



CONVENIO INTERINSTITUCIONAL UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO
ENERGÉTICA – UPME - CV-003/15, INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION
DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS –
IPSE -005/2015 Y LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS –
UDFJC PARA LA REALIZACIÓN DEL PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL
SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DEL CUNDINAMARCA – PERS
CUNDINAMARCA

Plan de Energización Rural del Departamento de Cundinamarca PERS

Estrategia para el uso eficiente de Biodigestores en
granjas porcícolas en el departamento de
Cundinamarca

BOGOTÁ D.C, 20 DE DICIEMBRE DE 2016

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO
ENERGÉTICA – UPME - CV-003/15, INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION
DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS –
IPSE -005/2015 Y LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS –
UDFJC PARA LA REALIZACIÓN DEL PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL
SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DEL CUNDINAMARCA – PERS
CUNDINAMARCA

Estrategia para el uso eficiente de Biodigestores en granjas porcícolas en el departamento de Cundinamarca

Preparado por:

Johann Hernández

Claudia Cardona

Diego Julián Rodríguez

Revisado por:

Francisco Santamaría Piedrahita

BOGOTÁ D.C, 20 DE DICIEMBRE DE 2016

Tabla de Contenido

1	Título del proyecto.....	5
2	Fase del proyecto.....	5
3	Identificación de la necesidad	5
3.1	Tecnología de producción de Biogás	6
3.2	Tipos de biodigestores	7
3.3	Antecedentes del uso de biodigestores en granjas porcícolas en Cundinamarca	10
4	Población y/o grupo objetivo	14
5	Actores involucrados en la formulación y desarrollo del proyecto.....	14
6	Objetivos del proyecto.....	15
7	Análisis Técnico de la Propuesta – Metodología a desarrollar.....	15
7.1	Evaluación de la información secundaria, y censo REAL de la población objetivo	16
7.2	Tabulación y clasificación de la población objetivo, de acuerdo con la información recolectada	16
7.3	Evaluación de la eficiencia a los biodigestores en funcionamiento	17
7.4	Propuesta de biodigestores adecuados	17
7.5	Implementación y evaluación del comportamiento de biodigestores prototipo. 18	
8	Resultados y Beneficios esperados del proyecto.....	19
9	Inversión inicial del proyecto	19
10	Fuentes de financiación.....	20
11	Aspectos institucionales y legales	20
12	Referencias	21
Anexo 1	22

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación de biodigestores de 2000 litros entregados en Cundinamarca, periodo 2012 – 2015. Fuente: Secretaría de Agricultura de Cundinamarca.....	11
Tabla 2. Presupuesto del proyecto.....	20
Tabla 3. Posibles ubicaciones para la implementación de los prototipos.....	26

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Biodigestor Rotoplast de 2000 litros. Fuente: [2].....	7
Ilustración 2. Biodigestor de estructura sólida fija, tanque cilíndrico. Fuente: [2]	8
Ilustración 3. Biodigestor de estructura sólida móvil. Fuente: [2].....	9
Ilustración 4. Biodigestor de balón de plástico. Fuente: [2]	9
Ilustración 5. Biodigestor Rotoplast de 2000 litros. Fuente: Secretaría de Agricultura de Cundinamarca	12
Ilustración 6. Biodigestores tipo “salchicha” implementados de manera propia por los porcicultores. Fuente: PERS Cundinamarca.	13
Ilustración 7. Cronograma del proyecto.....	18
Ilustración 8. Recinto de los cerdos de la hacienda VILLALETY. Fuente: Autores	23
Ilustración 9. Adaptación de temperatura para las crías. Fuente: Autores	24
Ilustración 10. Recinto de las cerdas en la finca Villa Alicia. Fuente: Autores.....	25

1 Título del proyecto

Estrategia para el uso eficiente de Biodigestores en granjas porcícolas en el departamento de Cundinamarca.

2 Fase del proyecto

Perfil

3 Identificación de la necesidad

El Departamento de Cundinamarca se encuentra en expansión de la producción porcina, dada por un crecimiento de penetración de consumo de carne de cerdo en los hogares. Sin embargo, a escala de pequeños porcicultores, este aumento se viene produciendo sin dar cumplimiento al manejo ambiental, y según La Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca, el 75% de granjas vierten residuos de excretas sólidas y líquidas que generan contaminación e impacto ambiental negativo en fuentes hídricas, olores ofensivos y saturación orgánica de suelos. Es por esto que desde el año 2012 se han venido desarrollando una serie de actividades encaminadas a realizar un aprovechamiento de esta materia orgánica (estiércoles) generada por la producción porcina, para producción de biogás como fuente de energía para cocción doméstica y reducir la deforestación por tala de árboles para el uso de leña, e igualmente aprovechar la producción de bio-abono como fertilizante de cultivos y suelos para familias rurales que exploten porcicultura en conjunto con la implementación de buenas prácticas porcícolas BPP y producción más limpia PML en granjas del Departamento, de acuerdo con la Resolución ICA 2640 del 28 septiembre de 2007 [1].

Producto de lo anterior, el departamento de Cundinamarca dentro del proceso de transferencia de tecnología y asistencia técnica agropecuaria, ha adelantado cooperación con entes gremiales como la Asociación Colombiana de porcicultores - ASOPORCICULTORES, entre otros, realizando diferentes actividades que han buscado aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para el mejoramiento de la cadena porcina, tales como:

- Escuelas de campo sobre implementación de buenas prácticas porcinas en granjas de pequeños porcicultores

- Escuelas de campo sobre manejo ambiental en granjas porcinas de pequeños poricultores
- Coordinación departamental interinstitucional con las UMATA's para el fortalecimiento del proceso de transferencia de tecnología y asistencia técnica agropecuaria municipal, en granjas porcinas
- Dotación e Implementación de biodigestores con capacidad de 2000 litros y su operatividad para manejo de vertimientos orgánicos en granjas porcinas.

Siendo esta última actividad (producción de biogás y fertilizantes a través de biodigestores) el antecedente principal que da sustento al presente proyecto, la cual se describirá brevemente a continuación.

3.1 Tecnología de producción de Biogás

Esta tecnología permite producir biogás y fertilizante líquido, mediante el tratamiento de desechos orgánicos, por el proceso de digestión anaerobia. Inicialmente la carga (residuos orgánicos previamente recolectados y tratados) se adiciona al digestor por medio de un tanque de carga. La digestión anaerobia tiene lugar en el digestor (tanque sellado) el cual crea las condiciones ideales para que las bacterias fermenten el material orgánico en condiciones libres de oxígeno. Durante este proceso entre el 30 y 60% de los residuos orgánicos se convierten en biogás [2].

Cuando la producción de biogás es continua este puede ser almacenado en un tanque, donde se recomienda su recolección y/o combustión; el biogás se utiliza para generar calor o electricidad o ambos. Otro subproducto de este sistema es el efluente, el cual se puede almacenar para ser utilizado como agua para riego o fertilizante líquido. Como se presenta en la Ilustración 1, un sistema de biogás se compone de los siguientes subsistemas [2]:

- Sistema de recolección de residuos
- Biodigestor
- Sistema de almacenamiento del efluente
- Sistema de conducción de biogás
- Equipos o sistemas de utilización del biogás

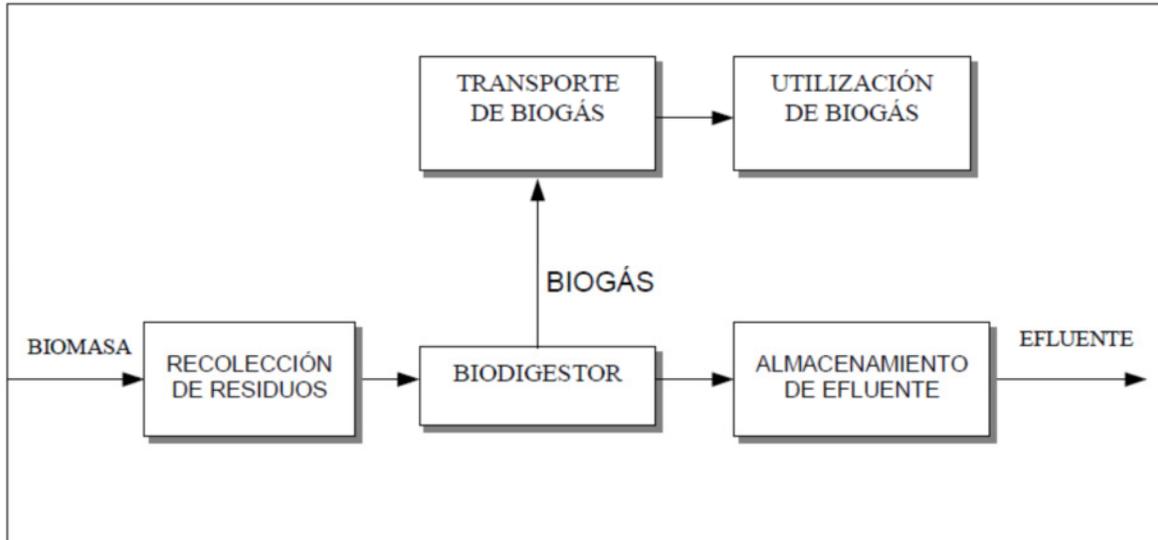


Ilustración 1. Biodigestor Rotoplast de 2000 litros. Fuente: [2]

El biodigestor es el componente del sistema de biogás, el cual optimiza naturalmente el crecimiento y proliferación de un grupo de bacterias anaerobias que descomponen y tratan los residuos, dejando como subproducto gas combustible y un efluente líquido rico en nutrientes y materia orgánica estabilizada. Para la elección del biodigestor adecuado a utilizar se deben tener en cuenta diferentes factores como presupuesto, eficiencia y rendimiento esperado, las características del sistema de manejo de residuos existente o que se planea instalar, y principalmente condiciones ambientales como temperatura y humedad del sitio [2].

3.2 Tipos de biodigestores

De acuerdo al método de carga utilizado se distinguen dos tipos genéricos de biodigestores [2]:

- Biodigestores de flujo discontinuo: Se cargan una vez y quedan cerrados por un tiempo fijo de retención hasta que haya terminado el proceso de fermentación y no haya producción de gas.
- Digestores de flujo continuo: Los digestores de flujo continuo son cargados y descargados en forma periódica, por lo general todos los días. Cualquier tipo de construcción es apropiada para una planta continua, pero el material de fermentación debe ser fluido y uniforme.

Por otra parte, de acuerdo con su diseño y forma, existen muchas posibilidades según su estructura, entre los cuales pueden citarse, como los de mayor uso, tres tipos [2]:

- De estructura sólida fija: consiste de una cámara de gas construida de ladrillos, piedra o concreto la cual permanece inmóvil y fija. Tanto el tope como la base del reactor son semiesféricos y están unidos por lados rectos. La estructura interna es sellada por varias capas para aislar el gas.

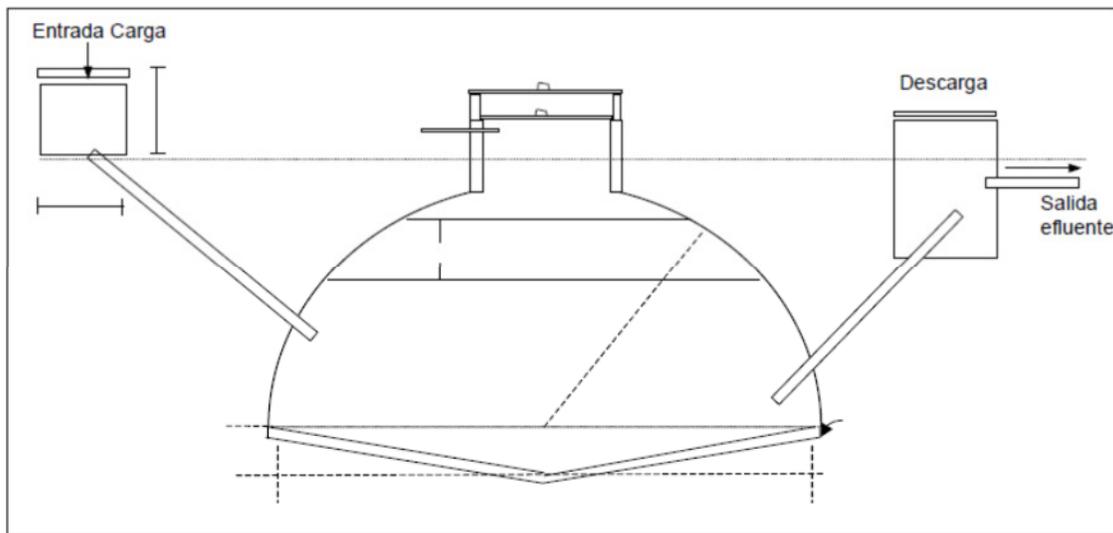


Ilustración 2. Biodigestor de estructura sólida fija, tanque cilíndrico. Fuente: [2]

- Digestor de estructura sólida móvil (conocido como tipo campana): este biodigestor es en forma de bóveda esférica (o cilíndrica) y tiene un depósito de gas móvil en forma de campana flotante. La campana puede flotar directamente en la carga de fermentación o en un anillo de agua cilíndrico. El gas se acumula en la campana, haciéndola subir y luego vuelve a bajar cuando se extrae el gas a través de un tubo instalado en la campana misma.

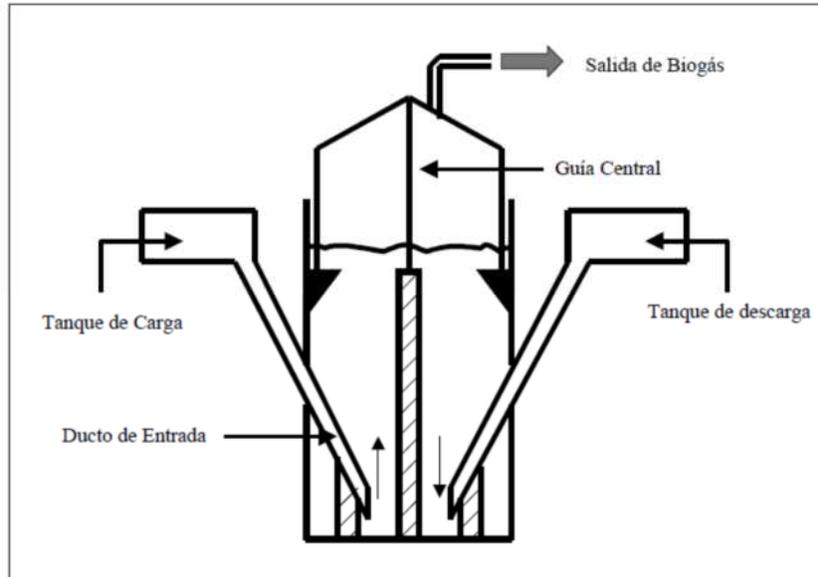


Ilustración 3. Biodigestor de estructura sólida móvil. Fuente: [2]

- De balón de plástico (conocido popularmente también como tipo “salchicha”): está compuesto de una bolsa de plástico, caucho, polietileno o geomembrana de PVC, completamente sellada. La parte inferior de la bolsa (75% de volumen) se rellena con la carga, mientras en la parte superior de la bolsa (25%) se almacena el gas. Los tubos de entrada y salida están sujetos directamente a la pared de la bolsa. Aunque este digestor actúa como un reactor de tapón de flujo, el gas puede almacenarse en una bolsa separada.

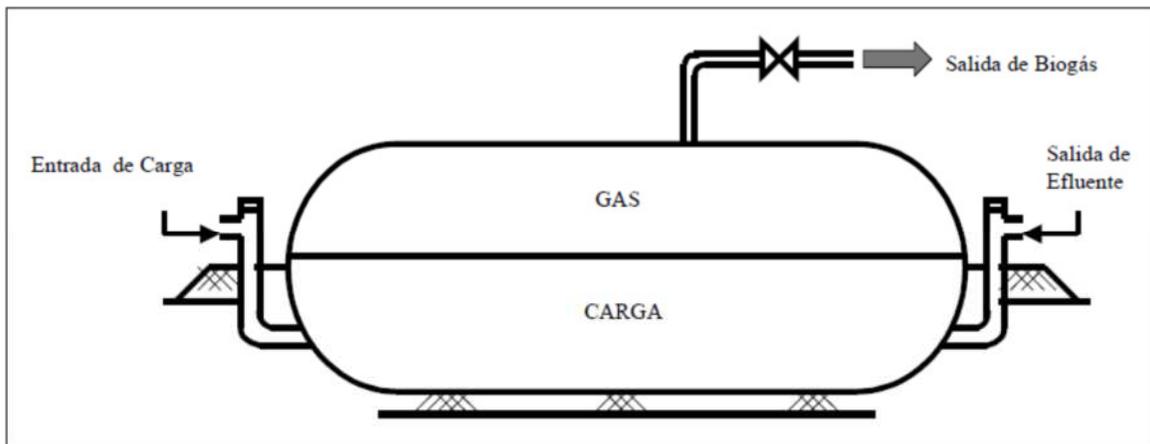


Ilustración 4. Biodigestor de balón de plástico. Fuente: [2]

3.3 Antecedentes del uso de biodigestores en granjas porcícolas en Cundinamarca

La Tabla 1 muestra la cantidad de biodigestores entregados por La Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca en el periodo comprendido entre 2012 y 2015, con los respectivos municipios.

2012		2013		2014		2015	
Agua de Dios	1	Apulo	1	El Peñón	1	Albán	1
Albán	1	Cachipay	1	Guasca	1	Bituima	1
Arbeláez	1	Choachí	1	Gutiérrez	1	Caparrapí	1
Cabrera	1	El Colegio	1	La Peña	1	Cáqueza	10
Cáqueza	1	Fusagasugá	1	Macheta	10	Chaguaní	1
Choachí	1	Gachetá	1	Manta	10	El Colegio	2
Chocontá	1	Granada	1	San Juan Rioseco	1	Gama	1
Cogua	1	Guaduas	1	Sibaté	1	Granada	1
El Colegio	1	Guatavita	1	Tibirita	10	Junín	2
Fómeque	1	Machetá	1	Venecia	1	La Palma	2
Fusagasugá	1	Nemocón	1			Pacho	1
Gacheta	1	Pacho	1			Paime	1
Guachetá	1	Quebrada Negra	1			Pasca	4
Guaduas	1	San Antonio del Tequendama	1			Quipile	2
Guayabal de Síquima	1	San Cayetano	1			S Francisco	2
Jerusalén	1	San Francisco	1			San Antonio del Tequendama	1
La Mesa	1	San Juan de Río Seco	1			San Bernardo	1
La Palma	1	Sasaima	1			San Cayetano	2
La Vega	1	Tena	1			Silvania	1
Manta	1	Tibirita	1			Soacha	1
Nocaima	1					Supatá	1
Pacho	1					Tibacuy	1
Ricaurte	1					Topaipí	2
San Antonio del Tequendama	1					Ubalá	3
Sasaima	2					Venecia	2
Silvania	1					Vergara	1
Tena	1					Viotá	2

Tibacuy	1					
Tocaima	1					
Tocancipá	1					
Ubalá	1					
Ubaque	1					
Ubaté	1					
Villeta	2					
Viotá	1					
	37		20		37	50
TOTAL					144	

Tabla 1. Relación de biodigestores de 2000 litros entregados en Cundinamarca, periodo 2012 – 2015. Fuente: Secretaría de Agricultura de Cundinamarca

Como se puede observar en la tabla, la entrega de biodigestores se ha realizado de manera uniforme en las distintas regiones del departamento, independientemente de la ubicación geográfica (latitud, longitud y principalmente altura), de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.), y del tamaño de la granja (cantidad de cerdas y lechones) del poricultor. De lo anterior, se desprende que aparte de la intención de mejorar tanto las condiciones ambientales (evitar vertimientos) como económicas (disminuir en costos de abonos y consumos de energía) de los pequeños poricultores, este proceso se realizó sin un estudio técnico previo que permitiera definir si los biodigestores entregados eran los que se adecuaban de mejor manera a las condiciones particulares de los usuarios.

De acuerdo con el fabricante, los biodigestores (de tipo campana) de 2000 litros reciben de carga diaria 15 kg de excretas y 45 litros de agua, para producir 45 litros de bio-abono y 0.75 m³ de biogás. La Ilustración 5 muestra un ejemplo de los biodigestores implementados. Estos tienen una dimensión estándar de 1.56 m de altura por 1.66 m de diámetro. Así mismo, también de acuerdo con información dada por el fabricante, para este tipo de biodigestor el estiércol de un cerdo de 80 a 100 kg produce entre 0.23 y 0.34 m³ biogás/día, bajo ciertas condiciones ambientales como 21° a 38° de temperatura ambiente, y ausencia de radiación solar directa sobre el equipo.



Ilustración 5. Biodigester Rotoplast de 2000 litros. Fuente: Secretaría de Agricultura de Cundinamarca

Por otra parte, durante el tiempo que se ha realizado esta campaña, no se tiene evidencia del seguimiento del éxito o no de los mismos, tanto para la producción de abonos como de biogás. Es evidente que el mismo biodigester no tendrá los mismos resultados en todos los sitios donde se instaló, ya que viendo la Tabla 1 se tienen gran diversidad de sitios con alturas y condiciones ambientales diferentes. Adicionalmente, tampoco existe un seguimiento pormenorizado de los tamaños de las granjas, donde se cuantifique la cantidad de cerdas y/o lechones en cada una.

Así mismo, durante diferentes visitas realizadas por el equipo de PERS Cundinamarca en el año 2016 a porcicultores, de las cuales se registran 3 en el Anexo 1: Visitas de campo, se evidenció que aunque el plan de implementación de biodigestores ha servido a la comunidad, principalmente desde el punto de vista ambiental evitando vertimientos, ha faltado mejor planeación desde el punto de vista técnico. En este sentido, del Anexo 1 se resaltan los siguientes testimonios de los usuarios:

“... tenemos apenas cuatro cerdas para la producción de “lechones”, que producen alrededor de 7 kg de mezcla de biomasa animal, y el gas producido a diario por el biodigester solo da para tres horas de combustión...”

“... no hubo una planeación ni guía para el aprovechamiento óptimo de este biodigester...”

“... nos indicaron donde iba cada artículo, el diámetro de las tuberías, entre otros, pero sin embargo no tenemos conocimiento con respecto a cantidades producidas, y cantidades debidas de biomasa animal para una óptima producción...”

Adicionalmente, se encontró que algunos no tuvieron buenos resultados con los sistemas entregados y optaron por cambiar de tecnología, a biodigestores tipo “salchicha”, como se pueden observar en la Ilustración 6.



Ilustración 6. Biodigestores tipo “salchicha” implementados de manera propia por los porcicultores. Fuente: PERS Cundinamarca.

Dado todo lo anterior, se concluye que desde el punto de vista de eficiencia energética, y en consecuencia también en beneficios económicos para los usuarios, las acciones desarrolladas por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca deberían contar con una mejor planificación desde el punto de vista técnico.

En consecuencia, el presente proyecto presenta una propuesta de estudio que genere una herramienta que responda a la siguiente pregunta:

¿Cómo identificar el uso de biodigestores de manera eficiente para granjas porcicultoras en Cundinamarca, en función de su tamaño y ubicación, que permitan un aprovechamiento real para la producción biogás como fuente energética y bio-abono como fertilizante?

Esta propuesta se justifica en el hecho de que si bien la intención es bastante interesante, no se están demostrando resultados que garanticen una utilización óptima de los recursos energéticos y la sostenibilidad del proyecto.

4 Población y/o grupo objetivo

Se han identificado 330 personas objetivo (330 familias rurales de pequeños productores de granjas porcicultoras) de 22 municipios distribuidos por todo el departamento: Medina, Viotá, Manta, Chocontá, El Colegio, Ubalá, Silvania, Venecia, Junín, Caparrapí, Machetá, Tibiritá, Granada, Cáqueza, Gachalá, Pacho, San Francisco, Tibacuy, Sibatá, Vergara, Cota, San Cayetano.

Estos usuarios fueron identificados por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca por ser productores porcícolas afectados con deficiente manejo ambiental en sus granjas porcinas por vertimientos y residuos orgánicos. Sin embargo, de acuerdo con información (a 2015) de la misma Secretaría, la población objetivo total está compuesta por 1650 usuarios, lo cual indica un potencial mucho mayor del inicialmente estimado.

5 Actores involucrados en la formulación y desarrollo del proyecto

Los actores involucrados en este proyecto son:

- La Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca.
- Plan de Energización Rural Sostenible de Cundinamarca (PERS Cundinamarca).
- Las asociaciones de porcicultores, tanto nacionales como regionales y de los municipios que se quieran vincular y beneficiar con la información recolectada en este proyecto.
- Unidad de Planeación Minero Energética.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

6 Objetivos del proyecto

El objetivo principal es “Crear una herramienta que permita (a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, entes gremiales y a los mismos porcicultores) identificar cuál es el biodigestor óptimo para las condiciones reales de las granjas porcícolas del departamento, teniendo en cuenta factores de rendimiento, condiciones físicas, geográficas y ambientales, con el fin de lograr la implementación del sistema más acorde para cada caso particular”, el cual se compone de los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las condiciones reales de las instalaciones de las granjas de los porcicultores, tanto las que tienen en funcionamiento sistemas con biodigestores, como de las que sean objeto de recibir nuevos.
- Clasificar la población objetivo de acuerdo su ubicación y tamaño, y establecer el rendimiento real de los biodigestores en funcionamiento.
- Proponer los biodigestores que mejor eficiencia presenten de acuerdo a la clasificación y resultados de rendimiento encontrados.

7 Análisis Técnico de la Propuesta – Metodología a desarrollar

Como se ha visto anteriormente, la propuesta técnica del presente proyecto es desarrollar un plan que permita responder al objetivo principal identificado, con el fin de que se tenga claridad de cuál es el biodigestor más adecuado para un usuario particular. Esto dará una claridad de cuál es el presupuesto REAL, tanto para la Secretaría de Agricultura como para agremiaciones interesadas, de la implementación del plan de manejo ambiental y mejora de la eficiencia energética (a través de la producción de biogás), para los primeros 330 porcicultores establecidos, y porque no, para el total de los 1650 identificados. El proyecto se culminará con la implementación y evaluación de prototipos que permitan evaluar y/u optimizar la metodología propuesta.

El proyecto se plantea desarrollar en 5 principales fases (acordes con los objetivos propuestos), contando con un grupo de trabajo de 8 personas, compuestas por 6 profesionales de campo y 2 directores de proyecto. Los profesionales de campo serán preferiblemente Ingenieros eléctricos, agrícolas, ambientales o afines, con conocimiento en Biodigestores, y los directores de proyecto serán profesionales con los mismos títulos de pregrado y con Maestría y/o Especialización en las áreas afines con el tema de biodigestores. Las fases a desarrollar son:

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Carrera 8 No. 40-62. Sede Edificio Suárez Copete 3er Piso.
Unidad de Extensión Facultad de Ingeniería.
Teléfono: 3239300 Ext: 1711
E mail: perscundinamarca@udistrital.edu.co

7.1 Evaluación de la información secundaria, y censo REAL de la población objetivo

En esta primera fase se realizará un trabajo paralelo entre la verificación de la población objetivo con la información de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, los entes gremiales regionales y/o locales, etc., con el fin de verificar la información que se tiene, y la realización de un censo a los 330 usuarios identificados:

- A los porcicultores que ya tienen Biodigestores (144), se les verificará si el sistema está actualmente funcionando, cuál es su situación geográfica y ambiental (altura, temperatura, ubicación, etc.) y si conocen la cantidad de abono (kg) y/o biogás producido (m^3) producidos al día.
- A los porcicultores de la población objetivo que no tienen biodigestores (186) se les verificará su situación geográfica y ambiental (altura, temperatura, ubicación, etc.), y las condiciones físicas para la implementación (terreno disponible, posibles obras civiles, etc.).

La verificación de la información secundaria estará a cargo de los dos directores y tendrá una duración de un mes, mientras que el censo en campo estará a cargo de los 6 ingenieros de campo, y tendrá una duración de tres meses. Por lo tanto, esta primera fase tendrá una duración de tres meses.

7.2 Tabulación y clasificación de la población objetivo, de acuerdo con la información recolectada

Una vez obtenida la información de la fase anterior, se procederá a clasificar la población objetivo (tanto de los porcicultores que tienen, como de los que no tienen biodigestores) en grupos relevantes de acuerdo a la localización (altura) y tamaño (número de cerdas y/o lechones). Inicialmente se proponen tres grupos para localización (0 a 1000 msnm, 1000 a 1500 msnm y más de 1500 msnm), y dentro de estos, tres grupos por tamaño (1 a 10 cerdas, 10 a 25 cerdas y más de 25 cerdas). Sin embargo, esta clasificación estará completamente disponible a variar, de acuerdo con la información encontrada y con los criterios técnicos evaluados por el equipo de trabajo, con su respectiva sustentación.

En esta fase participará todo el equipo de trabajo y se desarrollará en un mes.

7.3 Evaluación de la eficiencia a los biodigestores en funcionamiento

En esta fase, dependiendo de la cantidad de grupos determinados en la fase anterior, se tomarán uno o dos (preferiblemente dos) sistemas de biodigestores que estén actualmente en funcionamiento (de los 144), y se harán mediciones en sitio que permitan establecer el rendimiento REAL de éstos, tanto en la producción de abono, como de biogás.

En esta fase, los 6 profesionales estarán encargados de realizar las mediciones en campo, con la respectiva supervisión de los directores. Estos últimos deben proponer y establecer la metodología de medición, la cual debe estandarizarse con el fin de poder luego realizar la comparación entre los distintos grupos. Esta fase se realizará en 6 semanas.

7.4 Propuesta de biodigestores adecuados

En función de los grupos determinados y a partir de la información recolectada y analizada, el grupo de trabajo desarrollará y entregará un informe final que condense la recopilación de todo el trabajo realizado y un informe técnico que entregue una herramienta que permita definir el biodigestor óptimo para cada usuario particular.

La idea es que esta herramienta sea desarrollada de forma general, es decir, no solo para los usuarios de Cundinamarca, sino para que la entidad benefactora y/o financiadora del presente proyecto pueda extrapolar los resultados y ofrecerla a otras regiones del país o del exterior.

Así mismo, el desarrollo de esta parte del proyecto deberá proveer la información del costo REAL de la implementación de un programa completo de biodigestores para los porcicultores del departamento, con las proyecciones de producción de abono y de biogás, con los respectivos ahorros que estos conllevan y su proyección financiera. Esta cuarta fase será desarrollada por todo el equipo de trabajo y se realizará en un mes.

7.5 Implementación y evaluación del comportamiento de biodigestores

Una vez terminada la fase de determinación teórica de los biodigestores óptimos para cada caso puntual, se instalarán prototipos con el fin de corroborar la metodología desarrollada y/o realizar ajustes sobre la misma, dependiendo de los resultados que estos muestren en campo.

En principio se plantea instalar un total de 20 biodigestores repartidos equitativamente en los grupos determinados en la fase dos (ver Anexo 2). El número de prototipos podría variar en función de los resultados de la fase anterior, en donde se determinará de manera detallada el costo para cada uno. El presupuesto planteado inicialmente está basado en la información prestada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca, que reporta un costo promedio de implementación total para un biodigestor de 2000 litros es de seis millones de pesos.

Una vez instalados los prototipos, se realizará una medición de campo de cada uno de los mismos, de mínimo un mes para cada uno, donde se analicen rendimientos, eficiencias, producciones de biogás, abono, etc. Consistirá en pruebas de campo similares a las de la fase dos, pero con mayor profundidad y tiempo de análisis.

Esta fase será coordinada por todo el equipo de trabajo: deberán determinar el o los proveedores de los prototipos, dirigir en campo la implementación de los mismos, realizar el análisis de campo y elaborar el informe final del proyecto con el detalle de todo lo realizado y los resultados y conclusiones finales. Esta fase tendrá una duración de 6 meses.

Con todo esto, el tiempo de desarrollo total del proyecto será de 12 meses y su cronograma se puede observar en la Ilustración 7.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												
FASE	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Evaluación de la información primaria y censo REAL												
clasificación de la población objetivo												
Evaluación de la eficiencia a los biodigestores												
Propuesta de biodigestores adecuados												
Implementación y evaluación del comportamiento de biodigestores prototipo												

Ilustración 7. Cronograma del proyecto

8 Resultados y Beneficios esperados del proyecto

- Obtener un censo REAL de la población objetivo.
- Desarrollo de una herramienta que permita establecer claramente el mejor biodigestor para cada porcicultor en función de su ubicación y tamaño.
- Identificación REAL de costos de implementación de un programa integral de uso de biodigestores en granjas porcícolas de Cundinamarca.
- Implementación de prototipos de biodigestores para porcicultores de Cundinamarca, que servirán como modelo de referencia para evaluar el rendimiento de la tecnología, así como de “laboratorio experimental” tanto para la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca, como para las asociaciones de porcicultores y cualquier otro particular que desee desarrollar esta alternativa de fuente de energía renovable en el país.
- Reducción de vertimiento de residuos orgánicos a fuentes hídricas, aire y suelos.
- Mejoramiento de la eficiencia energética de porcicultores al reducir su consumo en combustibles vía el biogás producido.

9 Inversión inicial del proyecto

La Tabla 2 muestra los costos de desarrollo del proyecto, los cuales ascienden a \$428.000.000 (Cuatrocientos veintiocho millones de pesos mcte.)

PRESUPUESTO					
Cantidad	Descripción	Nivel académico	Duración (mes)	Valor mensual COP	Total COP
Personal					
6	Ingeniero eléctrico, agrícola, ambiental o afín, con conocimiento en Biodigestores	Pregrado	12	\$ 1.500.000	\$ 108.000.000
2	Ingeniero eléctrico, agrícola, ambiental o afín con conocimiento en Biodigestores	Maestría /Especialización	12	\$ 3.000.000	\$ 72.000.000
Logística para el levantamiento de información					

6	Viáticos (viajes, estadía y alimentación)	8	\$ 2.250.000	\$ 108.000.000
Equipos de medición y sensores				
1	Báscula, cinta métrica, medidor de gas, termómetro	-	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000
Implementación de biodigestores				
Descripción			Valor unitario	
20	Adquisición, instalación y puesta en marcha de biodigestores prototipo		\$ 6.000.000	\$ 120.000.000
			TOTAL	\$ 428.000.000

Tabla 2. Presupuesto del proyecto.

10 Fuentes de financiación

Este proyecto será presentado para ser financiado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca y/o las asociaciones gremiales nacionales o regionales de porcicultores.

11 Aspectos institucionales y legales

Este proyecto que está en la etapa de perfil fue realizado por el Plan de Energización Rural Sostenible de Cundinamarca PERS CUNDINAMARCA, que es un convenio interadministrativo suscrito entre entidades del estado: Unidad de Planeación Minero Energética –**UPME**, El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas –**IPSE** y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas-**UD**, en acuerdo con la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Cundinamarca, los cuales decidieron evaluar la posibilidad técnica y económica de incorporar tecnologías que utilicen fuentes no convencionales de energía de carácter renovable, principalmente la biomasa generada en los residuos orgánicos producidos en las granjas porcinas, con el fin de generar biogás como fuente energética y bio-abono como fertilizante, lo cual permita reducir los costos a los pequeños porcicultores del departamento y así mejora su calidad de vida.

12 Referencias

- [1] INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, “RESOLUCION ICA 2640 de 2007.” pp. 1–13, 2007.
- [2] U. D. P. M. E. UPME, “GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS,” 2003.

Anexo 1

Visitas de campo a poricultores

Se realizaron tres visitas de campo (septiembre de 2016) a poricultores que tienen biodigestores instalados dentro de sus granjas, los cuales fueron dotados por la Secretaría de Agricultura. Estos están ubicados en una vereda cercana al municipio de San Antonio del Tequendama, aproximadamente a 30 minutos vía Bogotá-Mesitas, donde se observaron los sistemas y se tomaron relatos de las personas que el día a día trabajan en esta labor

- Hacienda VILLETY. Perteneciente a Adriana García Rodríguez, Miguel Ángel García Rodríguez y Leticia Rodríguez: Se realizó un recorrido por toda su finca, donde poseen un biodigestor tipo chorizo y contaron sobre cómo hacen uso del biodigestor, que características tienen, como funcionan y que falta para hacer más eficiente su biodigestor. Tienen cuatro cerdas para la crianza de “lechones”, que producen alrededor de 7 Kg de mezcla de biomasa animal, sin tener en cuenta lo producido por los lechones. Estas cerdas tienen una hora determinada durante el día para defecar, y el gas producido a diario por el biodigestor, le basta para tres horas de combustión. Comentan los administradores también que el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) junto con la Gobernación de Cundinamarca, PORKCOLOMBIA y la Asociación de Porcicultores de San Antonio del Tequendama, los dotaron de los elementos para la implementación de esta técnica (tales como biodigestor ROTOPLAST de 2000 litros y el plástico para el reservorio), pero sin embargo, no hubo una planeación ni guía para el aprovechamiento óptimo de este biodigestor. Los avances realizados han sido de forma empírica y autodidacta. Por ejemplo, la señora Adriana tuvo varios inconvenientes al comienzo, debido a los residuos que llegaban al biodigestor de 2000 litros. Tenían sus cerdas en una cámara cuya superficie era con piedras y sedimentos, lo que les ocasionó la labor de limpiar y desocupar el biodigestor tres veces. Entonces, al ver las complicaciones que tenían mandaron pavimentar la zona donde mantienen a las cerdas con un cierto grado de inclinación y con una canaleta hecha también de pavimento, unida a la tubería que conduce la biomasa animal por efectos de la gravedad hacia el filtro de sedimentos. En la Ilustración 8 se observa el sitio construido para los cerdos con las características mencionadas.



Ilustración 8. Recinto de los cerdos de la hacienda VILLALETY. Fuente: Autores

Otro aspecto a tener en cuenta que ellos mencionan, es que planean hacer otro reservorio y ampliar el biogás, para llevar el combustible hasta la zona residencial, puesto que actualmente tienen su fogón cerca de la cochera.

- Finca EL RECUERDO. El segundo sitio en donde se realiza visita y entrevista, cuya finca pertenece a Ilda García y Almendro Vargas. En una introducción a su granja indican que tienen dos cerdas que producen junto con los “lechones”, aproximadamente 5 Kg de biomasa animal, que les dura para aproximadamente 12 horas de combustión, teniendo en cuenta que su uso primordial es el de calefacción para la granja de crías. Esta granja consta de una disposición particular, donde el biofertilizante se encuentra inmediatamente por debajo del reservorio, tal como se ve en la figura de la izquierda de la Ilustración 6. Cuando no tienen producción de crías lo utilizan para el consumo doméstico. Comenta don Almendro que desde que usa esta técnica (ver Ilustración 9) para conservar la temperatura de las crías, el peso de estas ha aumentado considerablemente y en menor tiempo. Al igual que en la granja VILLALETY ellos fueron dotados de los implementos para colocar el biodigestor pero sin un estudio preliminar. Comentan también que la Asociación Colombiana de Porcicultores envió un técnico que les indicó donde iba cada artículo, el diámetro de las tuberías, entre otros. Sin embargo alegan que carecen de conocimiento con respecto a cantidades producidas, y cantidades debidas de biomasa animal para una óptima producción.



Ilustración 9. Adaptación de temperatura para las crías. Fuente: Autores

- Finca VILLA ALICIA. Perteneciente al señor Oscar Ortiz. Comenta que tiene tres cerdas que le producen aproximadamente 6 Kg de biomasa animal, que le suministra combustible para dos horas de consumo. Por el momento el señor Oscar no tiene en funcionamiento el biodigestor debido a problemas de diseño. Por ejemplo, la base del reservorio lo hizo de un diámetro mucho mayor en comparación con el reservorio otorgado por la Secretaría de Agricultura. La granja de las crías la construyó en un nivel muy por debajo del biodigestor, y por lo tanto no pudo aprovechar los residuos de parte de las crías, y el biogás que sale del biodigestor está muy encima de lo normal. No hace mucho pudo adecuar la base del biodigestor y tiene pensado construir la granja de las crías y el fogón cercanos a donde actualmente está la de las cerdas (ver Ilustración 10).



Ilustración 10. Recinto de las cerdas en la finca Villa Alicia. Fuente: Autores

Anexo 2

Selección “Preliminar” de las posibles ubicaciones para la implementación de los prototipos.

De acuerdo con el documento “*Caracterización de la oferta*”, desarrollado dentro del CONVENIO INTERINSTITUCIONAL UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA – UPME - CV-003/15, INSTITUTO DE PLANIFICACION Y PROMOCION DE SOLUCIONES ENERGETICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS – IPSE -005/2015 Y LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS – UDFJC PARA LA REALIZACIÓN DEL PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DEL CUNDINAMARCA – PERS CUNDINAMARCA, donde se identificó el potencial de la biomasa porcina para la implementación de biodigestores como alternativa energética para soluciones sostenibles en las zonas rurales del departamento, se determinaron 10 veredas pertenecientes a municipios con buen potencial, como posibles sitios para la implementación de los prototipos a desarrollar:

Municipio	Vereda	Ubicación (latitud, longitud)
San Antonio del Tequendama	La Rambla	4.600247, -74.366160
Fusagasugá	Espinalito Alto	4.313313, -74.403197
Sasaima	Santa Ana	4.925257, -74.433259
La Vega	Tabacal	5.028634, -74.328428
Silvania	Victoria Alta	4.428536, -74.358021
Ricaurte	La Carrera	4.332356, -74.758849
Guaduas	Cucharal	5.116797, -74.616425
Choachí	Quiuza	4.568675, -73.921343
Vianí	Alto del pueblo	4.876144, -74.551927
Chocontá	Tilatá	5.100018, -73.716035

Tabla 3. Posibles ubicaciones para la implementación de los prototipos