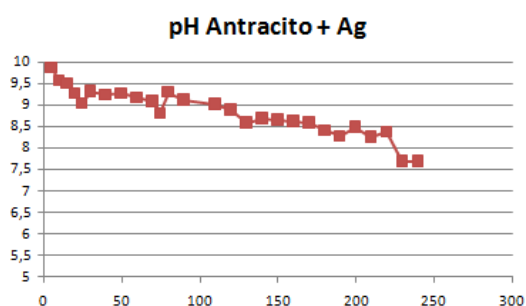


Figura N°16

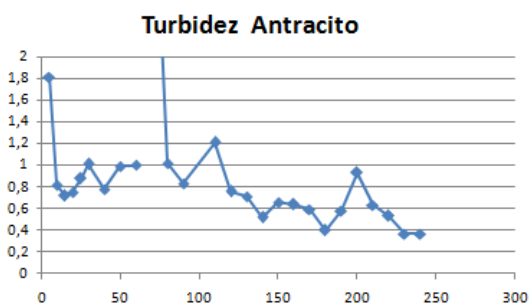


Figura N°17

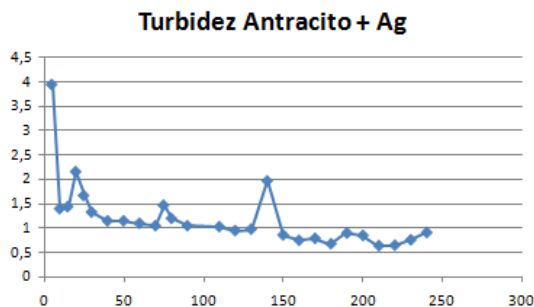


Figura N°18

Resultados de filtración de antracita y antracita con plata, que tiene 40μl de micro esferas de látex en 40L de agua y una velocidad de 240 m³/m² durante 4 h. El experimento con antracita sin plata dio un promedio de 7,7451 (ligeramente básico) y tiene dos picos, un pico alto en los primeros 5 minutos de 9,37 y un pico bajo en el minutos 50 de 6,19 (ligeramente ácido); variación afectada por la temperatura. En seguida el gráfico tendió a subir oscilando entre 6,39 y 8,29 afectado por una temperatura media de 26,53 ° C. La turbidez promedio de 0,5055 NTU, a lo largo del experimento la turbidez vario ampliamente entre 0,27 y 1,02 NTU permaneciendo dentro parámetros óptimos establecidos y a partir del minuto 170 su variación tendió a ser constante con valores comprendidos entre 0,3 y 0,5 NTU siendo esto agua potable. El experimento de antracita con plata mostró un pH promedio de 8,7051 (ligeramente básico) y disminuyó lentamente de 9,95 hasta 8,45 pero tuvo un pico bajo significativo de 6,89 (ligeramente ácidos). La turbidez tuvo un promedio de 0,65 NTU y se puede observar que se inicia con una baja turbidez de 0,59 NTU, en el minuto 10 hay un incremento a 0,95 NTU, disminuye de nuevo a 0,45 NTU y aumenta progresivamente hasta llegar a 0,99 NTU, a continuación, se encuentra el pico más significativo que alcanza a 1,83 NTU y disminuye significativamente permaneciendo constante, una vez que mantiene una variación pequeña, se puede decir que el método utilizado es óptimo y el agua puede ser consumible.

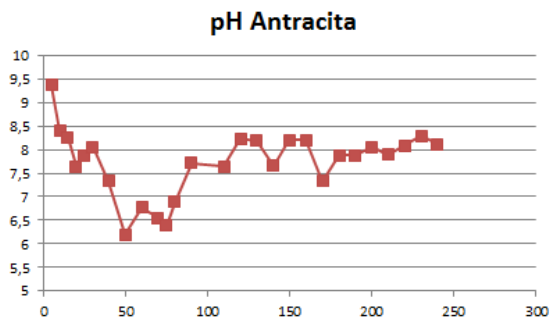


Figura N°19

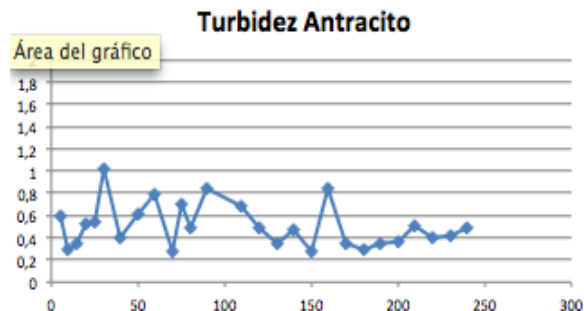


Figura N°21

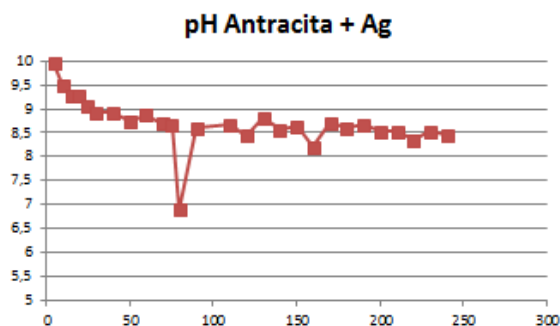


Figura N°20

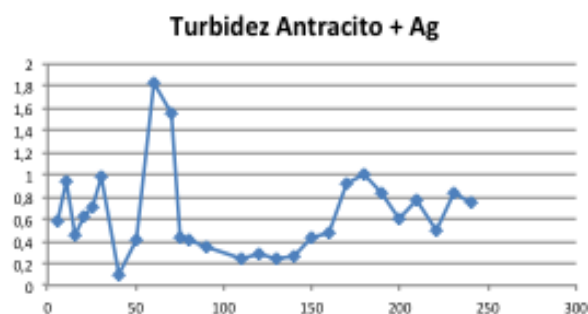


Figura N°22

CONCLUSIONES

La investigación dejó ver que el montaje y materiales utilizados en el experimento son de bajo costo y el uso de nano partículas de plata es óptimo para conseguir un efecto antibacteriano a partir de la filtración de agua.

Se logra observar al transcurrir el experimento que el cambio de temperatura puede afectar el pH de las soluciones y de los sensores del pH, pero estos cambios son pequeños si la temperatura permanece cerca de 20 – 25 °C.

Los resultados de las primeras muestras de cada experimento tienden al error porque ocurre un lavado de las impurezas en los materiales filtrantes en este caso arena y antracita.

Es posible que la impregnación homogénea del material se realice bajo dos métodos para la determinación de pérdida de carga en un medio granular filtrante, el primero llamado desenvolvimiento por Wiechetch y el segundo por el método de visualización.

REFERENCIAS

Barro, J. Águas e Águas. São Paulo, BR. 2001. Pág. 2-4.

Bernardo, L. Tratamento De Água Para Abastecimento por Filtração direta 1ª edição exemplar 1300. Rima editora. São Carlos, BR. 2003

Danilo Aparecido Faveri. Filtracao lenta em areia, manta não tecida e carvão ativado como pos tratamento de efluentes domesticos e reuso. Campinas São Paulo, 2005.

Craver VA, Smith JA. Sustainable colloidal-silver-impregnated ceramic filter for point-of-use water treatment. Environ SciTechnol 2008;42:927–33.

Nano partículas de plata en diferentes sectores [Online]

Disponibile:<http://www.nanoaracat.com/Laboratorios%20argenol%20AINII.pdf>

El uso de la planta en los antibioticos del futuro [Online].

Disponibile:www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art69/art69.pdf.

Curtis, L. The segregation of silver nanoparticles in low-cost ceramic water filters. Pittsburgh, USA. 2009.

Bernardo, L. Tratamento De Água Para Abastecimento por Filtração direta 1ª edição exemplar 1300. Rima editora. São Carlos, BR. 2003