

## ORIGINAL

### SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN PORCINA, UNA EXPERIENCIA EN YARA

System for the treatment of the waste matter originating in the porcine production, an experience in Yara

Lic. Yoandrys Machado-Torres, Profesor Asistente, Universidad de Granma,  
[ymachadot@udg.co.cu](mailto:ymachadot@udg.co.cu), Cuba

M. Sc. Zaida Yudi Suros-Rodríguez, Profesora Auxiliar de la Universidad de Granma,  
[zsurosr@udg.co.cu](mailto:zsurosr@udg.co.cu), Cuba

M. Sc. Rolando Ramírez Benítez, Profesor Auxiliar, Universidad de Granma,  
[rramirez@udg.co.cu](mailto:rramirez@udg.co.cu), Cuba

Recibido: 18/10/2017- Aceptado: 22/11/2017

## RESUMEN

En el municipio Yara, provincia Granma, se aboga por el rescate y desarrollo de la actividad porcina, con el objetivo de incrementar la producción de proteína animal y de grasa para satisfacer las demandas de la población. El sector no estatal y dentro de este las Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) se identifican con grandes potencialidades para esta actividad. La CCS "Benilde Orozco", ubicada en la localidad de Santa Rita, Veguita, muestra un creciente desarrollo en la producción porcina. En un diagnóstico realizado se detectaron deficiencias que denotan falta de conocimiento por parte de campesinos y la población en general sobre el tratamiento de los residuales provenientes de la producción porcina. Por ello se propone la creación de un sistema de fácil implementación, que con pocos recursos y en un área reducida permita el uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina en fincas de la CCS "Benilde Orozco" y la producción de traspatio. Dentro de las principales actividades se encuentra lograr una correcta transferencia de tecnología para la implementación de un sistema que permita el tratamiento de los residuales líquidos y sólidos provenientes de la producción porcina (fase experimental). En el desarrollo del proceso investigativo se han aplicado diversos métodos tanto del nivel teórico como del empírico. Entre los teóricos se encuentran el histórico-lógico, análisis y síntesis, inductivo-deductivo y el sistémico estructural-funcional. Entre los empíricos: la observación, el análisis de documentos y dentro de las técnicas: entrevista, encuesta.

**Palabras claves:** Crianza porcina; transferencia tecnológica; tratamiento de residuos; descontaminación productiva.

## **ABSTRACT**

At Yara municipality that belongs to Granma province, it advocates the rescue and development of the porcine breed, whit objective to increase the production of the protein and animal fat to satisfy the population's requests. The private sector including the Service and Credits Cooperatives (SCC), is identified with big potentialities for the development of this activity. The SCC "Benilde Orozco" located at Santa Rita, Veguita, Yara, shows an increasing development in the porcine production. In a diagnosis were detected some deficiencies that denote lack of knowledge in part of peasants and the population in general about the treatment of the residual provenances to the porcine breed. That's why, it is proposed the creation of a system that with few resources and in a little area permit the efficient use of the residual of to the porcine breed, whit easy implementation for the peasants and the population, in the SCC "Benilde Orozco" and the backyard production. Within the main activities it is found a correct technology transfer that allow implement a system for the treatment of the liquids and solid residual that the porcine productions originate (experimental phase). During the research process different methods have been used such as: the historical- logical, analysis- synthesis, inductive- deductive and the systemic- structural and functional within the theoretical ones. Likewise empirical methods were also put into practice like the observation, the analysis of documents as well as the survey and interview as techniques.

**Key words:** Porcine breed; technological transference; treatment of residues; productive decontamination.

## **INTRODUCCIÓN**

La cría y explotación zootécnica del cerdo es una actividad pecuaria con relevancia social y económica para el Continente Americano. Esta actividad en Cuba data del periodo de la colonización española, cuando fue introducida la especie. Antes del triunfo de la Revolución, la ganadería sufría un total abandono, la crianza porcina era una de las ramas más rezagadas dentro del tradicional retraso que siempre padeció la producción animal. Con el triunfo de la

Revolución hubo cambios importantes en todas las esferas de la economía nacional y en particular en la rama porcina, por las ventajas que posee esta especie para la producción de carne y por ser un alimento de alto valor nutritivo, además de cumplir funciones sociales de gran arraigo popular en el campo y las ciudades.

La actividad porcina en Cuba se basa en dos sectores bien definidos: por una parte, las grandes granjas pertenecientes al sector estatal especializado y, por la otra, las pequeñas producciones que conforman el sector no especializado. El sector no especializado comprende una gran variedad de sistemas de producción; desde la producción individual de traspatio hasta las granjas porcinas desarrolladas en los diferentes Ministerios. Sistemas intermedios de producción existen en las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), en las cooperativas cañeras y no cañeras y en campesinos individuales asociados a las Cooperativas de Créditos y Servicios (C.C.S.). (Domínguez Guarde Pedro L. 2010).

Uno de los municipios donde se aboga por el rescate y desarrollo de la actividad porcina, por sus características físicas naturales existentes es Yara, perteneciente a la provincia de Granma. La dirección gubernamental de Yara identifica a la rama porcina como una de sus líneas estratégicas para el desarrollo endógeno, señalando el sector no estatal con grandes potencialidades, y dentro de este las C.C.S. Una de las C.C.S. con un creciente desarrollo en la producción porcina es la “Benilde Orozco”, ubicada en la localidad de Santa Rita, Veguita, Yara.

La C.C.S. “Benilde Orozco” cuenta con un plan de desarrollo que tiene entre sus líneas estratégicas la producción de cultivos varios, el arroz y se ha incorporado la porcina, donde hay 4 productores que tienen convenios con la Empresa Porcina, con perspectivas de crecimiento en 3 productores y del volumen de la producción.

En un diagnóstico realizado se detectaron deficiencias relacionadas con el inadecuado tratamiento y utilización de los residuales provenientes de las áreas de cría, atendiendo a que las excretas generadas en las producciones porcinas, son responsables de impactos sobre el aire, el suelo y el agua, ya que se concentran en áreas reducidas y con una fuerte carga de nutrientes, metales pesados, antibióticos, otras drogas veterinarias y patógenos (Herrero y Gil, citados por Gallo, Bruno Eliel y Gallo, Leonel, 2016 ).

El diagnóstico abarcó las comunidades que están en el área de acción de la C.C.S., con el objetivo de verificar el estado en que se encuentra la problemática planteada en la producción

de traspatio y brindar apoyo técnico metodológico a los comunitarios que se interesan y realizan la crianza porcina. Entre las deficiencias se encuentran las siguientes:

1. En las fincas donde existen convenios de porcino no se realiza un tratamiento y utilización eficientes de los residuales provenientes de la producción porcina.
2. Existen campesinos y personas naturales que manifiestan interés en iniciar negocios de crianza porcina, pero muestran desconocimiento y no cuentan con un sistema para el adecuado manejo de los residuales, elemento que tiene en cuenta la Empresa Porcina y el Instituto de Planificación Física para firmar los convenios.
3. En un 32% de las fincas no existen las condiciones para la implementación de un sistema ampliado de manejo de los residuales.
4. Existencia de espacio reducido para la implementación de un sistema amplio de manejo de los residuales en la producción individual de traspatio.

Escalante Estrada, V. y Garzón Zuñiga, M. (2011) plantean que el tratamiento de aguas residuales se lleva a cabo mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Dentro de los procesos biológicos se encuentran los procesos anaerobios y las lagunas de estabilización, proponiendo que en las granjas de traspatio es conveniente su utilización debido a los bajos requerimientos de operación y mantenimiento.

Por otra parte Domínguez Guarde Pedro L. (2010) expresa que el tratamiento y utilización de los residuales en los sistemas de producción porcina conlleva una descontaminación productiva y plantea la utilización de esos residuos como fuente proteica en la alimentación de diferentes especies de animales o en la fertilización de cultivos y la producción de energía (biogás), además del fraccionamiento de los residuales en sólidos y líquidos, utilizando los sólidos en la producción de humus y los líquidos en la fertilización de cultivos.

Teniendo en cuenta lo planteado se propone crear de un sistema de fácil implementación, que con pocos recursos y en un área reducida permita el tratamiento y uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina en fincas de la C.C.S. "Benilde Orozco" y la producción de traspatio en las comunidades de su radio de acción.

## **POBLACIÓN Y MUESTRA**

Para la creación de este sistema se plantea el principio de fácil implementación, utilización de pocos materiales y reducción de costos, permitiendo siempre el tratamiento y uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina. Se decide dividir la investigación en dos etapas, una experimental y otra de generalización. Los resultados presentados están relacionados con la fase experimental. Se parte además del criterio de selección intencional, con el objetivo de recoger la mayor cantidad de juicios sobre el cuidado del medio ambiente a partir de la aplicación de las prácticas ecológicas en el proceso de producción porcina.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron métodos científicos de nivel teórico y empírico, entre los que se encuentran: histórico-lógico, sistémico estructural-funcional, la observación, encuestas, destacando el experimento que nos permite modificar las condiciones existentes en el lugar seleccionado y verificar si el sistema de tratamiento de residuales provenientes de la producción porcina es eficiente.

Se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Lograr una correcta transferencia de tecnología que permita la implementación de un sistema para el tratamiento de los residuales provenientes de la producción porcina. (fase experimental).
2. Comprobar los resultados de la implementación de la fase experimental.
3. Ampliación y diversificación del sistema para el tratamiento de los residuales provenientes de la producción porcina.

Para cumplir con los objetivos específicos propuestos se planificaron las siguientes actividades por etapas de la investigación:

Etapas	Actividades
Creación de un sistema para el tratamiento de los residuales líquidos y sólidos provenientes de la producción porcina. <b>(Realización de la fase experimental).</b>	1. Caracterización de la C.C.S. y las comunidades de su radio de acción.
	2. Selección del área idónea para la ejecución de la fase experimental.
	3. Construcción y puesta en funcionamiento de un área encargada del tratamiento de los residuales líquidos.
	4. Construcción y puesta en funcionamiento del área encargada del tratamiento de los residuales sólidos (biodigestor).

Comprobación de los resultados de la implementación de la fase experimental del proyecto.	1. Medir la efectividad del proceso de tratamiento de los residuos líquidos provenientes de la producción porcina.
	2. Medir la efectividad de la puesta en práctica de un biodigestor diseñado con transferencia de tecnología.
	3. Validación del sistema para el tratamiento y uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina. Medición del impacto económico, social y ambiental a pequeña escala.
Ampliación y diversificación del sistema para el tratamiento y uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina.	1. Elaboración y aplicación de un plan de capacitación sobre la base de técnicas y procedimientos ecológicos en la producción porcina.
	2. Construcción de una cocina comunitaria sobre la base de biogás en la comunidad seleccionada.
	2. Construcción del sistema para el tratamiento y uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina en fincas de la CCS "Benilde Orozco" y en la producción individual de traspatio en comunidades de su radio de acción.
Valoración del impacto económico, social y ambiental a gran escala.	1. Elaboración los instrumentos de medición de impacto.
	2. Aplicación de los instrumentos de medición.
	3. Valoración del impacto del sistema para el tratamiento y uso eficiente de los residuales provenientes de la producción porcina.

#### Fase experimental.

Partiendo del criterio de selección intencional, se escoge una microlocalización ubicada en la comunidad El Jardín, Veguita, dentro del área de acción de la C.C.S. "Benilde Orozco" y que cuenta con las condiciones óptimas para crear un sistema que se pueda instaurar, tanto en las distintas fincas como en la producción de traspatio. El productor tiene un convenio familiar con la Empresa Porcina de 2.61 toneladas de carne, con 29 cabezas de cerdos. Las instalaciones de cría, con capacidad de hasta 50 cerdos, están ubicadas dentro del solar y cerca de la vivienda, donde existe poco espacio para la construcción de un sistema ampliado de tratamiento de residuales y a 15 metros de las márgenes del río Buey, hacia donde se escurrían gran parte de estos desechos.

Por otra parte, la comunidad El Jardín se caracteriza por ser rural, integrada por obreros y campesinos y que en el 94.6% de los núcleos familiares existe una producción pecuaria de traspatio, entre los que se destacan: 167 cabezas de ganado menor y 22 de ganado mayor. Ubicada en las márgenes del río Buey hacia donde fluyen los residuales de este sector no especializado.

Manejo de residuos:

Asumiendo lo planteado por Gallo, B. Eliel y Gallo, B. Leonel (2016), el efluente porcino está conformado por heces, orina, alimento desperdiciado, agua de bebida y limpieza de las áreas de cría y otros, donde la producción promedio de efluente animal-día es del orden de los 7 litros.

Se divide el tratamiento de los residuales: los líquidos por un lado y los residuales sólidos por otro, aunque en el proceso, comiencen en un mismo camino. Se sigue el principio de funcionamiento referido por Escalante Estrada, V. y Garzón Zuñiga, M. (2011) sobre el funcionamiento de las lagunas de estabilización como estructuras artificiales, donde se lleva a cabo una combinación de procesos de sedimentación, digestión y conversión de desechos orgánicos por bacterias.



Figura 1: Sistema para el tratamiento de residuales provenientes de la producción porcina.

En este caso, por trabajar en dimensiones espaciales pequeñas por donde los residuales líquidos deben pasar en un periodo corto de tiempo, se inserta un proceso de filtración para acelerar la depuración de los mismos. En la figura 1 y 6 se muestra el sistema planteado.

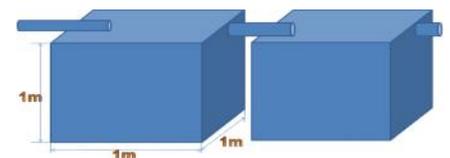


Figura 2: Depósitos de Pre-fermentación.

Al igual que en las lagunas de estabilización, donde los residuales líquidos y sólidos inician el camino juntos, el tratamiento de los residuales comienza con la separación de los líquidos y sólidos en dos depósitos (pre-fermentación o sedimentación, figura 2) de 1m<sup>3</sup> de capacidad teniendo en cuenta la cantidad de afluentes a procesar. Es donde inicia la fermentación de los residuales sólidos que se sedimentan, dejándose procesar por un periodo de 8 a 12 días, para luego ser recogidos y llevado a un biodigestor de 1 m<sup>3</sup> de capacidad.

El residual líquido continúa su paso por otra esclusa (cámara de filtrado, figura 3) de 0.7 m<sup>3</sup> de capacidad. Compuesta por materiales (arena, grava, escombros y carbón vegetal), que permiten una distribución y filtración de las pequeñas partículas de desechos sólidos y químicos que componen ese residual líquido. De arriba hacia abajo se inicia con una capa de arena de 10 cm de espesor que permite la retención de las pequeñas partículas de sólidos que traspasen los depósitos de pre-fermentación.

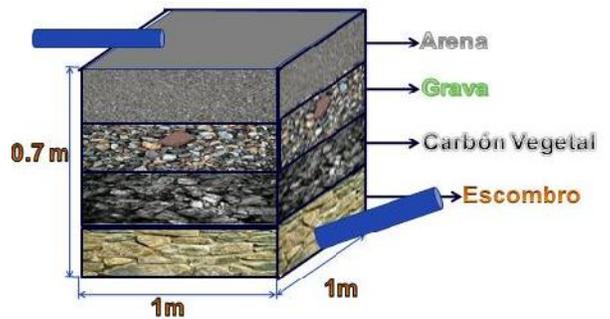


Figura 3: Cámara de Filtrado.

Luego le sigue una capa de grava de 15 cm de espesor que posibilita una distribución del efluente. Le continúa una capa de 30 cm de espesor de carbón vegetal, material poroso que se utiliza en determinadas aplicaciones que no requieren de una gran capacidad de absorción, por poseer propiedad absorbente (capacidad de atrapar moléculas o iones). Por último una capa de 15 cm de espesor que permite una mayor aceleración del efluente por este depósito.

El paso del efluente sigue hacia otro reservorio de 4.5 m<sup>3</sup> de capacidad (cámara de descontaminación, figura 4) es donde el agua va a tener otro tratamiento, servirá como criadero de peces y estará cubierta por plantas acuáticas como jacinto o malangüeta (*Eichornia crassipes*). Siendo una de las especies más estudiadas debido a sus características depuradoras y facilidad de proliferación, la *Eichornia crassipes*, obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo, junto a los iones

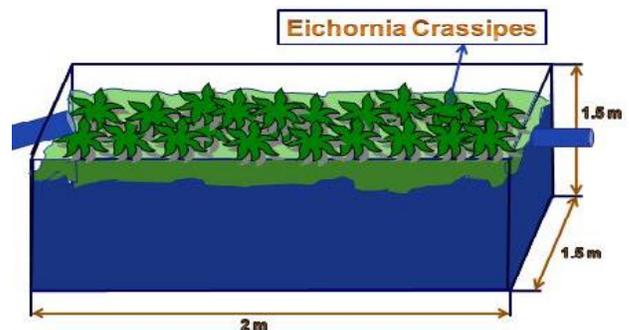


Figura 4: Cámara de Descontaminación.

de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes.

Posee un sistema de raíces, que pueden tener microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de la planta. En general, estas plantas son capaces de retener en sus tejidos una gran variedad de metales pesados (como cadmio, mercurio y arsénico específicamente) y muestran una amplia proliferación en Cuba.

La fase final del tratamiento de los residuos líquidos termina en un pozo (sumidero), mecanismo para el tratamiento de las aguas. Actúa como desagüe natural para el agua ya filtrada y tratada en las cámaras de filtrado y descontaminación.

La otra parte del experimento se basa en el tratamiento de los residuales sólidos planteando los sistemas de descontaminación productiva con la utilización pequeñas plantas de fermentación anaeróbica (biodigestores de flujo continuo) que disminuyen la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos sedimentables y los coliformes, generando biogás.

Olaya Arboleda, Y. y González Salcedo, Luis O. (2009) plantean que un biodigestor es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar este en biogás y fertilizante. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, o iluminación (lámparas de gas o gasolina), y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad. El fertilizante, llamado biól, actualmente se está considerando de la misma importancia, o mayor, que el biogás ya que provee a las familias campesinas de un fertilizante natural que mejora el rendimiento de las cosechas.

Basándose en la bibliografía consultada, se propone la construcción de un biodigestor de 1 m<sup>3</sup> de capacidad (figura 5) que permitirá completar el procesamiento de los residuales sólidos, previamente tratados en los depósitos de pre-fermentación. Se obtiene como resultado el biogás que se utiliza en la cocción de alimentos y el un fertilizante natural para mejorar el rendimiento de las cosechas.



Figura 5: Biodigestor.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para poder validar este sistema se tuvo en cuenta la capacidad operativa y eficiencia de los subsistemas para el tratamiento de los desechos líquidos por un lado y de los sólidos por otro.

Tratamiento de los efluentes.

El volumen de desechos sólidos (estiércol) y líquidos (efluentes) que se procesaron por periodos y en todo el ciclo productivo, asumiendo lo planteado por Gallo, B. Eliel y Gallo, B. Leonel et. al. (2016), se muestran en la tabla 1, teniendo en cuenta que existen en las áreas de cría 29 cerdos y que el contrato de entrega es de 180 días (6 meses) después de la compra de los cerdos. Se puede observar que se dejan de verter en las márgenes del río Buey aproximadamente 1218 litros de efluentes durante el primer mes, coincidiendo con la etapa de adaptación de los cerdos. En los siguientes 66 días del periodo de preceba y ceba se procesan un promedio de 35322 litros y 36540.0 litros (36.54 m<sup>3</sup>) durante todo el periodo productivo.

Tabla 1: Volumen de desechos media diaria por cabeza, periodos y total de desechos sólidos (kg), y efluentes (litros) por fases productivas.

Categoría de Cerdos	Desechos Sólidos por:		Efluentes por:	
	Día	Periodo	Día	Periodo
Preceba.(30 días)	0,35	304,5	1,4	1218
Preceba.(66 días)	2,3	4402,2	7,0	13398
Ceba (84 días)	3,0	7308,0	9,0	21924
Total del ciclo productivo.		12014,7		36540,0

Como aspecto positivo está que no existieron problemas de estancamientos del efluente durante el paso por las distintas esclusas, mostrándose un adecuado funcionamiento de la cámara de filtrado como barrera de retención de elementos contaminantes. La cámara de descontaminación permitió la vida de varias especies de peces y, aunque en poca medida, la depuración del agua por el corto periodo de tiempo de retención de esta en el compartimiento.



Figura 6: Construcción del sistema.

Relacionado con los desechos sólidos, se puede decir que se cuenta con una capacidad de almacenamiento de 2.8 m<sup>3</sup>, contando los depósitos de pre-fermentación y el biodigestor, los depósitos de pre-fermentación permitieron el tratamiento del 100% de los desechos sólidos contenidos en el efluente y sedimentados por un periodo de 8 a 12 días, donde comienzan a

aparecer las bacterias metanógenas. Por su parte el biodigestor posibilita continuar el tratamiento de los desechos sólidos (7308.0 kg en el periodo de máxima producción) en los siguientes 18-30 días, disminuyendo su carga contaminante.

Para la puesta en práctica de este sistema, se precisó de una inversión de **\$9378,00** CUP según sus necesidades (para un convenio de 29 cerdos), se requieren los materiales e insumos mostrados en la tabla No.2. A simple vista es una inversión costosa pero aplicando un promedio por la cantidad de cerdos equivale a \$323.38 CUP por cabezas de ganado. El costo de construcción del sistema se adapta a las necesidades y posibilidades de quien lo implementa, teniendo en cuenta las posibilidades económicas, espacio disponible y el volumen de residuales a procesar.

Tabla No 2: Ficha Técnica (costos y cómputos por rubros).

Código	Rubro	Descripción	Cantidad (UM)		Costo Unitario CUP	Costo Total CUP
<b>001</b>	<b>Personal</b>					
	<b>1.1 Obreros- Construcción</b>	Albañil	1		480,00	480,00
		Plomero	1		270,00	270,00
<b>001 Subtotal</b>						<b>750,00</b>
<b>002</b>	<b>Documentación</b>					
	<b>2.1 Materiales e insumos</b>	Papel/Fotocopiadora	1	Paquete	50,00	50,00
	<b>2.2 Otros</b>	Impresión de materiales	200	U	1,00	200,00
<b>002 Subtotal</b>						<b>250,00</b>
<b>003</b>	<b>Equipos e Implementos</b>					
	<b>3.1 Equipos</b>	Turbina 1''	1	U	2500,00	2500,00
<b>003 Subtotal</b>						<b>2500,00</b>
<b>004</b>	<b>Materiales accesorios y Herramientas</b>					
	<b>4.3 Constructivos</b>	Arena Artificial	1	m3	200,00	200,00
		Bloque de hormigón 50 x 10 x 20	172	U	6,00	1032,00
		Piedra a granel triturada a gravilla	1	m3	200,00	200,00
		Cemento gris PP 250	18	Bolsas	81,00	1458,00
		Acero	27	m	9,00	243,00
	<b>4.4 Material Eléctrico</b>	Tomacorrientes dobles c/Tapa	1	m3	35,00	35,00
		Cable 12	10	Mts	6,00	60,00
	<b>4.5 Material Hidraulico</b>	Tanque Plástico	1	litrs	1500,00	1500,00
		Llave de Paso ½	2	U	55,00	110,00
		Codo 90 grado 1'	2	U	20,00	40,00
		Codo 90 grado ¾	1	U	20,00	20,00
		Uniones de 1'	4	U	20,00	80,00
		Tubo Prop. 1'	20	U	20,00	400,00
		Reducido ¾ a ½	1	U	20,00	20,00
		Tee Prop. de ½	1	U	20,00	20,00

### Tratamiento de los desechos provenientes de la producción porcina

	Tubo de Cerámicas ½	4	Mts	50,00	200,00
	Manguera de goma ½	1	Mts	30,00	30,00
	Cáma de Caucho 100 hp	1	U	150,00	150,00
	Pegamento	1	Tubo	80,00	80,00
<b>004 Subtotal</b>					<b>5878,00</b>
<b>Presupuesto General General</b>					<b>9378,00</b>

## CONCLUSIONES

El sistema de tratamiento de los residuales líquidos permitió el manejo del 100% del afluente proveniente de las áreas de cría. Muestra adaptabilidad en tamaño y costo según las posibilidades económicas, espacio disponible y el volumen de residuales a procesar.

1- El sistema de tratamiento de residuales sólidos mostró que entre las cámaras de pre-fermentación y el biodigestor se logra procesar el 100% de los desechos, teniendo en cuenta la producción promedio mensual del pico de producción alto.

2- El sistema para el tratamiento de los desechos provenientes de la producción porcina posibilita una descontaminación productiva y un impacto positivo en el medio ambiente dejando de verter grandes cantidades de desechos a la cuenca de Rio Buey. Muestra adaptabilidad en tamaño y costo según las posibilidades económicas, espacio disponible y el volumen de residuales a procesar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arias López, Josué A. (2006) Manejo de aguas residuales y excretas en la producción de cerdos en Zamorano, Honduras. Trabajo para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado Académico de Licenciatura. Honduras.
2. Domínguez Guarde Pedro L. (2010). Producción porcina a pequeña escala y reciclaje de nutrientes. Instituto de Investigaciones Porcinas, Punta Brava, La Habana, Cuba. [http: iip00@ceniai.inf.cu](mailto:iip00@ceniai.inf.cu)
3. Escalante Estrada, Violeta y Garzón Zuñiga, Marco A. (2011) Opciones de tratamiento para aguas residuales de tres granjas porcícolas. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 2(2): 87-90. México.

4. Gallo, B. Eliel y Gallo, B. Leonel (2016) Dimensionamiento de instalaciones para el tratamiento de purines de una empresa porcina en confinamiento. Trabajo Final de Graduación. Universidad de la Pampa. Argentina.
- Gerardo Ramírez Hernández (2010). Manejo de excretas porcinas-Sistemas convencionales y alternativos. *Engormix. Porcicultura*. Universidad Nacional Autónoma de México.
5. Grupo de Biología de la Reproducción O.B. Instituto de Investigaciones Porcinas.(2003) Producción Porcina. Como producir más y mejor. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). Cuba.
6. Guardado Chacón José A. (2014). Tecnología del biogás. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia34/HTML/articulo03.htm>
7. Huntzicker Steve, Miller Zen, Peterson Mahlon y Wachter Dave (2012). Guía para criar cerdos sanos. Extensión Cooperativa de la Universidad deWisconsin. <http://learningstore.uwex.edu>
8. Méndez Novelo, R, y col. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-2, pp. 13-21, ISSN: 1665-529X.
9. Millares N. Patricia (2011). Manejo de efluentes. Ponencia FERICERDO, 2011. Argentina.
- 10.Olaya Arboleda, Y. y González Salcedo, Luis O. (2009) Fundamentos para el diseño de biodigestores. Módulo para la asignatura de Construcciones Agrícolas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Colombia.

11. Paramio Teresa y col. (2010) "Manejo y producción de porcino". Breve manual de aproximación a la empresa porcina para estudiantes de veterinaria. Facultad de Veterinaria. UAB
12. Pérez Zermeño O. (2008), Sistema de producción porcina. Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Mexico.
13. Pires Soler Roberto F y col.(2012) Producción porcina a pequeña y mediana escala. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). Cuba.