

DISEÑO HIDRÁULICO DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN

Norman Leonel Siguí Gil¹

RESUMEN

Se construyó un filtro intermitente de grava de 6mm de diámetro para tratamiento secundario a la salida de un biodigestor anaerobio. El efluente primario se fracciona con un divisor de caudal y pasa hacia el filtro por medio de un dosificador de caudal que funciona completamente por gravedad. La unidad requiere pocas labores de operación y mantenimiento, y presenta una remoción media de DBO₅ igual a 63%, de DQO igual a 66% y de SST igual a 45%. La calidad del efluente no alcanza la eficiencia dada por filtros con recirculación.

PALABRAS CLAVE: filtros aeróbicos, tratamiento secundario, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno, efluentes domésticos.

ABSTRACT

An intermittent filter with grave of 1/8" of diameter was built as secondary treatment located after an anaerobic biodigester. The primary effluent is divided by a flow divisor and goes to the filter by a hydraulic flow dispenser that functions by gravity. The treatment unit requires little maintenance and operation tasks and presents an average removal of BOD₅ equal to 63%, of COD equal to 66% and suspended solids equal to 45%. The effluent quality does not reach the efficiency obtained by recirculating filters.

KEYWORDS: aerobics filters, secondary treatment, suspended solids, biochemical oxygen demand, domestic effluents.

RÉSUMÉ

Un filtre intermittent avec gravier de 6 mm a été construit comme traitement socondaire après un digesteur anaérobie. L'effluent primaire est divisé avec un diviseur de flux et va au filtre par un distributeur hydraulique de flux qui fonctionne para gravité. Le system de traitement n'exige qu'un entretien minimum et des faciles travaux d'opération, et a en moyenne une réduction du DBO₅ de 63%, du DCO de 66% et des matières solides en suspension 45%. La qualité de l'effluent n'atteint pas l'efficacité de filtre avec recirculation.

MOTS-CLÉS: filtres aérobies, traitement secondaire, matières solides en suspension, demande biologique en oxygène, domestique effluents.

INTRODUCCIÓN

Se construyó un filtro de grava de 6 mm de diámetro en las instalaciones de la Planta Piloto de Tratamiento de Agua Residual "Arturo Pazos", ubicada en la Colonia Residencial Aurora 2, zona 13 de la Ciudad de Guatemala.

El filtro se colocó a la salida de un biodigestor anaerobio, para funcionar como tratamiento secundario de agua residual doméstica. Una octava parte del efluente primario entra al filtro construido, pasando primero por un dosificador de caudal para lograr una entrada intermitente de caudal.

El efluente del sistema fue evaluado para medir la DBO₅, DQO y SST como principales parámetros de referencia de la calidad del agua tratada, y los resultados fueron comparados con eficiencias dadas por filtros con recirculación obtenidos de la bibliografía.

DISEÑO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

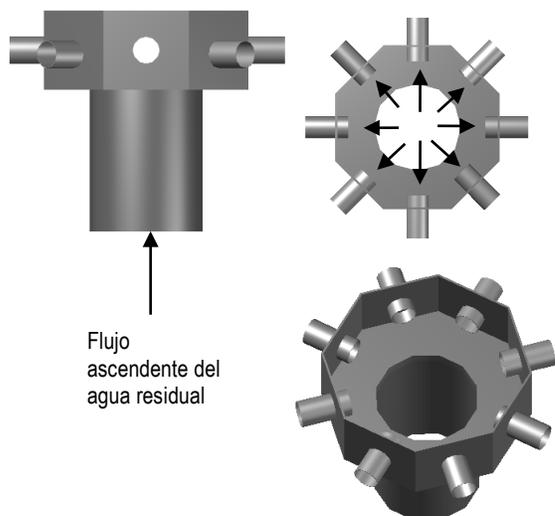
El filtro se diseñó en base a parámetros usuales de filtros con recirculación, los cuales son:

- Caudal medio de diseño
- Tasa de carga hidráulica
- Factor de caudal pico

El caudal medio de diseño es el caudal medio de salida del biodigestor. Se decidió reducir este caudal para que las dimensiones del filtro no fueran demasiado grandes. Esto se logró colocando un dispositivo divisor de caudal, el cual se muestra en la figura siguiente.

¹Ingeniero Civil, MSc. Ingeniería SanitariaERIS- USAC- Guatemala

Figura 1. Divisor de Caudal



Como lo muestra la figura, el efluente del biodigestor fluye de forma ascendente por el dispositivo. Este consta de 8 salidas exactamente iguales y ubicadas al mismo nivel, logrando así que el caudal se fraccione en 8 partes iguales. Por lo tanto el caudal medio de diseño se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Caudal medio} = \frac{\text{aforo in situ biodigestor}}{8}$$

$$\text{Caudal medio} = \frac{3\,733,60 \text{ l/d}}{8} = 466,70 \text{ l/d}$$

La tasa de carga hidráulica depende del tamaño del medio filtrante. Este parámetro está dado en unidades de volumen sobre área por tiempo, lo cual es básicamente una velocidad. Usualmente en filtros con recirculación se manejan valores entre 120 y 200 mm/día, pero para este diseño se usó 250 mm/día por ser un medio filtrante de mayor tamaño. Gracias a su granulometría y a la dosificación de caudal, el filtro nunca presentó problemas de colmatación.

Como último dato para el factor de caudal pico se utiliza un valor usual de 2,50 por ser agua de origen doméstico.

Utilizando estos datos, se aplica la siguiente fórmula:

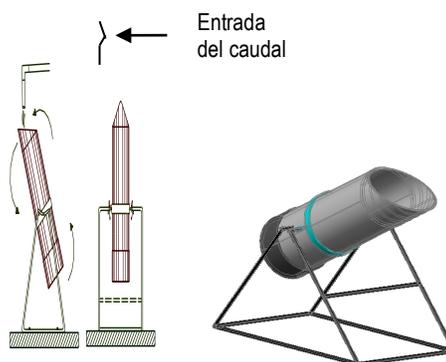
$$\text{Área} = \frac{\text{caudal medio} * \text{factor caudal pico}}{\text{tasa de carga hidráulica}}$$

$$A = \frac{466,70 \text{ l/d} * 2,50}{250,00 \text{ l/m}^2 * \text{d}} = 4,67 \text{ m}^2$$

El área resultante es equivalente a un filtro de 2,15 metros de largo por 2,15 metros de ancho.

Previo a la entrada del filtro se colocó un dosificador o dispensador de caudal. Un dispositivo hidráulico que funciona sin energía externa y que consta de un recipiente que se balancea sobre un eje. A medida que el dispositivo se va llenando, el agua residual llega a una altura en donde se rompe el equilibrio, logrando que el dispositivo se voltee y descargue el agua hacia la tubería de distribución del filtro de grava en un intervalo aproximado de cada 8 minutos. El tiempo entre cada dosis se puede variar modificando la altura del eje de movimiento.

Figura 2. Dosificador de Caudal



La tubería de distribución se ubicó por encima del medio filtrante. Fue construida con tubos de PVC perforados en la parte superior permitiendo una distribución uniforme del caudal sobre el medio filtrante.

El lecho de filtración está constituido por piedrín de un cuarto de pulgada (6mm) de diámetro, formando una capa de filtración con un espesor de 0,50 metros, que es el valor usual en filtros con recirculación. Está colocado sobre planchas de concreto perforadas, que se colocaron sobre pequeños soportes de block de 0,20 metros de altura, constituyendo así el fondo falso. Agujeros en la parte inferior de los muros del filtro, permiten la entrada de oxígeno hacia el medio filtrante, indispensable para el tratamiento biológico tipo aerobio.

Figura 3. Vista isométrica del filtro

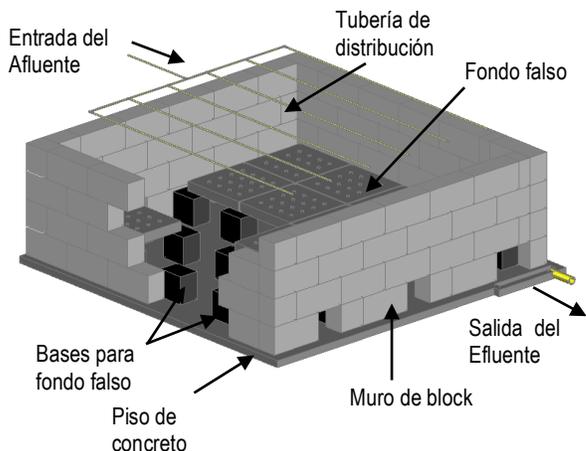
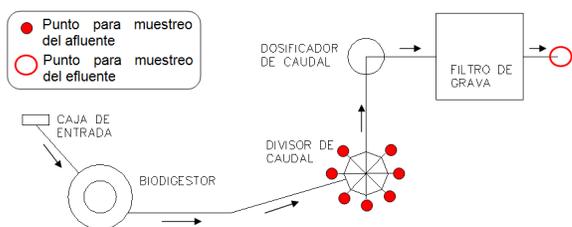


Figura 4. Esquema General del Sistema



RESULTADOS

En las siguientes tablas y gráficas se muestran los resultados obtenidos de los análisis de demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales.

Tabla I. Resultados DBO₅

Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)				Eficiencia %
No.	Fecha	Afluente	Efluente	
1	05/07/2012	123,0	73,3	40,4
2	12/07/2012	151,7	41,5	72,6
3	18/07/2012	166,3	74,6	55,2
4	25/07/2012	152,0	50,8	66,6
5	01/08/2012	223,0	62,0	72,2
6	08/08/2012	126,3	33,2	73,7
7	23/08/2012	136,0	32,4	76,2
8	29/08/2012	108,3	26,0	76,0

9	05/09/2012	152,3	51,8	66,0
10	12/09/2012	155,3	78,4	49,5
11	13/09/2012	161,3	59,2	63,1
12	19/09/2012	131,3	69,5	47,1
Mínimo		108,3	26,0	40,4
Máximo		223,0	78,4	76,2
Promedio		148,9	54,4	63,2

Figura 5. Resultados DBO₅ (mg/l)

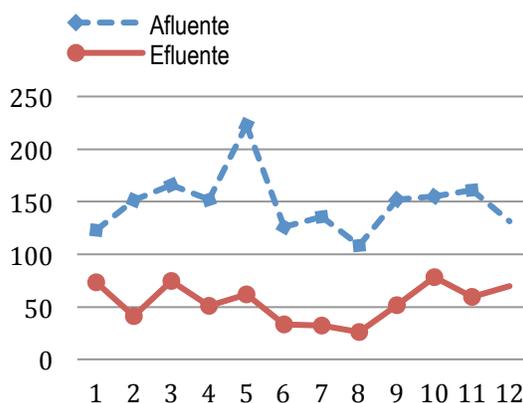


Tabla II. Resultados DQO

No.	Fecha	Demanda Química de Oxígeno (mg/l)		Eficiencia %
		Afluente	Efluente	
1	05/07/2012	222,0	78,0	64,9
2	12/07/2012	297,0	110,0	62,9
3	18/07/2012	274,0	87,0	68,2
4	25/07/2012	277,0	64,0	76,9
5	01/08/2012	291,0	128,0	56,0
6	08/08/2012	255,0	63,0	75,3
7	23/08/2012	240,0	76,0	68,3
8	29/08/2012	222,0	46,0	79,3
9	05/09/2012	197,0	75,0	61,9
10	12/09/2012	272,0	139,0	48,9
11	13/09/2012	291,0	90,0	69,1
12	19/09/2012	213,0	77,0	63,8
Mínimo		197,0	46,0	48,9
Máximo		297,0	139,0	79,3
Promedio		254,3	86,1	66,3

Figura 6. Resultados DQO (mg/l)

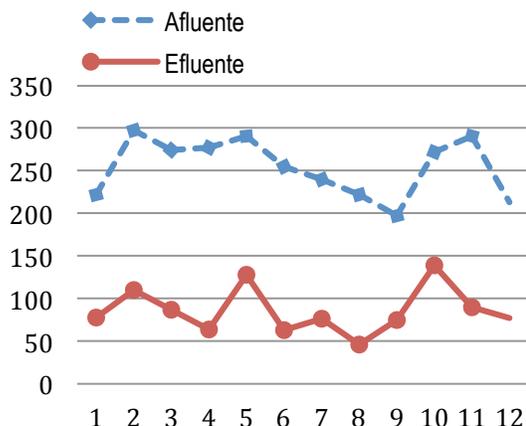
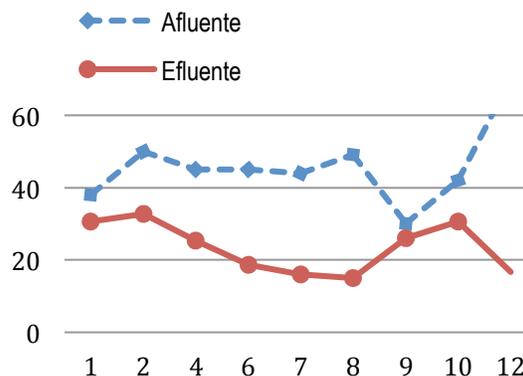


Tabla III. Resultados SST

No.	Fecha	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)		Eficiencia %
		Afluyente	Efluyente	
1	05/07/2012	38,00	30,67	19,3
2	12/07/2012	50,00	32,67	34,7
4	25/07/2012	45,00	25,33	43,7
6	08/08/2012	45,00	18,67	58,5
7	23/08/2012	44,00	16,00	63,6
8	29/08/2012	49,00	15,00	69,4
9	05/09/2012	30,00	26,00	13,3
10	12/09/2012	42,00	30,67	26,9
12	19/09/2012	70,00	16,67	76,2
Mínimo		30,0	15,0	13,3
Máximo		70,0	32,7	76,2
Promedio		45,9	23,5	45,1

Figura 7. Resultados SST (mg/l)



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es de destacar que a la mitad del estudio, el filtro presentó los mejores resultados. Su eficiencia fue mejorando progresivamente hasta llegar a un punto en la muestra número 8, donde comienza a reducir su eficiencia.

La mejora inicial se traduce claramente como el período de maduración del lecho filtrante. A partir de la muestra número ocho, el filtro llegó a un punto de saturación de desechos biológicos de los propios microorganismos responsables de la degradación de materia orgánica. Estos desechos contribuyen al aumento de los parámetros analizados sobre todo de SST, algo que se pudo observar visualmente como partículas de color grisáceo en la salida del filtro.

El problema de sólidos en suspensión a la salida del filtro se podría solucionar con la adición de un sedimentador secundario. Esta mejora clarificaría el agua tratada y también contribuiría a la reducción de la carga orgánica, en parte añadida por los microorganismos propios del lecho filtrante.

CONCLUSIONES

El filtro construido no mejoró las eficiencias teóricas de filtros con recirculación, las cuales son de arriba de 98% de remoción de DBO₅ y 80% de remoción de SST (en condiciones óptimas). Sin embargo el filtro cumple con la normativa guatemalteca de aguas residuales y como puntos positivos tiene su fácil y poco mantenimiento, su bajo costo de operación y su relativa facilidad de diseño y construcción.

Por lo tanto con la adición de un sedimentador secundario, este tipo de filtro es una alternativa factible para el tratamiento de agua residual doméstica, sobre todo en viviendas que utilizan sistemas de fosa séptica y no están conectadas al sistema público de drenajes. Cabe

mencionar que un filtro con recirculación sin su operación y mantenimiento adecuado, no logrará las eficiencias que muestran los estudios, incluso podrían ser bajas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, Damann L.; SIEGRIST, Robert L.; OTIS, Richard J. Technology Assessment of Intermittent Sand Filters. Washington, DC. United States Environmental Protection Agency. 1992. 30 p.
- ARBOLEDA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera edición. McGraw Hill, 2000. 793 p.
- CRITES, Ron. Tchobanoglous, George. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. McGraw Hill, 2000. 776 p.
- METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. McGraw Hill, 1998. 1 485 p.
- RAMÍREZ, Mario. Evaluación de parámetros físicos y químicos de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales del Barrio El Cangrejal, Municipio de Puerto Barrios, Departamento de Izabal. Tesis Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. Guatemala, julio 2003. 105 p.
- SALGUERO, Louis. OAKLEY, Stewart. Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica. Un Manual de Experiencias, Diseño, Operación y Sostenibilidad. Agencia de Protección Ambiental de Los Estados Unidos de América.