

Determinación de la tasa de acumulación de lodos en fosas sépticas de la ciudad de Mérida, Yucatán

Méndez Novelo, R.¹, Gijón Yescas, A., Quintal Franco, C.¹ y Osorio Rodríguez, H.¹

Fecha de recepción: 7 de junio de 2007 – Fecha de aceptación: 19 de octubre de 2007

Resumen

En la ciudad de Mérida, la mayor parte de las aguas residuales generadas se tratan en fosas sépticas que no son operadas adecuadamente, por lo que una gran proporción de las cargas orgánicas son vertidas al acuífero. Para realizar la operación adecuada de las fosas, se debe determinar la tasa de acumulación de lodos. Se diseñaron y construyeron equipos para medir el volumen de lodos en las fosas y se realizaron 2 campañas de medición de los volúmenes de lodos acumulados con los que se determinó que la tasa de acumulación de lodos es de 19.07 l/hab x año. Se realizó también una caracterización de los lodos, lo que permitirá proponer un tratamiento adecuado.

Palabras clave: Fosas sépticas, tasa de acumulación de lodos, medidor de volumen de lodos, caracterización de lodos de fosas sépticas.

Septic tank sludge rate determination in the city of Merida, Yucatan

Abstract

In the city of Merida, almost all the wastewaters are treated in septic tanks which are not operated properly. Therefore, a large proportion of organic content reaches the aquifer. In order to improve the efficiency of septic tanks, sludge accumulation rate has to be quantified. Equipment for the quantification of the existing volume of sludge in septic tanks were designed and constructed. A sludge accumulation rate of 19.07 l/capita per year was obtained from 2 sampling surveys. Sludge characteristics were determined and this is useful information for elaborating adequate treatment proposals.

Keywords: Septic tanks, sludge accumulation rate, equipment for sludge volume quantification, septic tanks sludge characterization.

¹ Profesor-Investigador del cuerpo académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. E-mail: mnovelo@uady.mx

Introducción

El sistema más común de tratamiento de aguas residuales in situ son las fosas sépticas también llamadas tanques sépticos (Kaplan, 1991). La Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos, USEPA por sus siglas en inglés (1980) define a las fosas sépticas como un recipiente hermético diseñado y construido para recibir las aguas de desecho de una casa, separar los sólidos de los líquidos, suministrar una digestión limitada a la materia orgánica retenida, almacenar los sólidos y permitir que el líquido clarificado sea descargado para su posterior tratamiento y disposición. Los tanques sépticos están orientados hacia la producción de: 1) un lodo granular que se acumula en el tanque y se tiene que extraer a intervalos regulares para evacuarlo y 2) de un efluente séptico que se descarga al subsuelo mediante un sistema de absorción (Maskew, 1971).

En la ciudad de Mérida la mayor parte del agua residual está siendo dispuesta directamente al subsuelo a través de tanques sépticos, sumideros, letrinas y en algunos fraccionamientos existen redes de alcantarillado sanitario conectadas a pozos profundos a través de los cuales se inyecta el agua residual al manto salino, que subyace al agua dulce. El Censo Nacional del 2000 registra que en la ciudad de Mérida, Yucatán, 138,269 viviendas disponen sus aguas residuales mediante fosas sépticas, esto representa un 80.2 % del total de 172,383 viviendas censadas (INEGI, 2000). Cuando las fosas sépticas son diseñadas sin considerar: el volumen de agua a tratar, los procesos involucrados en ella y los criterios válidos de diseño, y sobre todo si no tienen un mantenimiento y supervisión adecuados una vez que son construidas, pueden llegar a ser una fuente considerable de contaminación de aguas subterráneas (Quintal, 1993a). Al ser las fosas sépticas el método de disposición más utilizado en el Estado es necesario que se asegure el buen funcionamiento de ellas. Una práctica recurrente por parte de los usuarios de fosas sépticas es darles “mantenimiento” cuando el lodo de la fosa llega a obstruir las salidas provocando malos olores y una interrupción del flujo en el sistema sanitario.

Los tanques sépticos generalmente son diseñados para retener el agua de desecho por un periodo lo suficientemente largo para permitir que las partículas suspendidas en el líquido sean separadas. Las partículas flotarán o sedimentarán dependiendo si son más densas o menos densas que el fluido que las transporta. Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie en donde forman una capa flotante de espuma en la parte

superior y la capa de lodo sedimentado en el fondo. Como resultado, en un tanque séptico se encontrarán tres diferentes zonas: La zona inferior o de lodos, la zona superior o de natas y la zona que queda al centro, usualmente conocida como el sobrenadante y que es donde, propiamente dicho, se lleva a cabo la separación de las partículas.

La materia orgánica retenida en el fondo del tanque se somete a un proceso de descomposición anaerobia y facultativa, transformándose en compuestos y gases más estables como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y sulfuro de hidrogeno (H₂S). El lodo que se acumula en el fondo del tanque séptico está compuesto sobre todo de hilachas provenientes del lavado de prendas y de lignina, la cual forma parte de la composición del papel higiénico; aunque estos materiales lleguen a degradarse biológicamente, la velocidad de descomposición es tan baja que se acumulan.

A pesar de que la descomposición anaerobia reduce el volumen del material sólido depositado en el fondo del tanque, existe siempre una acumulación neta del lodo. Parte del lodo alimentado se adhiere a las burbujas de gas generadas en el proceso de descomposición del material sólido del fondo del tanque, y asciende junto con ellas aumentando el espesor de la capa de espuma formada en la superficie del tanque. A largo plazo, la acumulación de lodo y espuma hace que se reduzca la capacidad volumétrica efectiva del tanque; por tanto, es conveniente realizar bombeos periódicos del contenido del tanque a manera de mantenimiento programado. El volumen final de lodo producido dependerá de la naturaleza de los sólidos contenidos en el agua residual, además de la temperatura y el tiempo (Mara y Sinnatamby, 1986, citado en Quintal, 1993).

La producción de natas en la superficie no está solo acompañada por un aumento en la calidad del efluente sino que podría (a través de la retención de material en la superficie) ayudar eficientemente en la operación del tanque. Experimentos bajo condiciones controladas con aguas residuales domésticas indican la concentración de natas de un tanque sin siembras (un tanque limpio) requiere un número de meses antes de que la acumulación efectiva de lodo y natas se presenten. El tiempo entre periodos de drenado de lodos puede ser de 3 ó 4 años o bajo condiciones inusuales el tanque puede ser drenado sólo después de intervalos muy largos. Los datos indican que algunos deterioros en la calidad del efluente pueden ocurrir si el drenado de lodos no se realiza. Un periodo conveniente puede ser entre 9 y 12 meses. Sin embargo, es más importante dejar una porción (1/16)

del lodo para sembrar el proceso en el primer compartimiento. El segundo compartimiento puede ser vaciado completamente (Barnes et al, 1978, citado en Chi 2005).

Dado que los tanques sépticos se encuentran enterrados y, por lo tanto, no están a la vista, algunos propietarios olvidan que estos sistemas necesitan mantenimiento periódico. Con frecuencia, los residentes de zonas pobladas que cuentan con red de alcantarillado por gravedad se reubican en lugares que utilizan tanques sépticos, suponiendo entonces que pueden descargar cualquier material y cualquier cantidad de volumen de agua dentro del sistema, como lo hacían cuando contaban con la red de alcantarillado. Sin embargo, los sistemas de tanque séptico sometidos a estas condiciones se pueden ver afectados por la descarga de algunos constituyentes, ya que su capacidad de manejo de caudal es finita. El abuso de dichos sistemas ocasiona inevitables fallas, creando condiciones indeseables y de posibles riesgos para la salud. No obstante, la aplicación de algunas recomendaciones simples para su correcta operación permite que funcione durante años sin mayores problemas. Para llevar a cabo un adecuado mantenimiento es necesario realizar inspecciones de rutina. La inspección rutinaria de tanques sépticos debe ser realizada una o dos veces al año y contemplar: 1) revisión de la hermeticidad del tanque, 2) revisión del ingreso de sustancia tóxicas y desinfectantes al tanque, 3) revisión de empaques en las conducciones que conectan el tanque séptico con el sistema de disposición en campos de infiltración, y 4) revisión de la cantidad de lodo y espuma acumulados.

Históricamente, el problema más importante que se presenta en la operación del tanque séptico es el arrastre de sólidos, grasas y aceites. Este arrastre de sólidos en el efluente del tanque séptico ocasiona la reducción prematura en la capacidad de asimilación de carga hidráulica en los campos o pozos de disposición de efluente por infiltración, dando origen a la formación de zonas húmedas en la vecindad de las zanjas de infiltración y, en últimas, la acumulación del efluente en la superficie del suelo.

La calidad del efluente de las fosas sépticas domiciliarias es difícil de determinar. Los problemas asociados con la obtención de análisis estadísticos significativos en la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Sólidos suspendidos (SS) en un sistema que sufre grandes variaciones diurnas en el flujo de entrada con súbitos aumentos en la concentración de sólidos suspendidos y dependiendo en parte del sistema de digestión la

cual es sensible a las fluctuaciones de temperatura diaria, son enormes. Algunos autores sugieren que la reducción promedio de DBO_5 y SS están dentro de los rangos del 30 al 50 % y del 50 al 70 %. Si los resultados después del primer año de operación no están dentro de este estándar, se debe hacer una revisión de la operación del sistema (Barnes et al, 1978 citado en Chi 2005).

Una inspección de tanques sépticos reportó que la concentración promedio en el efluente de DBO_5 en tanques sépticos de dos compartimientos está entre 93 y 166 mg/l, mientras que para un tanque con un solo compartimiento es de 160 a 278 mg/l. En ambos casos el mejor resultado que se menciona es para tanques que han sido drenados en un periodo de 6 a 12 meses (Nicoll, 1974 citado en Chi 1995).

El lodo de los tanques sépticos es el material semilíquido que se extrae de los tanques sépticos, el cual se ha depositado en el fondo durante un periodo de años; además está formado por el líquido y una capa superficial de espuma. El lodo proveniente de los tanques sépticos se caracteriza porque tiene cantidades significativas de arena, aceite y grasa, sólidos y materia orgánica. Dentro de las características importantes de los lodos de tanques sépticos se incluyen las cantidades esperadas, el contenido químico, de nutrientes y de metales pesados (Crites, 2000).

Las características de estos lodos podrán variar con la frecuencia de bombeo si su origen es residencial o comercial y con el uso de trituradores de alimentos (US EPA, 1984, citado en Crites 2000).

El lodo de un tanque séptico es muy diluido (97% agua) y tiene altas concentraciones de materia orgánica con valores de DQO de 3000 mg/l o más (Jewell ,1975). Los factores que afectan las características físicas de los residuos sépticos son: el clima, los hábitos del usuario, el tamaño del tanque séptico, el diseño, la frecuencia de bombeo, las características del suministro de agua y el material de las tuberías, así como el uso de dispositivos de conservación del agua, trituradores de basura, productos químicos caseros y compuestos reductores de la dureza del agua (US EPA, 1999).

Varios autores han estudiado diversos parámetros de los lodos de tanques sépticos; Majunder (1960) determina el porcentaje de Sólidos, Sólidos Volátiles y Nitrógeno Kjeldahl, resaltando como dato importante el porcentaje de sólidos que estima entre 6 a 7 %.

Existen teorías bien establecidas sobre el funcionamiento y diseño de tanques sépticos (Canter, 1991; Kaplan, 1991); así como literatura que explica su mantenimiento, costos de operación y vida útil (Hallahan, 2002). La importancia que tiene el mantenimiento constante de este tipo de sistemas de tratamiento ha sido recientemente estudiada (Hallahan, 2002; Stiles, 2003), los investigadores coinciden en que éste es un factor muy importante para garantizar su buen funcionamiento. La Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997 especifica que para garantizar el adecuado funcionamiento de la fosa séptica se recomienda realizar una inspección visual del contenido de la misma cuando menos cada seis meses, así mismo, que se limpie antes que se acumule demasiado material flotante que pudiera obstruir las tuberías de entrada o de salida y que los lodos acumulados en el fondo de la unidad sean retirados por lo menos cada doce meses. La USEPA (2002) recomienda que lodos y natas deban ser removidos cuando excedan del 30% del volumen del tanque o si no hay supervisión se debe limpiar por lo menos cada 3 ó 5 años.

Mancl (1984) propone una fórmula para determinar el volumen de lodo producido por persona haciendo consideraciones del gasto del influente, de la digestión de los lodos y de la eficiencia de retención de sólidos; además, propone la frecuencia con que es necesario desasolver la fosa para mantener el buen funcionamiento del sistema, también menciona que un tanque séptico funciona con una eficiencia de un 70% para la remoción de sólidos.

La tasa de acumulación de lodos decrece de acuerdo con el tiempo de funcionamiento de las fosas, de una tasa de 93 l/persona x año en el primer año de funcionamiento a 43 l/persona x año a partir del cuarto año. Este fenómeno puede ser explicado por la

reducción en el contenido de agua en el lodo y/o una mejora en la digestión.

Existen varios autores que han determinado la tasa de acumulación de lodos: Brandes (1978a) determina una tasa de acumulación de lodos de 200 l / persona x año, en otro estudio Brandes (1978b) estudia la tasa de acumulación para aguas grises obteniendo un valor de 8.3 l/persona x año y para aguas negras de 65.7 l/persona x año en Toronto, Canadá. En la India la tasa de acumulación determinada por Majumder (1960) es de 40 l/persona x año para comunidades rurales. Eikum (1982), proporciona varias tasas de acumulación de lodos: en Noruega la tasa de acumulación dada por la autoridad estatal de control de la contaminación es de 250 l/ persona x año; este valor es muy parecido al usado en Suiza en donde se emplea el valor de 225 l/ persona x año; en Alemania se usa como lineamiento el valor de 1000 l/ persona x año; sin embargo, como se puede observar la variación en los valores es muy grande de un lugar a otro, porque se relaciona con las características hidráulicas de las fosas, con los residuos dispuestos en ellas (como es el caso del uso de trituradores de comida) y con la operación y mantenimiento a que se sometan, por lo que se puede concluir que la tasa de acumulación es particular de cada población, de ahí también la importancia de la determinación de este valor para Mérida.

El objetivo general de la investigación fue determinar la tasa de acumulación y las características de lodos de fosas sépticas de la ciudad de Mérida.

Metodología

En la primera etapa del proyecto, se diseñaron y probaron 3 tipos de medidores de volumen de lodos en fosas sépticas: de copas, de columna y de contacto (Figuras 1, 2 y 3).



Figura 1. Medidor de copas



Figura 2. Medidor de columna



Figura 3. Medidor de contacto

Para determinar la eficiencia del medidor de volumen, se colectaron muestras de lodos de fosas sépticas provenientes de las pipas que prestan el servicio de limpieza de fosas domiciliarias y posteriormente con lodos colectados de fosas sépticas en servicio.

En ambos casos, los lodos se vertían en columnas de acrílico y se procedía a probar con cuál o cuáles medidores se medía con más precisión el volumen. Esto es, se comparaban los volúmenes determinados con las medidas de los dispositivos con el volumen de lodos que se observaba en la columna.

Se realizaron dos campañas de muestreo (en los meses de marzo y junio de 2006) a 20 fosas sépticas tipo septi-k ® (Figura 4) en las que determinaron los volúmenes de lodo, así como los siguientes parámetros: SST, DQO, DBO₅, NTK y NH₃.

En cada fosa, se removía la tapa y se medía el nivel medía el nivel lodos con el medidor de contacto (Figura 3), posteriormente, con el medidor de volumen (Figura 1) se recolectaban 4 litros de lodo para realizar las determinaciones analíticas.

Se administró una encuesta en la que se solicitó información sobre el número de habitantes de la vivienda y el tiempo de ocupación. Las viviendas eran nuevas y en ninguna de las viviendas se había realizado una limpieza de las fosas.

La tasa de acumulación de lodos fue estimada utilizando la formula:

Donde: TAL = Tasa de Acumulación de Lodos.

c = volumen estimado de lodos (L)

a = tiempo transcurridos desde la última evacuación del lodo de la fosa séptica (años).

b = número de usuarios (habitante).

$$TAL = \frac{c}{ab} \left(\frac{L}{\text{hab.año}} \right)$$

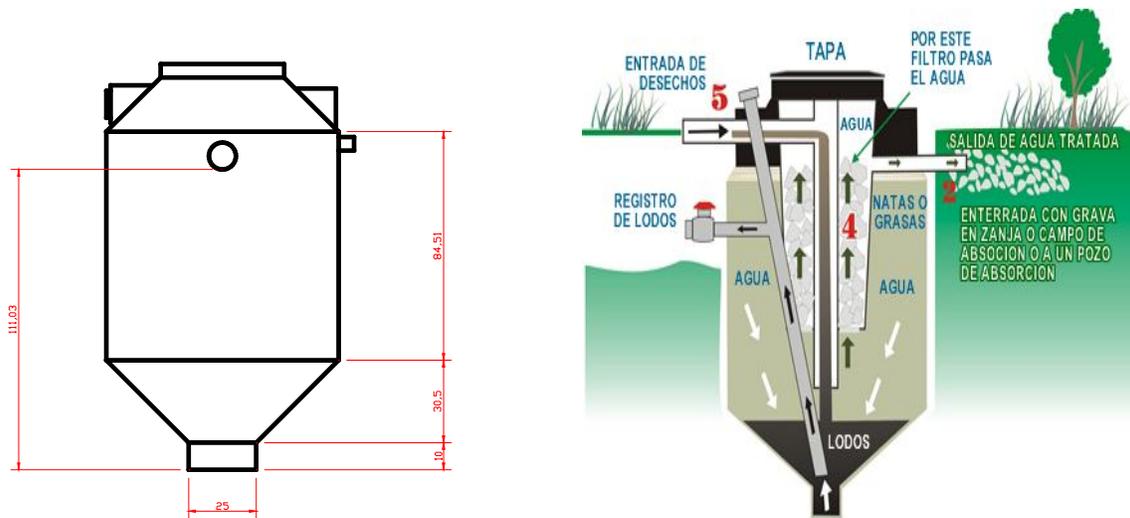


Figura. 4.- Fosa séptica tipo septi-k ®.

Resultados y discusión

El medidor de volumen de lodos más preciso fue de tipo contacto. Se probaron varias telas y formas y se concluyó que una combinación de tul y franela, elaborado de forma que se formaran bolsas (entramado), permitía retener los lodos, así como marcar su nivel. Este resultado es pertinente porque la alternativa de un medidor preciso de los lodos, sería el vaciar toda la fosa séptica para determinar el volumen de lodos, lo cual resulta impráctico y laborioso.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización de los lodos de las fosas sépticas. Los resultados obtenidos en este estudio se encuentran entre los valores límites presentados por la USEPA (1994), tan solo los parámetros de Sólidos totales, el Nitrógeno total Kjeldahl y el Nitrógeno amoniacal se sobrepasan los máximos presentados por la USEPA (1994) para lodos de fosas sépticas, sin embargo al no haber una normativa con respecto a estos valores y al presentarse una gran variabilidad en los resultados presentados en la literatura, se asume que los valores obtenidos son confiables para su utilización en otros estudios. Los sólidos totales resultan superiores a los reportados por Jewel (1975), Sainz (1977) citado por Eikum (1982) y por Brandes (1978), lo cual puede deberse a la forma cónica de las fosas septi-k ® en comparación con las fosas de sección rectangular.

Las grandes variaciones de la concentración de sólidos en las fosas sépticas reportadas en la literatura

y determinadas en el estudio, se explican por las variaciones de los sólidos que ingresan a las fosas, en el caso del uso de trituradores, por el grado de digestión de los lodos y principalmente por las características geométricas e hidráulicas de las fosas. Las fosas sépticas de forma paralelepípeda de una sola cámara, son hidráulicamente deficientes al permitir la formación de líneas preferenciales de corriente y propiciar que los sólidos se acumulen de forma dispersa en los fondos planos, lo que dificulta las condiciones de anaerobiosis para la digestión de los lodos. Las fosas paralelepípedas de dos o tres cámaras permiten una mejor acumulación de lodos y por ende una mejor digestión de los mismos. Hidráulicamente las mejores fosas son las de forma cónica, como la estudiada, en las que los lodos se acumulan en el fondo cónico y son retenidos en la fosa mediante un filtro y además porque la distancia entre afluente y efluente es mayor (USEPA, 2002). No obstante, las dimensiones de las fosas estudiadas (1.1 m^3), aunque cumplen con la normatividad nacional (NOM-006-CNA-1997), resultan pequeñas comparadas con otras normas en las que el de diseño preponderante es el tiempo de retención hidráulica (TRH) de 2 a 3 días, por lo que si se considera una descarga de 150 l/hab/día, 5 habitantes por vivienda y un 20% de volumen para espacio libre, el volumen de las fosas debería ser de: $150 \times 5 \times 1.2 = 1.8 \text{ m}^3$ a 2.7 m^3 .

Tabla 1. Caracterización de lodos de fosas sépticas

No.	Tasa de acumulación de lodos (l/hab/año)	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Sólidos totales (mg/l)			Sólidos suspendidos (mg/l)			NKT (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
				ST	STF	STV	SST	SSF	SSV		
1	17.50	29750	750	-	-	-	-	-	-	1009	376
2	9.83	45083	5225	-	-	-	-	-	-	1144	488
3	15.65	46500	1100	58500	21900	36600	36200	6100	30100	1144	462
4	13.93	16667	1535	121950	65050	56900	60200	28500	31700	694	294
5	14.57	49667	2096	69200	33800	35400	33400	7400	26000	1413	512
6	21.18	40500	6250	37810	13190	24620	32100	7700	24400	2170	420
7	13.34	48500	7916	67450	33660	33790	36300	12800	23500	2092	339
8	13.11	41333	5630	56341	21960	34381	28550	9800	18750	1761	112
9	19.71	24833	4679	17300	4320	14200	16200	1850	13600	1074	422
10	13.42	38333	5126	69960	30230	39730	31000	10600	20400	2765	344
11	10.84	19333	11605	30600	7470	23130	25400	5000	20400	2233	456
12	30.38	43167	9460	133920	77240	56680	31200	9300	21900	2281	408
13	40.06	40167	3577	24570	7300	17270	20200	4900	15300	821	302
14	13.61	38333	6236	69950	30230	39720	31000	10600	20400	2765	344
15	16.68	29500	4465	106060	58090	47970	60750	30200	30550	1999	280
16	24.84	51333	5266	65950	36460	29490	57950	31700	26250	1897	249
17	24.71	58833	11055	108920	52980	55940	91900	43400	48500	1861	291
18	15.75	56000	6093	88605	44625	43980	21885	9077	12808	2786	821
19	20.71	29500	7652	69145	28020	41125	57600	10050	47550	3058	707
20	29.48	62500	13309	47445	19980	27465	20700	8600	12100	3724	486
Media	18.97	40492	5951	69093	32584	36577	38474	13754	24678	1935	406
Desv. Est.	7.64	12606	3461	32731	20494	12746	19553	11478	10338	821	157

El pequeño volumen de las fosas estudiadas, las hace susceptibles a eliminar los lodos cuando se someten a altas descargas de agua. Esto explica la variabilidad de la tasa de acumulación de lodos, y los bajos

valores obtenidos. En la Tabla 2 se presentan los resultados de la tasa de acumulación de lodos y en la Tabla 3 se compara la tasa de acumulación de lodos obtenida con las reportadas en otros estudios.

Tabla 2. Tasas de acumulación de lodos en fosas sépticas de la ciudad de Mérida

No.	No. de habitantes	Primera campaña			Segunda campaña		
		Volumen de lodo (l)	Tiempo de uso (años)	Tasa de acumulación de lodos (l/hab/año)	Volumen de lodo (l)	Tiempo de uso (años)	Tasa de acumulación de lodos (l/hab/año)
1	4	123.88	1.67	18.54	129.69	1.97	16.46
2	4	49.71	1.5	8.29	83.25	1.83	11.37
3	6	216.82	2.3	15.71	245.87	2.63	15.58
4	4	123.88	2.458	12.60	170.35	2.79	15.26
5	6	240.06	3	13.34	315.57	3.33	15.79
6	3	147.12	2.4166	20.29	181.97	2.75	22.06
7	4	89.03	1.833	12.14	123.88	2.13	14.54
8	3	118.07	3	13.12	129.69	3.3	13.10
9	4	211.01	2.5	21.10	205.2	2.8	18.32
10	3	187.78	3.41	18.36	83.25	3.71	7.48*
11	3	123.88	3.41	12.11	106.45	3.71	9.56
12	4	216.82	1.583	34.24	199.39	1.88	26.51
13	2	193.59	2.416	40.06	-	-	-
14	4	89.03	1.5	14.84	89.03	1.8	12.37
15	4	123.88	1.16	26.70	38.81	1.46	6.65*
16	2	58.09	1.083	26.82	62.62	1.37	22.85
17	3	83.25	1.167	23.78	112.26	1.46	25.63
18	2	58.09	2	14.52	77.71	2.29	16.97
19	4	158.73	1.916	20.71	-	-	-
20	3	49.71	0.5	33.14	58.09	0.75	25.82
21	4	-	-	-	187.78	2	23.47
Media				20.02			
Desviación estándar				8.50			

Tabla 3. Tasas de acumulación de lodos en fosas sépticas de otros estudios

Fuente	Lugar	Tasa de acumulación de lodos (l/hab/año)
Sing (1965), al primer año de funcionamiento.	-	93
Sing (1965), al cuarto año de funcionamiento	-	43
Brandes (1978a)	Toronto, Canadá	200
Eikum (1982)	Noruega	250
Eikum (1982)	Suiza	225
Eikum (1982)	Alemania	1000
Brandes (1978b)	Toronto, Canadá	65.7
Majunder (1960)	India	40
Presente estudio	Mérida, México	20.17

En la Tabla 2 se muestra la diferencia entre las dos tasas de acumulación de lodos, y se observa que de las 16 mediciones que se pudieron corroborar, 9

presentaron diferencias negativas, esto indica que durante este periodo las fosas sépticas dejaron de recibir la misma aportación de sólidos que la recibida

en el periodo de operación de la primera campaña por causas que no alcanza a determinar este estudio. Lo anterior no significa que no haya aumentado el volumen de lodo en la fosa, sino que su aumento no fue en la misma proporción con respecto al tiempo que el resultado obtenido en la primera campaña de muestreo.

La tasa de acumulación promedio obtenida en este estudio está por debajo de las tasas de acumulación de lodos de Canadá, Noruega, Suiza, Alemania y la India (Tabla 3). Las encuestas realizadas a los propietarios de las fosas sépticas indican que a ninguna de las fosas llegan las aguas del lavado de la ropa ni de la cocina, por lo que tomando en cuenta lo que Crites (2000) menciona, que el lodo que se acumula en el fondo del tanque séptico está compuesto sobre todo de hilachas provenientes del lavado de prendas y de lignina, se puede explicar el bajo valor en la tasa de

acumulación obtenido para las fosas sépticas muestreadas en este estudio. Además en otro estudio se ratifica esta aseveración, ya que Mara y Sinnatamby, (1986) mencionan que el volumen final de lodo producido dependerá de la naturaleza de los sólidos contenidos en el agua residual, además de la temperatura y el tiempo (citado en Quintal, 1993). Además, la forma geométrica de las fosas estudiadas, permite una mejor compactación de los lodos, lo que implica un menor volumen y por tanto una menor tasa de acumulación.

En la Tabla 4 se presentan los periodos de evacuación de fosas recomendables para un buen desempeño de acuerdo a distintos criterios, utilizando el valor de la tasa de acumulación de lodos determinado en el presente trabajo (19.07 l/hab/año). Para tal efecto, se considero un volumen de fosa de 500 litros y 4 habitantes por vivienda.

Tabla 4. Periodo de evacuación de lodos de fosas sépticas

Fuente	Criterio	Volumen de lodo permisible en el tanque (l)	Periodo de limpieza (años)
USEPA (1980)	Cuando el nivel del lodo se encuentra a 20.5 cm por debajo de la salida	376	4.93
Perkins (1990)	Cuando el nivel del lodo se encuentra a 30.5 cm por debajo de la salida	318	4.17
Hoveer (1999)*	Cuando el volumen del lodo excede el 25% del volumen efectivo del tanque	125	1.64

* Citado en USEPA (1999b)

De acuerdo con Hoveer (1999), el periodo de limpieza para un adecuado funcionamiento de las fosas es de 1.64 años, por lo que un 75% de las fosas estudiadas habrían superado el tiempo de limpieza.

Conclusiones

La tasa de acumulación promedio obtenida en el estudio fue de 19.07 l/hab/año.

El medidor de niveles de lodo de entramado de telas tul y franela permite determinar de una manera confiable el nivel de la capa de lodos en una fosa séptica.

De acuerdo con diferentes criterios para determinar el periodo de limpieza de las fosas estudiadas, éste varía de 1.5 a 5 años.

Referencias Bibliográficas

Canter Larry W., Knox Robert C. (1991). Septic Tank System Effects on Ground Water Quality. Ed. Lewis. 4a. Edición. EUA

Chi Tec Mauricio A. (2005). Influencia de la temperatura en la remoción de materia orgánica de una fosa séptica. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Brandes M, (1978a). Accumulation rate and characteristics of septic tank sludge and septage. "Journal WPCF", Toronto, Canada.

Brandes M. (1978b). Characteristics of effluents from gray and black water septic tanks. "Journal of the wastewater pollution control federation", vol. 50, Ontario, Canada.

- Crites R, Tchobanoglous G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. 1ª. Edición, Mc. Graw Hill, Colombia.
- Eikum A. (1982). Septage quantities and characteristics. In: "Proceedings of 4th Norwest On – site wastewater disposal short course", september 21- 25, University of Washington. Edited by Robert W. Seabloom.
- Hallahan, (2002). The Standard Septic System: Still an Effective Choice for Onsite Wastewater Treatment. "Water Engineering & Management", Oct, Vol. 149, no. 10, pp 33 – 36.
- INEGI (2000), XII Censo General Nacional de Población y vivienda 2000, México.
- Jewell W., Howley J., Perrin D. (1975). Design Guidelines for septic tank sludge treatment and disposal. "Progress in water technology" Vol 7 No. 2, pp 191 – 205, Pergamon Press, Great Britain.
- Kaplan O. (1991). Septic System Handbook 2a. edición, Lewis publishers Inc., EUA.
- Majumder N., Prakasam T., Suryaprakasam M. (1960). A critical study of septic tank performance in rural areas. The institution of engineers, India.
- Mancl, (1984). Estimating Septic Tank Pumping Frequency. "Journal of Environmental Engineering American Society of Civil Engineers", Febrero , Vol 11, no. 1, pp. 17 – 28.
- Maskew G., Charles J., Alexander D. (1971). Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. 1ª edición, Limusa – Wiley, S.A., México.
- NOM-006-CNA-1997, "Norma Oficial Mexicana - Fosas sépticas prefabricadas -especificaciones y métodos de prueba". México.
- Perkins R.J. (1990). Onsite wastewater disposal, 2a. Edition, Lewis Publishers Inc, USA. pp. 43 – 53
- Quintal C. (1993a). Propuesta para el diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de tanques sépticos en Yucatán. "Boletín Académico de la Facultad de Ingeniería", Universidad Autónoma de Yucatán; Num. 21, pp. 35 – 44.
- Quintal C. (1993b). The effect of compartmentalization on septic tank efficiency. Tesis of Degree of doctor of philosophy, The university of Leeds, Great Britain.
- Stiles, (2003). Septic systems maintenance helps keep vision of Nags Head Alive. "Small Flows Quaterly", Vol 4, no. 1. Verano
- US EPA (1980). Design Manual: On site wastewater treatment and disposal systems. Report No. 625/1-80-012, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- U.S. EPA, (1994). Guide to Septage Treatment and Disposal. EPA Office of
- US. EPA, (1999). Folleto informativo de sistemas descentralizados - Tratamiento y disposición de residuos sépticos. Office of Water U.S. Environmental Protection Agency, USA.
- U.S. EPA (2002). Onsite Waste water Treatment Systems Manual, Wastewater Office of Water Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, USA.

Este documento se debe citar como:

Méndez Novelo, R., Gijón Yescas, A., Quintal Franco, C. y Osorio Rodríguez, H. (2007). **Determinación de la tasa de acumulación de lodos en fosas sépticas de la ciudad de Mérida, Yucatán**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 11-3, pp. 55-64, ISSN: 1665-529X