

Planta Piloto de Tratamiento de Desechos de Tomate *

Gloria Plaza † Luis Cardón ‡ Osvaldo Pacheco §
Daniel Cabrera ¶

Resumen

Los datos obtenidos en escala laboratorio permiten enfrentar con éxito la etapa de escala piloto.

Se determinó un tamaño de 45 m³ de digestor y los equipos e instalaciones adicionales guardan proporción con esta escala. La escala adoptada representa el 10% del tamaño industrial. El biogas a obtener será purificado y servirá de alimentación a 10 viviendas aledañas a la instalación de la planta piloto.

Dado el tamaño del digestor se estudian todas las alternativas posibles para su calefacción y/o aislación, esto es calentando a partir del propio biogas generado, o empleando energía solar a partir de colectores solares, variables éstas analizadas a través de un programa de simulación. Para la elección del sistema de calefacción o combinación de estos, se toma en consideración los valores de sus inversiones iniciales, así como de sus costos de funcionamiento.

Palabras clave: biogas, digestión anaeróbica, tomate, planta piloto, tratamiento de desechos.

*Trabajo realizado en el marco del convenio firmado entre el INENCO - UNSa y la Cooperativa Agrícola Ganadera de Anta Ltda.

†INENCO - UNSa - CONICET

‡INENCO - Facultad de Cs. Exactas - UNSa

§Facultad de Cs. Tecnológicas

¶Facultad de Cs. Tecnológicas

1 INTRODUCCION

La producción de metano a partir de desechos orgánico (animales y vegetales) mediante fermentación anaeróbica ha proporcionado una serie de ventajas adicionales a la producción misma del recurso energético conocido como "biogas".

Entre éstas cabe mencionar las siguientes: a) Reduce olores en la utilización de los desechos. b) Evita la contaminación ambiental y la propagación de pestes. c) Reduce la población de elementos portadores de enfermedades (tales como moscas y otros insectos). d) Deja un residuo sólido inodoro de excelente características fertilizantes.

En esencia, el proceso de generación de biogas es simple, pero muy sensible a una serie de variables de operación. Para mantener activa una población de bacterias suficiente para la producción de metano y otros gases, es necesario crear un ambiente apropiado de temperatura, pH, concentración de sólidos, y mezclado, entre otras variables.

Algunas de estas variables pueden afectar el proceso en forma crítica y debe cuidarse, por lo tanto, de mantenerlas dentro de límites aceptables.

Nos centramos en los balances térmicos, a fin de encontrar el máximo rendimiento en los productos analizando en forma conjunta el aprovechamiento solar con un intercambiador directo que utilizará la alta producción de biogas.

2 MATERIA PRIMA

La materia prima necesaria para la digestión, denominada comúnmente biomasa, constituyen los recursos orgánicos, productos de residuos vegetales y animales.

La producción agrícola del Departamento de Anta está centrada en el tomate y el tabaco. Como éstos cultivos necesitan que sus tierras se renueven de nutrientes, además de la incorporación de fertilizantes, resulta necesario efectuar otros cultivos alternativos y estacionales como el poroto, soja, maíz y las hortalizas fundamentalmente, lo que dará de alguna manera continuidad

a la planta de biogas, porque durante todo el año se producirían desechos. En tabla 1 se indican las producciones medias anuales por hectárea y la cantidad de desechos que se producen por hectárea y por año.

La cría de animales se circunscribe al ganado vacuno y porcino existiendo en la zona 20000 cabezas de ganado vacuno y 1000 de porcino. En tabla 2 se detallan las producciones de desechos animales por kg y por día.

3 PREFACTIBILIDAD ECONOMICA DEL PROYECTO

La primera tarea del grupo de trabajo de la UNSa fue la determinación de la prefactibilidad económica del proyecto para darle o no continuidad al tema de estudio. Se trabajó con un tamaño de 900 m³, adoptándose dos digestores de 450 m³ cada uno.

En éste estudio se considera que el biogas producido abastecería a una Planta Envasadora de Tomate. En Tabla 3 se presentan los flujos de caja proyectados tomando lo generado por el biogas y bioabono. La rentabilidad del 48% anual a 8 años habla por sí sólo de la conveniencia de encarar éste proyecto, ya que disminuye gastos importantes para la Planta de Tomate y los productores de la zona, mejorando las condiciones económicas de éste proyecto y el de la Planta Envasadora de Tomate. Con ésta tasa, el punto de equilibrio es el tercer año [2].

4 PLANTA PILOTO

En la Figura 1, se refleja el diagrama de la planta piloto a construir. Se determinó un tamaño de 45 m³ de digestor y los equipos e instalaciones adicionales guardan proporción con ésta escala.

La escala adoptada representa el 10% del tamaño industrial, este tamaño surge del análisis detallado de la materia prima y el tamaño mínimo que da rentabilidad positiva.

El biogas a obtener será purificado para luego distribuirlo a 10 casas aledañas a la instalación de la planta piloto, considerando a las mismas con un consumo promedio de 3,5 m³/día. Una segunda alternativa de uso será la de calefacción del biodigestor.

El digerido se enviará a un hidrociclón por bombeo. El hidrociclón separa el líquido, que se destina a una pileta de efluentes, del sólido, que constituye el bioabono o fertilizante después de una etapa de secado.

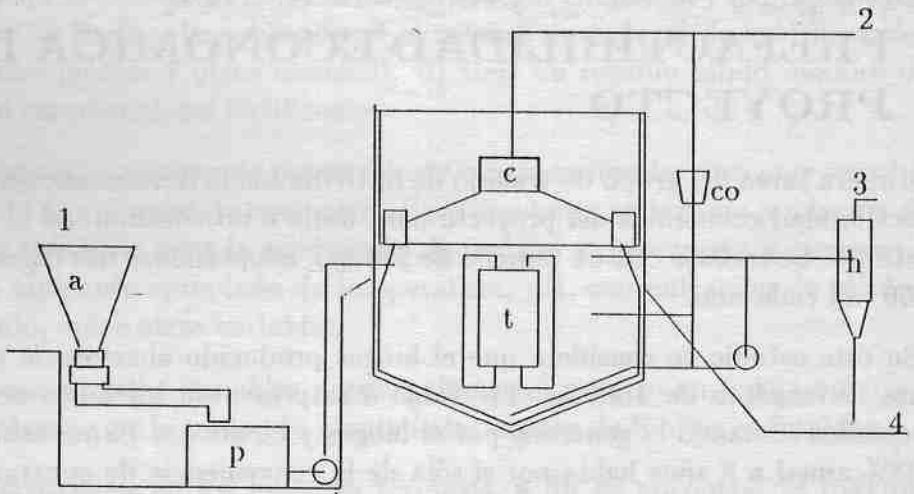


Figura 1: Diagrama de la planta piloto de desechos de tomate. 1: entrada de carga; 2: salida del biogas; 3: efluente líquido; 4: digerido sólido; a: tolva; p: pileta de mezcla; c: campana móvil; co: compresor; i: tubo interno digestor; h: hidrociclón

A su vez, la pileta de efluentes será destinada para la siembra de algas que servirá de carga al digestor o eventualmente de alimento para el ganado.

El ciclo de transformación del desecho se cumplirá en forma total, eliminando en alto grado los peligros de contaminación ambiental.

4.1 Infraestructura y equipamiento necesario

La planta piloto a construir en la localidad de Apolinario Saravia, consta del siguiente equipamiento:

- Digestor: El mismo tiene 45 m³ de capacidad y forma cilíndrica. Construido en hormigón armado y mampostería de ladrillo, con aislación, variable que interviene en el estudio térmico.
- Gasómetro: El mismo se encuentra incorporado al reactor. En la parte superior del digestor se instalará una campana de hierro negro.
- Tolva de alimentación de carga: Tiene una capacidad de 1,5 m³, construida de chapa de hierro negro. Sirve para recibir diariamente el material de alimentación del digestor.
- Tanque de mezcla y prefermentación: Con una capacidad de 2 m³. Construido de mampostería de ladrillos.
- Intercambiador de calor indirecto: Se utilizará para el calentamiento el gas producido en el digestor el que a su vez calienta el agua que intercambia calor con la carga del digestor

Otros equipamientos e instalaciones auxiliares no detalladas.

4.2 Balance térmico del digestor

El cálculo de la carga térmica del digestor se desarrolla considerando las pérdidas por las paredes, tapa y fondo. La temperatura del digestor se fija en su valor óptimo de funcionamiento, de 35 C. La temperatura ambiente considerada corresponde a la temperatura media mensual de la estación 55, Orán, estación más cercana a Apolinario Saravia.

Los resultados para cada mes se detallan en Tabla 4, calculados para una aislación de 0.025 m de tergopol.

4.3 Evaluación económica de las alternativas térmicas

Se ha realizado una primera estimación económica de las alternativas de calefacción (Figura 2). Para ello, el sistema de calefacción considerado consiste en un sistema solar estándar y un sistema auxiliar basado en la combustión del gas del digestor. También se consideró las variaciones de la carga térmica del sistema en función de la aislación del digestor.

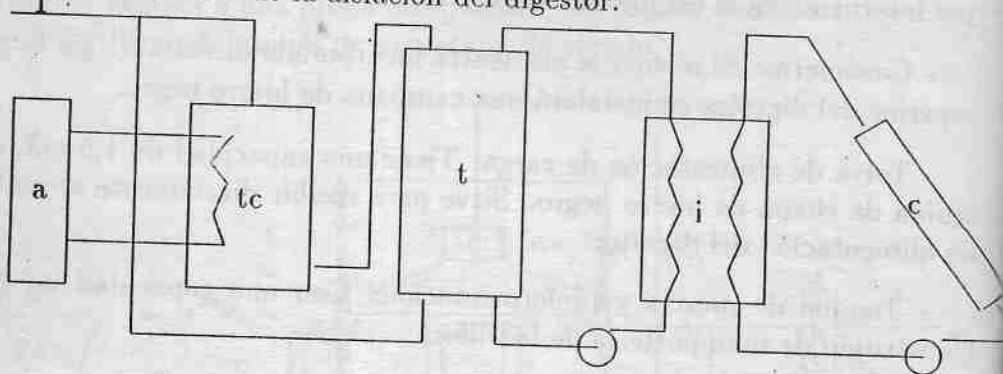


Figura 2: Sistema de calefacción del digestor. 1: entrada al digestor; a: energía auxiliar; tc: tanque de agua caliente; t: tanque de almacenamiento principal; i: intercambiador de calor; c: colector.

Se utilizó el método f [1] para evaluar el efecto económico del uso alternativo de la energía solar o del gas. Algunos resultados preliminares se muestran en Tabla 5 para amortizaciones de 10 y 15 años respectivamente.

Las funciones de costo utilizadas son lineales, por lo que la solución de costo mínimo admite solamente sistemas todo solar o todo gas. Este resultado depende fuertemente del plazo de amortización. De los datos de la tabla obtenidos para el mes de octubre, se concluye que si el plazo de amortización es de 10 años conviene un sistema todo gas ($f=0$), siendo las diferencias pequeñas. Por el contrario, si el plazo de amortización es de 15 años, la elección recae sobre un sistema solar.

En tabla 5 también se muestra la incidencia del costo de aislación del

digestor que puede ser del mismo orden del costo del resto del sistema, lo que indica la necesidad de hacer una optimización del mismo.

5 CONCLUSIONES

Trabajando con las funciones no lineales de costo, la solución de costo mínimo resultará en un sistema mixto de calentamiento del digestor. Estos resultados juntamente con los modelos de laboratorio complementan al dimensionamiento del sistema a escala piloto.

Referencias

- [1] W. Beckman J. Duffie. *Solar Engeneering of Thermal Processes*. John Willey, 1.980. p.485.
- [2] G. Plaza y O. Pacheco. Proyecto agroindustrial que incluye el proceso de biodegradación de los desechos de una región. En *4 Congreso del Uso Racional de la Energía. 2 Conferencia del URE y Coordinación del Transporte, 1 Conferencia Técnica de Cogeneración*, Buenos Aires, Noviembre 1990.

Tabla 1: Disponibilidad de residuos agrícolas

Cultivo (meses)	Terreno cultivado ha	Producciones		Residuos		
		anuales tn/ha/a	total tn/a	factor %	total tn/a	kg/d
Tomate(O-N-D)	2000	30	60000	20	12000	120
Tabaco(D-E-F)	100	1.5	150	15	22.5	0.22
Poroto(M-J)	1000	1.2	1200	20	240	3.4
Soja(M-J)	2000	1.2	2400	15	360	5.14
Hortalizas(M a O)	600	40	24000	20	4800	30
Cártamo(Mz-A)	200	2.2	440	20	88	1.25

Mz: marzo M: mayo

Tabla 2: Disponibilidad de desechos animales

Especie	Cabezas	Producción de desechos	
		por cabeza kg ST/d/cab	total kg ST/d
porcino	1000	2.25	2250
vacuno	20000	6.2	124000

Tabla 3: Cuadro de Fuentes y Usos de Fondos

Concepto	Períodos								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos									
Crédito									
248389									
Vtas. Bloabono									
158400	158400	158400	158400	158400	158400	158400	158400	158400	158400
Vtas Biogas									
58197	58197	58197	58197	58197	58197	58197	58197	58197	58197
Total de Ingresos									
216597	216597	216597	216597	216597	216597	216597	216597	216597	216597
Egresos									
Inversión total									
248389									
Gastos totales									
44015	44015	44015	44015	44015	44015	44015	44015	44015	44015
Interés crédito									
12420	10350	8280	6210	4140	2070	-	-	-	-
Amort. Capital									
41398	41398	41398	41398	41398	41398	41398	-	-	-
Total egresos									
248389	97833	95763	93693	91623	89553	87483	44015	44015	44015
Ingresos-Egresos									
(248389)	118764	120834	122904	124974	127044	129114	172582	172582	172582
Saldo acum (I-E)									
(248389)	(129625)	(8791)	114113	239087	366131	495245	667827	840409	840409
Tasa Interna de Retorno T.I.R. : 48% anual a ocho años									

Tabla 4: Carga térmica del digestor

Mes N	Días	Temperatura °C	Pot. Media Mensual W	Energía Mensual GJ
1	31	25.9	320.0	0.86
2	29	24.7	362.2	0.91
3	31	22.7	432.6	1.16
4	30	19.9	531.1	1.38
5	31	17.6	611.9	1.64
6	30	14.8	710.4	1.84
7	31	14.8	710.4	1.90
8	31	16.7	643.6	1.72
9	30	20.1	524.0	1.36
10	31	23.2	415.0	1.11
11	30	25.1	348.2	0.90
12	31	26.1	313.0	0.84

Energía anual: 15.6 GJ, Coef. UA laterales y tapa: 28.07 y 7.10W/°C

Tabla 5: Método f

m aislación	Amortización: 10 años					
	0.01		0.025		0.05	
	f=0	f=1	f=0	f=1	f=0	f=1
\$ area col.	1.91	19.16	1.91	7.66	1.91	3.83
\$ gas	15	0.5	5.14	0.2	1.76	0.1
\$ total	16.91	19.66	7.05	7.86	3.67	3.93
\$ aislación		1.04		2.61		5.23

m aislación	Amortización: 15 años					
	0.01		0.025		0.05	
	f=0	f=1	f=0	f=1	f=0	f=1
\$ area col.	1.27	12.77	1.27	3.11	1.27	2.5
\$ gas	15.28	0.5	5.14	2.2	1.76	0.1
\$ total	16.55	13.27	6.42	5.31	3.03	2.6
\$ aislación		0.69		1.74		3.4