

POTENCIAL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE DESECHOS DE UNA ESCUELA AGROPECUARIA. PARTE I.

CIDES M., URTIZBEREA Y., PAGANO A. Y CROZZA D.

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería – UNCPBA, Avda. del Valle 5737, 87400) Olavarría, Tel.: 02284 451055/6,
e-mail: dcrozza@fio.unicen.edu.ar

Resumen

El presente proyecto, realizado entre la Facultad de Ingeniería (UNCPBA), la escuela de Educación Agraria N° 1 “Dr. Ramón Santamarina” (Tandil) y el Rotary Club Tandil, consiste en la aplicación de la tecnología de digestión anaeróbica para tratar los residuos de animales bovinos y porcinos y los restos de comida generados en el establecimiento agropecuario. El recurso energético no convencional que se obtiene, el biogás (25.5 m³/día en promedio), se propone consumirlo en el tambo (5 m³/día) y como calefacción en las parideras del criadero de cerdos (20.5 m³/día). En verano su conversión en energía eléctrica podría abastecer a aproximadamente 7 lámparas de iluminación del establecimiento. El sistema propuesto consiste en un digestor, dos piletas de almacenamiento en paralelo donde el agua que allí se obtiene se enviaría a la planta depuradora preexistente y el sistema de transporte de sólidos, líquidos y biogás. La propuesta generaría un impacto energético positivo, otro ambiental evitando el volcado de los efluentes a un arroyo y la proyección educativa tanto en la comunidad del establecimiento como en la población, en particular, la rural.

Marco teórico

El acelerado crecimiento de la población y de la actividad agropecuaria aumenta los problemas de la generación de residuos sólidos, que provocan deterioro en la salud pública y en el medio ambiente.

En conjunto ambas actividades, agricultura y ganadería, son fuente de emisión de gases efecto invernadero (GEI) que promueven el calentamiento global.

A lo anteriormente expuesto, se suma la crisis energética que padece actualmente Argentina y que hace necesario que se contemple la producción inmediata de biocombustibles, en el marco de una política energética sostenible y sustentable.

El adecuado manejo y tratamiento de los residuos y efluentes generados por el sector ganadero, se presentan como una oportunidad para elaborar proyectos de esta naturaleza.

La digestión anaeróbica (DA) –tecnología de tratamiento de la biomasa- se presenta como solución eficiente a la contaminación ambiental y a los problemas de escasez de energía, ya que la degradación de materia orgánica se convierte en producción de biogás y abono (Groppelli- Giampaoli, 2001).

En este sentido, Estados Unidos desde hace varios años está trabajando, bajo el soporte técnico de la United States Environmental Protection Agency (USEPA-EPA), en el estudio e implementación de la tecnología de digestión anaeróbica, con el objetivo de capturar el biogás que se genera, aprovecharlo energéticamente, así como también obtener un bioabono de calidad. De esta forma, se obtienen beneficios, ya que se alcanza la estabilización del desecho orgánico paralelo a la obtención de una energía no

convencional, el biogás, su posterior aprovechamiento energético y un aporte a la reducción en emisiones de gases (EPA, 2006).

Similares actividades se están desarrollando en Europa, donde la metodología de DA está muy difundida para la conversión del biogás en electricidad y el aprovechamiento del abono como fertilizante, porque aumenta sus propiedades y reduce el costo operativo de las granjas. La AD-Nett (2008) se destaca como una de las redes de DA más importantes de esta región.

En Argentina, si bien hay estudios y desarrollos basados en esta tecnología, aún queda mucho camino por recorrer en este sentido.

Objetivos

El presente proyecto tiene por objetivo presentar una propuesta de generación de energía a partir de los desechos orgánicos originados en la Escuela de Educación Agraria N°1 “Dr. Ramón Santamarina” ubicada en la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires, aplicando la metodología de DA, con el empleo de un digestor, en el sector del tambo, de cría de porcinos y con los residuos del comedor del establecimiento, de manera de reemplazar parte del consumo energético de ambos sectores.

Metodología

Proceso de digestión anaeróbica

Este proceso se basa fundamentalmente en la fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno), donde la materia es degradada por bacterias, con generación de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), ácido sulfhídrico (SH₂) y poco desprendimiento de calor, que constituyen el biogás. La composición del biogás se presenta en la Tabla 1.

Componente	Porcentaje
Metano	60 – 80
Dióxido de Carbono	30 – 40
Hidrógeno	5 – 10
Nitrógeno	1 – 2
Monóxido de Carbono	0 - 0.15
Oxígeno	0.1
Acido Sulfhídrico	0 – 1
Vapor de agua	0.3

Fuente: Gropelli y Giampaoli (2001)

En el residuo orgánico (bioabono) que se forma queda retenida la mayor parte de nitrógeno (N₂), fósforo (P) y los minerales constituyentes de los seres vivos que proporcionaron la materia.

Materia orgánica disponible

La materia orgánica (MO) disponible para incorporar al digestor para su degradación se presenta en la Tabla 2.

A estas cantidades además se debe sumar la cantidad de agua de lavado de las instalaciones, tambo y porquerizas, que se realiza dos veces al día utilizando 30 Lts. /animal *día y 24 Lts. /animal* día, respectivamente.

Cabe destacar que en la actualidad, tanto las excretas de cerdos como las de los bovinos, son conducidas, sin tratamiento previo, por medio del agua de lavado a presión, a conductos que desagotan “crudos” al arroyo receptor, que pasa por el establecimiento educativo.

Tabla 2. Materia orgánica disponible

Tipo MO	Procedencia	Generación	Tiempo	Cantidad
Restos de comida	Comedor	0.15kg./person a-día ⁽¹⁾	Febrero- Diciembre	66 kg/día
Estiercol bovino	Tambo	2kg./animal- día ⁽¹⁾	Anual	170 kg/día
Estiercol porcino	Criadero	2.5kg./animal/ día ⁽²⁾	Anual	250 kg/día
TOTAL				486 kg/día

⁽¹⁾ Gropelli y Giampaoli (2001)

⁽²⁾ INTA (2005)

Propiedades de la materia orgánica

Se determinaron experimentalmente la humedad contenida y los sólidos totales (ST) presentes en el estiércol bovino y porcino. Una muestra de cada especie de animal se secó en estufa a 102 °C hasta peso constante. El contenido de sólidos volátiles (SV) en el estiércol de cada especie se determinó colocando los residuos de las muestras anteriores en una mufla a 543 °C durante treinta minutos.

Parámetros de diseño y selección del digestor

Para el diseño de un biodigestor se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros (Gropelli y Giampaoli, 2001):

Volumen de carga: representa el volumen total de alimentación de material orgánico y agua, para ser introducido al biodigestor.

Tiempo de retención: tiempo necesario que debe dejarse el material dentro del digestor para su degradación.

Volumen del biodigestor: representa el volumen ocupado por la biomasa en la cámara de digestión para cumplir con el proceso anaeróbico.

Conducto de carga: comunica la cámara de carga con el biodigestor. El material circula por él, generalmente, por acción de la gravedad.

Conducto de descarga: por él se descarga el material que ya fue degradado.

Entre las características que se deben cumplir para que un digestor opere de manera correcta, se destacan (Decara y colab., 2004): 1) la hermeticidad para evitar la entrada de aire y la fuga de biogás; 2) el aislamiento térmico, para evitar cambios bruscos de temperatura, por eso se recomienda construirlo enterrado; 3) las condiciones de seguridad del proceso; 4) el acceso para realizar tareas de mantenimiento; los medios para efectuar la carga y descarga del sistema.

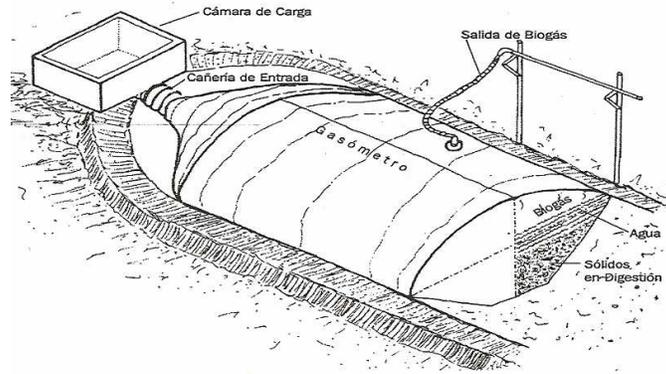


Figura 1. Esquema del digestor propuesto
Fuente: Gropelli y Giampaoli (2001)

Para el proyecto bajo estudio se consideró adecuado un digestor alternativo de tipo horizontal con geomembrana (polietileno de alta densidad) (Fig. 1), por la simplicidad en cuanto a su construcción y porque desde el punto de vista económico, es el que resulta viable. Esta última consideración surge del análisis de estudios presentados por otros autores como: Gropelli y Giampaoli (2001), Córdoba, V. (2005), Montes Molina y Crozza (2007), Botero (1987). También se tuvieron en cuenta tanto las condiciones climáticas como el tipo de suelo del lugar.

Además, se propone la construcción de una pileta primaria aeróbica, con el fin de tratar el abono proveniente del digestor y analizar en estudios posteriores si es factible emplear el líquido obtenido en la última laguna como agua de primer lavado en el tambo. Para su diseño se tuvo en cuenta el volumen de bioefluente y el tiempo de residencia.

Resultados

Diseño del digestor

En la Tabla 3 se muestran los datos experimentales de las propiedades de la materia orgánica.

Tabla 3. Propiedades del estiércol

Especie	Cantidad de agua (kg. agua/kg. estiércol)	ST (%)	SV* (%)
Bovino	0.88	12.36	81.11
Porcino	0.74	25.75	81.27

* Valor expresado con respecto a los sólidos totales.

Esta información fue utilizada como dato para el diseño del digestor, además de considerar la relación entre la temperatura de la biomasa y el tiempo de residencia de la misma en el digestor. En virtud de lo anteriormente expuesto, del total de residuos diarios a incorporar (Tabla 4), de una temperatura ambiente promedio 20°C y una de 15°C correspondiente a la biomasa y un tiempo de residencia de 60 días, se arribó a que el tamaño del digestor debe ser de 400 m³. Las dimensiones del digestor teniendo en cuenta las características del suelo y una relación largo/ancho de 5:1, debería tener una profundidad de 2.5 m, un largo de 27.6m y un ancho de 5.8 m.

Tabla 4. Cantidad total de residuos a tratar

Tipo de desecho	Cantidad sólido (kg./día)	Cantidad de agua de lavado (Lts.)	Cantidad total (kg.)
Bovino	170	2,550	2,720
Porcino	250	2,400	2,650
Restos de comida	66	-	66
TOTAL	486	4,950	5,436

Previo al ingreso del material al digestor se recomienda mezclarlo, para ello se diseñó un tanque mezclador de 2 m. de diámetro por 2 m. de altura con el fin de contener una carga diaria de 6.5 m³

El digestor se sugiere ubicarlo entre el tambo y el criadero de cerdos, donde el terreno posee una pendiente acorde a los requerimientos del digestor.

La producción de biogás que se obtendría a partir de este estudio se presenta en la Tabla 5, junto a la comparación de datos bibliográficos para situaciones similares. Se observa que no existen prácticamente diferencias entre uno y otro, por ello para los restantes cálculos se tomó como dato una generación promedio de 25.5 m³/ día

Tabla 5. Producción diaria de biogás

Residuo	Biogás generado (m ³ / día)
Bovino	3.32
Porcino	17
Comida	5.15
Total	25.5

Con la información del volumen diario de generación de bioabono y proponiendo un tiempo de residencia en la pileta de 60 días, el volumen de la pileta primaria sería de 330 m³. Las dimensiones propuestas son 2,5 m. de profundidad por 8 m. de ancho y aproximadamente 17 m. de largo. En forma paralela se construiría otra pileta para descarga, mientras se vacía y se remuevan los barros acumulados en la primera laguna.

Con el propósito de evitar infiltraciones al suelo se recomienda la colocación de una capa de arcilla compactada (INTA, 2002) y sobre la misma, polietileno negro de 200 μ m. (Agroredes, 2008) para que cubra todo su volumen y un sobrante de alrededor de 50 cm. para permitir su sellado.

Se prevé que será necesario contar con la instalación eléctrica para los equipos descriptos anteriormente.

Utilización del biogás y bioefluente generados

El biogás generado se propone consumirlo en el mismo establecimiento y en particular en los sectores generadores de los residuos que le dan origen.

Por ello, para el tambo, conociendo que el consumo diario para el lavado de las maquinarias es de aproximadamente 400 Lts. de agua, se llevó a cabo el cálculo de la energía térmica para calentar dicha cantidad. Se consideró una temperatura de entrada de 18 °C y una de salida de 60 °C, y una eficiencia del termotanque de 0.6, dando como resultado que se necesitan 5 m³ de biogás por día.

También se propone un sistema para calefaccionar las parideras por medio de radiadores que se alimentan mediante una caldera en el criadero de cerdos, y así mantener el área de las parideras de 60 m² a una temperatura de 22°C. En este tipo de instalación, el fluido (agua hasta 60 °C) circula por un sistema cerrado entregando el calor necesario para calefaccionar adecuadamente el ambiente. El agua se calienta en la caldera y es conducido por cañerías a cada elemento emisor, el retorno transporta el agua a menor

temperatura hacia la fuente generadora de calor para volver a calentarla, reiniciando el ciclo. La cantidad de biogás que se dispone para abastecer dicha caldera es de 20.5 m³/día y se efectúa mediante una tubería de PVC.

Pero dado que durante los meses de verano (Diciembre a Marzo) las parideras no necesitarán calefacción y por lo tanto ese biogás se convierte en remanente que debe ser consumido en otro sector, se sugiere convertirlo en electricidad a través de un generador y aprovecharlo para la iluminación de un sector del predio del establecimiento educativo.

Se propone que el biogás sobrante alimente el motor diesel de un generador, para esto se debe modificar la entrada de combustible al motor, ya que para que funcione con un rendimiento del 100 %, es necesario utilizar una mezcla de diesel – biogás (Álvarez y colab., 2003).

La instalación eléctrica está destinada a abastecer el sector de las parideras, que por ser una instalación de pequeñas dimensiones se propone utilizar un motor de 5.5 Hp. El valor de mezcla diesel – biogás recomendado por la bibliografía (Álvarez y colab., 2003) para este motor es 0.13 l/h. de diesel – 2.1 m³/h. de biogás.

Una vez conocida la carga que genera el grupo electrógeno, se arriba a que se pueden abastecer 7 lámparas de alumbrado de 75 Watt durante 7 1/2 por día. La elección de la cantidad de horas se realiza considerando que dicho sistema se utilizará durante la época estival.

El consumo de biogás diario del generador es de 15 m³, el biogás disponible es de 15.35 m³/día debido a que durante los meses de verano el comedor del establecimiento no se encuentra en funcionamiento, por lo tanto, es factible la utilización de este equipo.

Dimensionamiento de la pileta aeróbica del bioefluente

El efluente líquido obtenido del biodigestor es de aproximadamente 5,500 l/día, se propone enviarlo a una pileta aeróbica primaria de almacenamiento (volumen: 330 m³ y tiempo de residencia: 60 días), en donde sedimentarán aproximadamente el 50 % de los sólidos (Boschi, 2006) y se instalará en serie con el biodigestor, de manera que se aproveche la pendiente del suelo. El efluente de esta pileta se conducirá a la planta depuradora para continuar su tratamiento, mediante una bomba de tipo estercolera (0.73 Hp). Paralelamente, se construirá otra pileta de manera tal que mientras se esté vaciando la primaria para su descarga, el bioabono sea depositado en ella.

La pileta de sedimentación de la planta de tratamiento sirve como refuerzo de la pileta aeróbica primaria que se propone construir, para que el agua se encuentre con un contenido aceptable de sólidos en la etapa de cloración y posteriormente pueda estar en condiciones para recircularla como agua del primer lavado del corral de espera del tambo, de esta manera se disminuiría el consumo de agua diario en dicho sector. Otra de las alternativas es emplearla como agua de riego, y en esta situación no necesitaría ser clorada.

Pero, el diseño de un sistema de tratamiento de aguas se debe realizar teniendo en cuenta la calidad de los líquidos a tratar y las normas vigentes (Ley 11820). Se sugiere, se haga un estudio analítico del efluente para poder determinar con exactitud el proceso de purificación.

Conclusiones

La elección de una escuela agrotécnica como lugar de implementación de un proyecto demostrativo de estas características tiende a producir un múltiple efecto. Por un lado, se incorporan nuevas tecnologías a la currícula de los alumnos con lo que se produce

una transferencia directa de los resultados de la investigación universitaria a la enseñanza formal.

En conclusión, el manejo de desechos no es un problema exclusivamente administrativo, técnico o financiero, conlleva un fuerte elemento de cultura que sólo puede superarse por medio de un proceso lento pero constante de educación. La misión del proyecto encaja perfectamente con este proceso y ofrece una oportunidad de ser una herramienta para un cambio sustancial, en el bienestar de las comunidades de la región. Muestra de la importancia que podría adquirir la ejecución de este proyecto, es que fue premiado por la Fundación YPF, en oportunidad de ser presentado en el Premio a la “Eficiencia Energética 2007”, y con el dinero otorgado se construirá, en principio, un digestor a escala piloto.

Bibliografía

- AD-Nett, “The European Anaerobic Digestion Network”. <http://www.adnett.org/> Fecha último acceso: 02/2008.
- Agroredes S. R. L., www.agroredes.com.ar. Fecha de último acceso: 19/11/08.
- Álvarez J., Caneta L., Moyano C. (2003) Biomasa y biogás. Máquinas térmicas II. Universidad Nacional del Nordeste.
- Boschi C. (2006) Efluentes ganaderos, <http://www.monografias.com/trabajos42/efluentes-ganaderos/efluentes-ganaderos.shtml>
- Botero R., Coto J. L., Maldonado J. J., Murillo J. V. (2007) Implementación de un sistema para generar electricidad a partir de biogás en la finca pecuaria. Universidad EARTH. Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica.
- Córdoba V. (2005) Residuos orgánicos con valor agregado en la ciudad de la Laprida, Proyecto Final, Biblioteca Facultad de Ingeniería de Olavarría – UNCPBA.
- Crozza D. (2007) Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Gral. La Madrid Provincia de Buenos Aires, Tesis. UNMdP.
- Decara, L., Sandoval G., Funes C. (2004) El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- EPA, Environmental Protection Agency, “Management Measure for Facility Wastewater and Runoff from Confined Animal Facility Management”, 2006.
- Gropelli E. (2001) Giampaoli O. (2001) El camino de la biodigestión. Ambiente y Tecnología Socialmente Apropiada, Ed. Centro de Publicaciones, Secretaría de Extensión, UNL, ISBN 987-508-165-5.
- Hilbert J. (2005) Matriz de Cálculo Económico Energético para Biodigestores Rurales, INTA. <http://www.inta.gov.ar/iir/info/biogas2005.xls>
- INTA, (2002). Anguil “Manejo de los efluentes líquidos”. <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/otras/feedlot/cap3/efluentes/alta.htm>
- INVGEI (2005). “Inventario Nacional de la República Argentina, de Fuentes de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero, No Controlados por el Protocolo de Montreal”, Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, Banco Mundial, Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Fundación Bariloche, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Montes Molina V. y Crozza D. (2006) Estrategia para la Valorización de los Residuos Orgánicos en un Municipio de la Provincia de Buenos Aires, Programa de Formación en Vinculación y Transferencia Científica-Tecnológica “Formatec 2005”, CIC. 2006.
- Wirsbo 2007, Cálculo de una Instalación de Calefacción por Radiadores http://www.uponorhispania.com/documentacion/calc_rad.pdf