



INFORME TÉCNICO DEL CONCEPTO:

Diseño e instalación de una biodigestor tubular para el tratamiento de las aguas residuales porcinas de la Institución Educativa Agrícola Guacavía

Henry Contreras León

(Supervisor Técnico)

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2018

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SEDE VILLAVICENCIO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN BIODIGESTOR TUBULAR
PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
PORCINAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA AGRÍCOLA
GUACAVÍA

EQUIPO DE TRABAJO

Dayana Fernanda Cubillos Sierra
Diana Marcela Huertas Huertas
Estudiantes Ing. Ambiental

Henry Contreras León
Docente Tratamiento de Aguas Residuales

Villavicencio, 2018

1. INTRODUCCIÓN

A raíz del convenio de cooperación concertado entre la Universidad Santo Tomas y el Colegio Instituto Agrícola Guacavia ubicado en la vereda Guacavia del municipio de Cumaral-Meta, se adelantan unas actividades de apoyo a los procesos académicos y productivos que adelanta el Colegio, tanto en las labores Agropecuarias por su vocación y las temáticas ambientales.

En este último aspecto es donde la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio ha venido desarrollando las labores de trabajo conjunto, específicamente en temas de manejo de suelos y de aguas residuales, priorizando en la temática de aguas residuales el manejo de las aguas residuales generadas en la cría de porcinos, con la posible reactivación del biodigestor instalado para el tratamiento de estas aguas residuales. Para laborar en esta tarea la universidad a través de los semilleros de investigación, que para el caso de manejo de las aguas residuales es el semillero Aguaviva, el cual busca adelantar las actividades en conjunto con los docentes y estudiantes del Colegio en pro de diagnosticar el sistema actual de manejo de las aguas residuales del área de producción de cerdos, estimar las volúmenes y cargas contaminantes con que operara el sistema de tratamiento y plantear las alternativas de manejo y tratamiento de estas aguas residuales, corrigiendo el impacto causado por el vertimiento de estas aguas sin ningún tratamiento e involucrando a los estudiantes del colegio en todo el desarrollo del mismo.

En el presente informe se presenta el informe del concepto técnico asociado al diseño e instalación de un biodigestor tubular para el tratamiento de las aguas residuales porcinas de la institución educativa agrícola Guacavía.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e instalar un biodigestor tubular para el tratamiento de las aguas residuales porcinas de la institución educativa agrícola Guacavía del municipio de Cuamaral-Meta.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Diagnosticar el manejo actual de las aguas residuales generadas por el proceso de producción de cerdos del Instituto Agrícola Guacavía.

Establecer medidas correctivas para el manejo de las aguas residuales porcinas, previo a la instalación del Biodigestor.

Plantear el diseño e instalar el biodigestor para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales provenientes del proceso de cría de cerdos del instituto Agrícola Guacavía.

3. DIAGNOSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL PROCESO DE CRIA DE CERDOS DEL INSTITUTO AGRICOLA GUACAVIA

Por medio de inspecciones y mediciones en campo en el periodo 2018, y con apoyo de los estudiantes de ambas instituciones se lograron establecer las condiciones actuales del manejo de las aguas residuales del área de cría de cerdos del instituto Guacavia, el cual cuenta con una capacidad instalada de 50 cerdos adultos los cuales podrían presentar las siguientes consideraciones:

3.1. GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales del proceso de cría en la producción de cerdos proviene de dos fuentes; la primera de la orina de los cerdos, cuyo volumen dependerá del número de cerdos y del nivel de desarrollo del mismo (Ver tabla 1)

Tabla 1. Excretas producidas por los cerdos según su fase de producción

Fases de Producción	Excretas líquidas (Litros/día)
Reproductores	9
Gestación	27
Lactantes	1.4
Levante y engorde	7

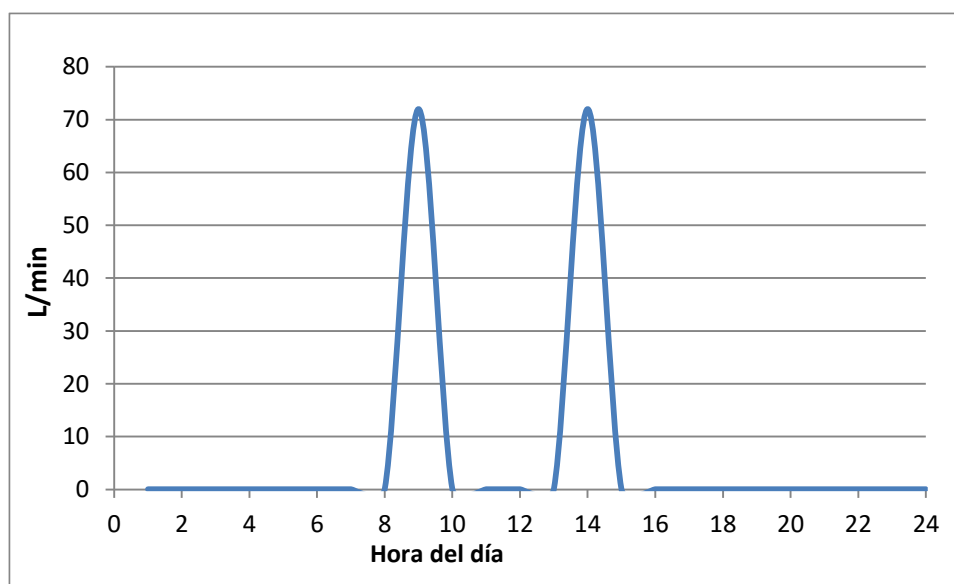
Fuente: FAO - Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas (1)

De acuerdo a la capacidad instalada de cerdos para la producción y los valores promedio de referencia que podría llegar a manejar de acuerdo a su ciclo productivo, la cantidad de excretas liquidas producidas al día es de **150 L/día** en promedio. Lo que representa valores pequeños de agua residual.

La otra fuente de las aguas residuales es el lavado directo de las áreas de operativas para mantener los niveles de saneamiento básico que requieren este tipo de cría de corral. Por medio de la medición directa por medio de balde graduado y cronometro, se logró determinar que el flujo de la bomba de agua utilizada para el lavado de las cocheras es de

72 L/min, y de acuerdo a los tiempos de la actividad de limpieza aportados por los estudiantes del colegio entre 30 a 45 min durante dos veces al día (En la mañana y en la tarde), se estima que el volumen diario de agua es de **6480 L/día** como máximo.

La sumatoria de estos dos volúmenes representa un flujo promedio diario de **6630 L/día**, de agua residual porcina, la cual es generada en flujos variables a lo largo del día (Figura 1)



FUENTE: Autores

Figura 1 Curva típica de agua residual diaria generada en la cría de cerdos del Colegio Agrícola Guacavía.

3.2. ESTADO ACTUAL DEL BIODIGESTOR PRESENTE

En la institución Agrícola Guacavía de Cumaral-Meta se presentaba un biodigestor, el cual fue construido inicialmente por la comunidad estudiantil como trabajo de aula. En el cual, durante la primera visita se evidenciaron las condiciones iniciales (Figura 2), determinándose un grado total de abandono por lo que se observó el crecimiento de plantas a los alrededores y dentro del biodigestor, además de que el plástico se encontró caído a lo largo de todo el sistema y cubierto de plásticos PET, ramas y piedras.



Figura 2 . Condiciones iniciales del Biodigestor tubular presente en la Institución Agrícola Guacavía.



Figura 3. Tanque de entrada de excreta y orina porcina.

Este sistema actual posee un espacio disponible de las siguientes dimensiones:

- ✓ Largo: 9 metros
- ✓ Ancho: 1 metro
- ✓ Profundidad: 0.6 metros

El sistema para el tratamiento de las aguas residuales porcícolas en el colegio Guacavia es un biodigestor plástico tubular de flujo continuo, cuyo modelo es de amplio uso para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la cría de ganado estabulado, tanto porcinos, caprinos, bovinos, etc.

Su diseño se basa en un cilindro plástico horizontal, el cual garantiza la hermeticidad anaerobia a través de una entrada y una salida sumergida, lo que permite obtener una cámara de gases (25% volumen), que luego es extraída por medio de una tubería de gas para ser aprovechado, así como un volumen de agua útil (75%) para la degradación de la materia orgánica presente en el agua.

3.3. Incorporación de aguas lluvias al sistema de agua residual

El área de cría de cerdos se encuentra cubierta con techos en teja de eternit y zinc, cubriendo gran parte del área operativa. Sin embargo, el desagüe del agua lluvia que precipita sobre estos techos llega al interior de las cocheras y se incorpora a la red de recolección de agua residuales (Figura 4).



FUENTE: Autores

Figura 4 . Cubierta del área de cría de cerdos

De acuerdo a las dimensiones que ocupan los techos que desaguan a las cocheras de cría de cerdos y las áreas de cocheras que están expuestas a la intemperie suman un total de **154 m²** de área sin segregar.

Esta condición repercute en el manejo de las aguas residuales, como lo es:

- El incremento súbito del caudal de agua residual durante un evento de lluvia, en donde, a través del uso del método racional para establecer el caudal de lluvia (Ecuación 1), y de acuerdo a un valor de precipitación de una lluvia moderada (50 mm/h), un coeficiente de impermeabilidad de 0.9 (Techos y pisos en concreto) y el área expuesta de 154 m², representa un caudal de **116 L/min**.

$$Q = 2.78 \times C \times i \times A$$

donde:

- Q = Caudal pico de aguas lluvias (L/s).
- C = Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria (adimensional).
- i = Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizado (mm/h).
- A = Área tributaria de drenaje (ha).

Este valor supera al pico más alto de agua residual que se genera actualmente (72 L/min). Además, si se toma en cuenta valores más fuertes de lluvia, como por ejemplo, 100 mm/h el valor de caudal alcanzaría los 231 L/min, sobrepasando así cualquier proyección de manejo de agua residual.

- Los valores de caudal anteriormente mencionados impactarían cualquier tipo de tratamiento que se proyecte, en donde, además del caudal, también interferiría la degradación del agua en el bioreactor, al diluir las concentraciones de las cargas contaminantes que ingresan a este, así como de reducir los tiempos de retención del mismo.

3.4. RECOMENDACIONES PREVIAS AL DESARROLLO DEL BIODIGESTOR

Como elemento previo al desarrollo del biodigestor se deben plantear correcciones al manejo de las aguas, permitiendo una óptima operación del sistema de tratamiento que se proponga:

3.4.1. Medida de reducción de caudal

Como propuesta anticipada y evidente se presenta el uso de un equipo sustituto a la bomba de agua utilizada para el lavado de las áreas operativas. Para este caso se puede realizar la adquisición de una hidrolavadora, cuyo flujo operativo es de **6 L/min** a una presión de más de 100 PSI. Esto representa una serie de ventajas, como lo son:

- ✓ Reducir el caudal de agua en la operación de lavado en un 90%, pasando de 72 L/min a 6 L/min, lo que implicaría un cambio en el manejo de los volúmenes de agua residual de 6638 L/día a **54 L/día**.
- ✓ Tal como se reduce la generación de agua residual, también se reduce el consumo de agua para la actividad de lavado en las mismas proporciones.
- ✓ La hidrolavadora permite un mejor lavado de las áreas operativas por la presión de trabajo, lo que lleva a unas mejores condiciones de higiene de las cocheras

3.4.2. Medida de segregación de aguas lluvias de las aguas residuales

Previo a cualquier intervención en un sistema de tratamiento se debe desarrollar las medidas de segregación necesaria, de manera que al sistema de tratamiento únicamente ingrese solo el agua residual proveniente de las actividades de cría. La solución a esta condición es cubrir las áreas expuestas a la intemperie de las cocheras, así como la extensión de las cubiertas existentes hasta el área externa del área operativa.

4. DIMENSIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR DEL INSTITUTO AGRICOLA GUACAVIA

De acuerdo a la capacidad instalada de 50 cerdos adultos los cuales podrían presentar las siguientes consideraciones:

- ✓ Cada cerdo tiene una capacidad de generar en promedio 1 Kg de Estiércol diario (Valor promedio tomando en cuenta las diferentes etapas de crianza).
- ✓ De acuerdo a diferentes referentes la relación agua/estiércol en la alimentación de los biodigestores oscila entre 1:4 y 1:10, por lo que se estima una relación 1:7.
- ✓ El cálculo del tamaño del biodigestor tubular se realiza de acuerdo a la propuesta por Herrero en el 2008, la cual corresponde a:

Se realizaron los cálculos para determinar las dimensiones de un biodigestor tubular teniendo en cuenta la metodología de diseño expuesta por (Herrero, 2008) donde a partir de la Ecuación 1, 2, 3 y 4 se determinó la carga diaria empleada para ingresar al sistema, el volumen líquido y el volumen total del sistema de tratamiento y finalmente se halló la longitud de la siguiente manera:

En primer lugar, teniendo en cuenta la cantidad de estiércol producido por cada cerdo y la relación estiércol - agua se halló la carga diaria:

$$\text{Carga diaria (CD)} = \text{kilogramos de estiércol} \times \text{relación agua de lavado}$$

(Ecuación 1) (Herrero, 2008)

Una vez obtenida la carga diaria se procedió a determinar el volumen líquido de la siguiente manera:

$$\text{Volumen líquido (V}_L\text{)} = \text{CD} * \text{TRH}$$

(Ecuación 2) (Herrero, 2008)

Una vez obtenido el volumen líquido se despejó la Ecuación 3 y se halló el volumen total:

$$Volumen\ total\ (V_t) = V_L + V_G$$

(Ecuación 3) (Herrero, 2008)

Finalmente, considerando el ancho del rollo de un (1) metro se halló la longitud del biodigestor:

$$Longitud\ del\ biodigestor\ (L) = \frac{V_t}{(\pi r^2)}$$

(Ecuación 4) (Herrero, 2008)

4.1. Memoria de cálculo del biodigestor

Cálculos de diseño del biodigestor tubular anaerobio.

Volumen líquido

$$V_L = CD * TRH$$

Donde,

V_L =Volumen líquido

CD=Carga diaria

TRH= Tiempo de retención hidráulica

Considerando el promedio de estiércol producido por cada cerdo de 1.0 Kg/día y total de cerdos de 50, así como la relación de agua mayor de 1:7 para determinar el mayor volumen de operación.

$CD = \text{kilogramos de estiércol} * \text{relación agua de lavado}$

$$CD = 1.0\text{ Kg/cerdo} * \frac{7\text{ L}}{1\text{ Kg}} * 50\text{ Cerdos} = 350\text{ L}$$

Teniendo en cuenta la carga diaria se calculó el volumen líquido que corresponde al 75 % del volumen total, considerando el tiempo de retención hidráulica de mayor duración:

$$V_L = 350 \text{ L} * 15 \text{ días} = 5250 \text{ L}$$

Volumen total

El volumen total es igual a la suma del volumen líquido y el volumen gaseoso:

$$V_t = V_L + V_G$$

V_T = Volumen total

V_L =Volumen líquido

V_G =Volumen gaseoso

$$V_T = \frac{V_L}{0,75} = \frac{5250 \text{ L}}{0,75} = 7000 \text{ L}$$

$$V_G = 7000\text{L} - 5250\text{L} = 1750\text{L}$$

Longitud del biodigestor

Teniendo en cuenta que para el ancho del rollo de un (1.2) metros le corresponde un radio de 0,5m se tiene que:

$$L = \frac{V_t}{(\pi x r^2)} = \frac{7}{(\pi x 0,5^2)} = 9 \text{ m}$$

4.2. Relación de materiales para el Biodigestor

Estas dimensiones halladas pueden ser usadas en el espacio disponible de la Institución Agrícola Guacavía, por lo que el requerimiento de materiales implica el aprovechamiento de la infraestructura existente y solo fue necesario los siguientes materiales:

RELACIÓN DE MATERIALES DEL BIODIGESTOR COLEGIO GUACAVIA				
N°	DECRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1	Plástico en polietileno tubular de 2m de ancho color negro y calibre #8	m	24	El rollo plástico que se requiere es en presentación de 2 metros de ancho para que generen un biodigestor de 1.3 metros de diámetro (Disponibilidad actual en campo) Se recomienda generar una doble capa de plástico en el biodigestor, por ello se solicita 24 m. Si es de capa sencilla serian 12 m.
2	Flange plástico roscado 1/2" (Para conexión a recipientes)	Unidad	1	Con conexiones macho-hembra roscados y sellos de hermeticidad.
3	Balde de 20 Litros	Unidad	2	Para Entrada y salida del Biodigestor
4	Liga de Neumático	m	60	Se puede utilizar ligas de neumáticos de 5 cm de ancho, usando neumáticos de bicicleta o de carro (Los que se tenga disponible). Necesarios para el amarre del polietileno y los baldes
5	Tubería de PVC de 1/2"	m	24	Conducción del gas
6	Union PVC 1/2" extremos lisos	Unidad	6	Conexión de tubería de gas
7	Union hembra PVC 1/2" Extremo liso-roscado	Unidad	2	Conexión de tubería de gas
8	Union macho PVC 1/2" Extremo liso-roscado	Unidad	2	Conexión de tubería de gas
9	Rollo de teflón	Unidad	2	Conexión de tubería de gas
10	TE PVC 1/2" extremos lisos	Unidad	2	Conexión de tubería de gas
11	Codo PVC 1/2" extremos lisos	Unidad	8	Conexión de tubería de gas
12	Válvula de bola PVC 1/2" extremos lisos	Unidad	4	Conexión de tubería de gas
13	Manguera PVC 1/2"	m	6	Conexión de tubería de gas
14	Pegante de PVC	Unidad	1	Conexión de tubería de gas
15	Limpiador para PVC	Unidad	1	Conexión de tubería de gas
16	Tubo flexible espirometálico con enchufe de	Unidad	1	Conexión de tubería a quemador de gas (Cocineta un solo puesto)

RELACIÓN DE MATERIALES DEL BIODIGESTOR COLEGIO GUACAVIA				
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
	seguridad roscada			
17	Cocineta de un solo puesto	Unidad	1	Para el quemado de gas

4.3. Instalación del Biodigestor

A través del trabajo conjunto entre los estudiantes y docentes de ambas instituciones se llevó a cabo la instalación del biodigestor tubular propuesto, el cual conllevó al uso de plástico con doble protección y asegurado en los extremos a cilindros plásticos por medio de tiras de neumáticos para conformar el afluente y efluente del biodigestor, obteniendo un biodigestor de 7 M3 y un volumen útil líquido de 5.3 M3.



Figura 5. Instalación del biodigestor tubular en el Colegio Agrícola Guacavía