

Proyecto Final de Ingeneria Industrial

Explorar las oportunidades de producción y explotación de plantas de biogás para los pequeños productores en Argentina

Autor : ANDRE David

Tutor : PEDRO DEL CAMPO

2012

I. INTRODUCCIÓN 4

II. CONTEXTO Y DEFINICIÓN 5

III. PROCESO Y PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS 8

A. ASPECTOS TECNOLOGICOS 8
1.1.1 PRINCIPIOS DE LA FERMENTACIÓN ANAERÓBICA 8
1.1.2 PRERREQUISITOS NECESARIOS PARA INICIAR EL PROCESO 9
B. ETAPAS INTERVINIENTES EN EL PROCESO 9
1.1.3 ETAPA DE HIDRÓLISIS 9
1.1.4 ETAPA FERMENTATIVA O ÁCIDO GÉNICA 10
1.1.5 FASE METANO GÉNICA 10
1.1.6 RESUMEN 10
1.1.7 MICROORGANISMOS 11
C. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE GAS 12
1.1.8 TIPO DE MATERIA PRIMA 12
1.1.9 TEMPERATURA DEL SUSTRATO 13
1.1.10 TIEMPO DE RETENCIÓN / VELOCIDAD DE CARGA VOLUMÉTRICA 14

IV. ELEGIR UNA SOLUCIÓN 16

A. INSTALACIONES MÁS DIFUNDIDAS 16
1.1.11 MODELO CHINO 17
1.1.12 MODELO HINDÚ 19
1.1.13 MODELO INDUSTRIAL 21
B. PARÁMETROS DEL BIODIGESTOR POR LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES 22
1.1.14 MATERIAL ORGÁNICO DISPONIBLE 22
1.1.15 DEMANDA DE BIOGÁS 22
1.1.16 VOLUMEN DEL BIODIGESTOR 23
1.1.17 DIMENSIONES DEL GASÓMETRO 24
1.1.18 MATERIALES ESTÁNDAR 24
1.1.19 CONSTRUCCIÓN SIMPLE 24
C. SOLUCIÓN ELEGIDA 24
1.1.20 DESCRIPCIÓN 25
1.1.21 VENTAJAS 25
1.1.22 DESVENTAJAS 27

V. ANÁLISIS DEL MERCADO EN ARGENTINA 28

A. REPARTICIÓN DE LA POBLACIÓN 28
B. REPARTICIÓN DEL GAS DE RED 29
C. REPARTICION DE LOS HOGARES CON DESAGUE DEL INDORO A RED PUBLICA(CLOACA) 30
D. REPARTICIÓN DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS 31
E. REPARTICIÓN DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES 33
F. EXPLOTACIÓN DE LOS DATOS 34
G. DIFICULTADES QUE SE PUEDE ENCONTRAR 36

VI. ANALIZAR LA MANERA DE FABRICACIÓN DE LAS INSTALACIONES EN ARGENTINA 37

A. INTRODUCCIÓN 37
B. ESTIMACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA INSTALACIÓN 37
C. MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN 43
D. FABRICACIÓN 43
1.1.23 CÁMARA DE CARGA 44
1.1.24 CÁMARA DE DIGESTIÓN 44

1.1.25 GASÓMETRO 45
1.1.26 CÁMARA DE DESCARGA 45
1.1.27 SALIDA DEL BIOGÁS 46
1.1.28 CONDUCCIÓN DEL BIOGÁS 46
1.1.29 VÁLVULA DE SEGURIDAD 47
E. PLANOS GENERAL DEL BIODIGESTOR 48
F. COSTO TOTAL DE UNA PEQUEÑA INSTALACIÓN ESTÁNDAR 50

VII. ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO EN EL PLANO ECONÓMICO FINANCIERO Y DE RIESGOS. 52

A. ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS Y COSTOS DE LA INSTALACIÓN BIOGAS 52
1.1.30 PRODUCCIÓN DE BIOGÁS 52
1.1.31 PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTE 54
1.1.32 COSTOS DE ESTA INSTALACIÓN 54
B. FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO 55
C. ANÁLISIS DEL VAN 56
D. ANÁLISIS DEL TIR 57
E. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS 57
F. CONCLUSIÓN 59
G. DESARROLLAR LA INSTALACIÓN AL NIVEL NACIONAL 60

VIII. IDENTIFICACIÓN Y PLANTEO DE POSIBLES MERCADOS 62

A. POTENCIAL DEL ABONO BIOLÓGICO PARA LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES 62

IX. CONCLUSIÓN GENERAL 65

X. BIBLIOGRAFÍA 66

XI. ANEXOS 69

A. OTRO TIPO DE BIODIGESTORES FAMILIARES PLÁSTICO DE BAJO COSTO (BOLIVIA) 69
B. OTRO TIPO DE BIODIGESTORES FAMILIARES DURO DE BAJO COSTO (VIETNAM) 71

I. Introducción

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacteriasmetano génicas, etc.) y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico). Este gas se ha venido llamando gas de los pantanos, puesto que en ellos se produce una biodegradación de residuos vegetales.

En Argentina, el biogás se produce mayormente en zonas rurales, en plantas industriales que cuentan con recipientes cerrados llamados biodigestores, los mismos son construidos ya en ladrillo o cemento, metal o plástico, y generalmente, de forma cilíndrica o esférica.

Su desarrollo se propició primeramente en zonas rurales, es en estos espacios donde el estiércol propicia, entre otros desechos orgánicos, la primera fuente de provisión. Su aprovechamiento en estos establecimientos, algunos de carácter casi familiar, permite la utilización de biogás tanto para cocinar como para iluminación, desde instalaciones individuales hasta ya en instalaciones industriales. El biogás constituye según los expertos la mejor manera y la más efectiva de tratamiento de residuos, pues permite un mejor control y una efectiva implementación ecológica, esto es eliminando los sulfatos minoritarios, se tiene así un aprovechamiento y uso de energía que no agrega más daños a los ya niveles críticos de la destrucción que presenta la capa de ozono.

Sin embargo en general las instalaciones son demasiado caras para pequeños productores o granjas mientras que el proceso es muy simple y que existe en el mundo soluciones simples.

Entonces esta tesis tiene por objetivo de ver el potencial del mercado actual en Argentina. Buscar una instalación simple, establecer su precio y posteriormente hacer un análisis financiero al fin de establecer su viabilidad económica por los pequeños productores y permitir su futuro desarrollo en Argentina.

II. Contexto y definición

Relación de la tesis con otros trabajos actuales :

Según un estudio de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP "BIOGÁS. DESDE LAS AULAS A LAS FAMILIAS RURALES", La Plata, 11 y 12 de Agosto – 2011:

« Es común que las poblaciones rurales exhiban un aislamiento a los sistemas convencionales de abastecimiento energético. Este tipo de energía surge como una buena alternativa para acompañar la demanda de estás familias y mejorar su calidad de vida. Aunque esta técnica data desde 1859 con orígenes en Bombay, India, en la Argentina y específicamente en el sector de la agricultura familiar, su utilización no se encuentra muy difundida. Se nos presenta un gran desafío para revertir esta tendencia. »

En consecuencia esta tesis revisa el contexto de estudio para intentar mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores argentinos.

Un poco de historia sobre el Biogás :

La fermentación anaeróbica es un proceso natural que se produce de forma espontánea en la naturaleza y la parte del ciclo de vida. Así nos encontramos con el llamado "gas delos pantanos" que viene en el agua estancada, gas natural, metano) campos petrolíferos y el gas producido en el tracto digestivo de los rumiantes tales como ganado vacuno. En todos estos procesos implica metanógenos conocido.

La primera mención de biogás en el año 1600 identificada por los científicos como un gas a partir de la descomposición de la materia orgánica.
En 1890 se construyó el primer gran biodigestor en la India y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, las lámparas estaban propulsadas por gas recogido en esta ciudad digestores de lodos de depuradora fermentados.

Después de dos guerras mundiales comenzó difundirse en Europa la producción de las plantas de biogás cuyo producto fue utilizado en tractores y automóviles de la época. Se genera una gran demanda a Imhoff por grupos de tratamiento de aguas residuales. El gas producido se usa para la operación de las propias plantas en vehículos municipales y en algunas ciudades, llegó a ser inyectado en la comunidad de la red de gas.

Durante los años de la Segunda Guerra Mundial comenzó a difundirse la idea en los digestores de biogás rurales en Europa como en China e India para convertirse en líderes en el campo.

Este espectáculo se interrumpe por el fácil acceso a los combustibles fósiles y no retorna hasta la crisis energética de los años 70 con un gran impulso en la investigación y se expande por todo el mundo, incluidos los países latinoamericanos.

Los últimos 20 años han sido descubiertos en el buen funcionamiento de los procesos microbiológicos y bioquímicos con el equipo de laboratorio nuevo que permitió el estudio de los microorganismos que intervienen en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno).

Este avance en la comprensión del proceso microbiológico se ha visto acompañado por importantes logros de avances de investigación aplicada en el rendimiento de la tecnología.

Los países que generan la tecnología más importante en la actualidad son: China, India, Países Bajos, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE.UU., Filipinas y Alemania.

A través de los años, la tecnología de la digestión anaerobia está especializada actualmente cubre las diferentes áreas de aplicación con objetivos muy diferentes.

Como se indica en la tabla que el ámbito de aplicación de la tecnología de la fermentación anaeróbica de los objetivos deseados son diferentes o tienen diferentes prioridades. A continuación, desarrollo brevemente la evolución y situación actual de cada una de las áreas descritas.

Definición:

Productor agropecuario

Es toda persona física o jurídica que posee animales y es el responsable de los mismos y de los aspectos sanitarios de su producción agropecuaria, ya sea en calidad de propietario, arrendatario, aparcero, pasajero u ocupare en alquiler, usufructo u otras formas un establecimiento, campo o predio.
Por extensión esta denominación alcanza a los tenedores de hacienda doméstica, aún en condiciones de pobreza en economías marginales o de subsistencia; esta extensión de los alcances del término se adopta arbitrariamente, por razones prácticas, a los fines de la codificación. (Ref. : Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA))

Se clasificarán los productores agropecuarios en dos grandes clases, que tendrán tratamiento diferencial, como pertenecientes a :

Economía productiva formal

Forman parte de este grupo aquellos que comercializan ganado, que requieren DTA, que mueven animales en jaulas. Que viven de la comercialización del producto pecuario. Que pretenden la obtención de márgenes de rentabilidad de su explotación.

Economía de subsistencia

Forman parte de este grupo tenedores de hacienda, aquellos que poseen animales para la subsistencia de su familia o comunidad, o que comercializan en

pequeña escala y generalmente en su entorno cercano. La escala es variable, según la región del país y la especie animal de que se trate.

Se incluyen en ella :

- Comunidades aborígenes.
- Comunidades dedicadas a explotaciones hortícolas, yerba mate, tabaco, etc., a escala familiar, generalmente subsidiada.
- Puesteros en tierras fiscales o comunitarias.
- Familias pobres

Pequeño productor

Las explotaciones agropecuarias de pequeños productores son aquellas en las que : (Ref. : Ma. del Pilar Foti, Edith S. de Obschatko, Marcela E. Román.)

- El productor o socio trabaja directamente en la explotación
- No posee trabajadores asalariados permanentes.

III. Proceso y principales factores que afectan la producción de Biogás

A. ASPECTOS TECNOLOGICOS

1.1.1 Principios de la fermentación anaeróbica

La producción de biogás, una mezcla compuesta principalmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), y pequeñas cantidades de hidrógeno (H), el sulfuro de hidrógeno (SH_2) y nitrógeno (N) constituye un proceso esencial en el ciclo de la materia orgánica en la naturaleza.

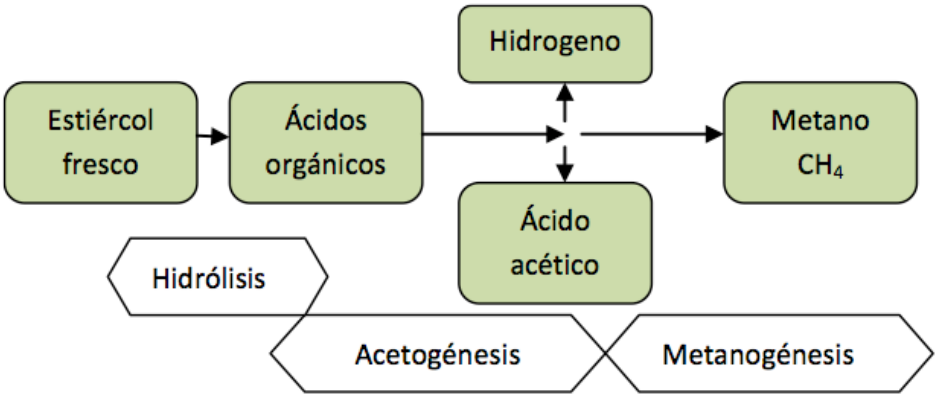


Figura 1 - Proceso Biológico (Ref : MARTI, J.)

Cuando la digestión anaeróbica ocurre en condiciones óptimas la composición química del biogás es :

Componentes	Formula Química	Porcentaje
Metano	CH_4	54-70
Dióxido de Carbono	CO_2	27-45
Hidrogeno	H_2	0-0,1
Nitrógeno	N_2	0,3-3
Monóxido de Carbono	CO	0,1
Oxigeno	O_2	0,1
Acido Sulfhídrico	H_2S	0,1

Tabla 1 - Composición química del biogás (Ref : QUIMBAYA, Q 2005)

Bacterias metano génicas son de hecho el último eslabón de la cadena de microorganismos encargados de digerir la materia orgánica y volver al medio los elementos para repetir el ciclo.

Se estima que cada año la actividad microbiológica en la atmósfera entre 590 y 880 millones de toneladas de metano.

1.1.2 Prerrequisitos necesarios para iniciar el proceso

La fermentación anaeróbica implica una serie compleja de diferentes tipos de microorganismos que se pueden dividir en tres grupos principales.

La producción real de metano ocurre en la última parte del proceso y no se produce si no han actuado los dos primeros grupos de microorganismos. Las bacterias que producen biogás son estrictamente anaeróbicas y por lo tanto solo puede sobrevivir en ausencia total de oxígeno.

Otra característica del proceso es su sensibilidad a los cambios ambientales, en efecto requieren un mantenimiento casi constante de los parámetros básicos (por ejemplo, la temperatura).

Gracias a estudios muy recientes pueden comprender mejor el mecanismo y el funcionamiento del sistema involucrado en la descomposición microbiana de la materia orgánica compleja que se reduce a sus componentes básicos CH_4 y CO_2. (Ref : Jorge A. Hilbert.)

B. Etapas intervinientes en el proceso

Veamos ahora las diferentes etapas intervinientes y sus principales características.

1.1.3 Etapa de hidrólisis

Las bacterias de esta primera etapa toman la materia orgánica virgen con largas cadenas estructuras carbonadas. Después las cadenas van a romper y transformar en cadenas más cortas y más simples (ácidos orgánicos) liberando hidrógeno y dióxido de carbono.

La hidrólisis depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulica, de la composición del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del tamaño de partículas, del pH, de la concentración de NH_4+ y de la concentración de los productos de la hidrólisis

Esto se hace por un complejo de diferentes tipos de microorganismos que son principalmente anaerobios facultativos[1]. (Ref : Jorge A. Hilbert.)

1.1.4 Etapa fermentativa o ácido génica

Esta etapa la llevan a cabo las bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético CH3-COOH y liberando como productos Hidrógeno y Dióxido de carbono.

Esta reacción es endoenergética pues demanda energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metano génicas que substraen los productos finales del medio minimizando la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas. Esta baja concentración de productos finales es la que activa la reacción y actividad de estas bacterias, haciendo posible la degradación manteniendo el equilibrio energético. (Ref : IICA. y Lopez. L)

1.1.5 Fase metano génica

Las bacterias intervinientes en esta etapa pertenecen al grupo de las achibacterias y poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias por lo que las diferencian de todo el resto de las bacterias por lo cuál, se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadoras de la superficie terrestre.

La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal substrato el acético junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta y los productos finales liberados están constituidos por el metano y el dióxido de carbono. (Ref : IICA. y Lopez. L)

1.1.6 Resumen

El esquema siguiente resume las distintas características de cada una de las etapas vistas que por simplificación se han agrupado en dos fases (ácida que involucra la de hidrólisis y acidificación y la metano génica), con los principales compuestos químicos intervinientes.

[1] *Algunos microorganismos aeróbicos, que pueden desarrollarse en ausencia de oxígeno, por medio de la fermentación se denominan anaerobios facultativos. Fuente : www.definicionesdemedicina.com*

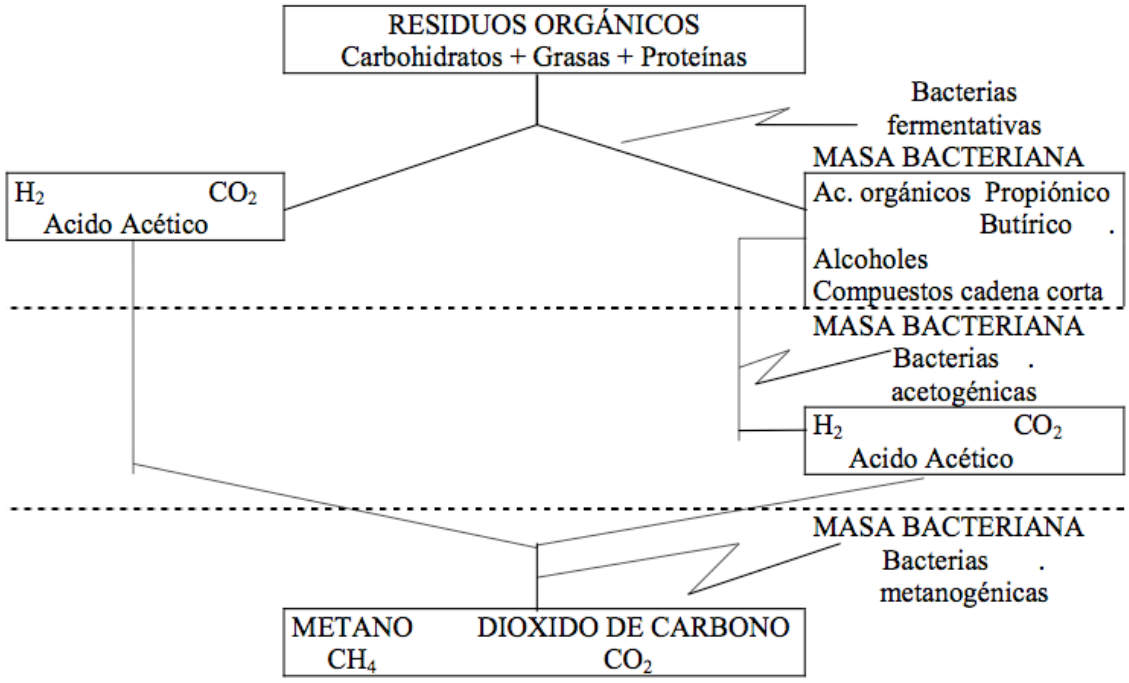


Figura 2 - Resumen de las etapas de creación de Biogás (Ref : Jorge A. Hilbert.)

1.1.7 Microorganismos

Los microorganismos intervinientes en cada fase tienen propiedades distintas que son muy importantes y se las debe conocer para lograr comprender el equilibrio y funcionamiento óptimo de un digestor.

Estas características han sido resumidas en la figura siguiente.

FASE ACIDOGENICA	FASE METANOGÉNICA
* Bacterias facultativas (pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno).	* Bacterias anaeróbicas estrictas (No pueden vivir en presencia de oxígeno).
* Reproducción muy rápida (alta tasa reproductiva).	* Reproducción lenta (baja tasa reproductiva).
* Poco sensibles a los cambios de acidez y temperatura.	* Muy sensibles a los cambios de acidez y temperatura.
* Principales metabolitos, ácidos orgánicos.	* Principales productos finales, metano y dióxido de carbono

Figura 3 - Microorganismos intervinientes en el proceso (Ref : Jorge A. Hilbert.)

C. Principales factores que afectan la producción de gas

La actividad metabólica involucrada en el proceso metano génico se ve afectada por diversos factores. Debido a que cada grupo de bacterias intervinientes en las distintas etapas del proceso responde en forma diferencial a esos cambios no es posible dar valores cualitativos sobre el grado que afecta cada uno de ellos a la producción de gas en forma precisa. Por lo tanto nos limitaremos a dar una valoración cualitativa y en algunos casos se darán cifras y cuadros que deben tomarse como orientativos ya que los valores pueden sufrir importantes variaciones.

Entre los factores más importantes a tenerse en cuenta se desarrollarán los siguientes (Ref. : IICA. 2008)

- el tipo de sustrato (nutrientes disponibles)
- la temperatura del sustrato
- la carga volumétrica
- el tiempo de retención hidráulico
- el nivel de acidez (pH)
- la relación Carbono/Nitrógeno
- la concentración del sustrato
- el agregado de inoculantes
- el grado de mezclado
- la presencia de compuestos inhibidores del proceso.

En los tres puntos siguiente desarrollaremos los tres factores más importantes.

1.1.8 Tipo de materia prima

Las materias primas fermentables incluyen dentro de un amplio espectro a los excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias (producción de alcohol, procesado de frutas, verduras, lácteos, carnes, alimenticias en general), restos de cosechas y basuras de diferentes tipos, como los efluentes de determinadas industrias químicas.

El proceso microbiológico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores).

Normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales presentan estos elementos en proporciones adecuadas. Sin embargo en la digestión de ciertos desechos industriales puede presentarse el caso de ser necesaria la adición de los compuestos enumerados o bien un post tratamiento aeróbico

Las sustancias con alto contenido de lignina no son directamente aprovechables y por lo tanto deben someterse a tratamientos previos (cortado, macerado, compostado) a fin de liberar las sustancias factibles de ser transformadas de las incrustaciones de lignina.

En lo atinente a estiércoles animales la degradación de cada uno de ellos dependerá fundamentalmente del tipo de animal y la alimentación que hayan recibido los mismos.

Los valores tanto de producción como de rendimiento en gas de los estiércoles presentan grandes diferencias entre distintos autores. Esto es debido al sinnúmero de factores intervinientes que hacen muy difícil la comparación de resultados por lo tanto los valores brindados en la tabla del esquema 4 deben ser tomados como orientativos.

Como norma se deberá tomar en cuenta que a raíz de estar trabajando en un medio biológico sólo los promedios estadísticos de una serie prolongada de mediciones serán confiables siempre y cuando figuren las condiciones en las cuales fueron realizadas las pruebas.

En cuanto al volumen de estiércol producido por las distintas especies animales son variables de acuerdo fundamentalmente al peso y al tipo de alimentación y manejo de los mismos. Cuando se encare un proyecto específico se recomienda realizar una serie de mediciones en el lugar donde se emplazará el digestor.

A modo ilustrativo se expone a continuación un cuadro indicativo sobre cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales y el rendimiento en gas de los mismos tomando como referencia el kilogramo de sólidos volátiles.

ESPECIE	PESO VIVO	kg ESTIERCOL/día	l/kg.S.V.	%CH_4
Cerdos	50	4,5 - 6	340 - 550	65 - 70
Vacunos	400	25 -40	90 - 310	65
Equinos	450	12 - 16	200 - 300	65
Ovinos	45	2,5	90 - 310	63

Tabla 2 - Cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales (Ref : Jorge A. Hilbert.)`

1.1.9 Temperatura del sustrato

La velocidad de reacción de los procesos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados, que a su vez, dependen de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de la digestión dando lugar a mayores producciones de biogás.

La temperatura de operación del digestor, está considerada uno de los principales parámetros de diseño, debido a la gran influencia de este factor en la velocidad de digestión anaeróbica. Variaciones bruscas de temperatura en el digestor puede provocar la desestabilización del proceso.

Existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaeróbicos:

- Psicrofilico(por debajo de 25 °C),
- Mesofilico(entre 25 °C y 45 °C)
- Termofilico(entre 45 °C y 65 °C).

Dentro de cada rango de temperatura, existe un intervalo para el cual dicho parámetro se hace máximo, determinando así la temperatura de trabajo óptima en cada uno de los rangos posibles de operación.

Hasta el momento, el rango psicrofílico ha sido poco estudiado y, en general, se plantea como poco viable debido al gran tamaño del reactor necesario. Sin embargo, presenta menores problemas de estabilidad que en los otros rangos de operación. (Ref. : ROJAS. R 2009)

1.1.10 Tiempo de retención / Velocidad de carga volumétrica

El tiempo de residencia necesario para la digestión de la materia prima alimentada depende de la temperatura a la que trabaje el digestor y del tipo de éste. A mayores temperaturas corresponden menores tiempos de residencia.

El siguiente cuadro muestra la relación entre el tiempo de retención en días y la temperatura :

Tiempo de retención según temperatura		
Región característica	**Temperatura (°C)**	**Tiempo de retención (días)**
Trópico	30	15
Valle	20	25
Altiplano	10	60

Tabla 3 - Relación Tiempo de retención /Temperatura (Ref : Alfonzo, E.)

Existen diferentes formas de expresar este parámetro siendo los más usuales los siguientes :

- kg de material/día
- kg de materia seca/día
- kg de sólidos volátiles/día

Un factor importante a tener en cuenta en este parámetro es la dilución utilizada, debido a que una misma cantidad de material degradable podrá ser cargado con diferentes volúmenes de agua. Esto tiene consecuencias sobre las dimensiones del biodigestor y por eso el tipo de estiércol elegido es muy importante para dimensionar la instalación. (Ref. : LILIA, A 2004)

IV. Elegir una solución

Desde el principio, el objetivo de esta tesis es de buscar una instalación simple que se pueda desarrollar más fácilmente por los pequeños productores argentinos.

Así, se puede hacer una relación con un estudio que está haciendo actualmente el INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Duración : 01 de Enero de 2010 hasta 01 de Enero de 2013)

> *La experiencia se circunscribe en el marco del proyecto "Eficiencia Energética y Energías Renovables para la Agricultura familiar y el desarrollo Rural" del INTA, en donde uno de los objetivos perseguidos es el del diseño y desarrollo de un biodigestor de escala pequeña para poder ser empleado en viviendas rurales. También en términos generales se busca promover la utilización de las energías renovables.*

Entonces el sujeto de la tesis es interesante porque se trata de problemas actuales, que la gente debe enfrentar. Además ya hay un estudio en curso sobre este tema para buscar la mejor solución.

En primer lugar veremos en esta parte cuales son los modelos de digestores más difundidos en el mundo. Después las especificaciones que debe tener nuestra instalación para responder a las necesidades de los pequeños productores.

A. Instalaciones más difundidas

Básicamente existen varios diseños de biodigestores, el diseño Hindú denominado domo flotante, el diseño Chino denominado domo fijo pudiendo ser ambos de carga continua y discontinua (Ref : Huamán, 2001).

El de carga discontinua trata de que una vez cargado se cierra hasta que termine el ciclo de producción de biogás, momento el cual es destapado y limpiado para ser vuelto a cargar nuevamente e iniciar el proceso descrito anteriormente

El de carga continua es aquel que posee dispositivos de alimentación y dispositivos de retirada. Por medio del dispositivo de alimentación se carga el biodigestor continuamente todos los días durante el tiempo de retención y se retira el material ya digerido por el dispositivo de descarga (Ref : Huamán, 2001).

Más del 80 % de las plantas de biogás difundidas en el mundo pertenecen a estos dos tipos de diseño.

1.1.11 Modelo Chino

Son aquellos armados en una sola estructura que por regla general es hecha en materiales rígidos (concreto, bloques o ladrillos). Debido a la alta presión que pueden alcanzar en su interior y a la constante variación de la misma, se recomienda su construcción en forma de domo, bajo tierra en suelos estables y firmes, y la impermeabilización de la parte interna de la estructura a fin de evitar el escape de líquido y gases. Estos factores hacen obligatorio el uso de mano de obra altamente calificada para su diseño y construcción (Ref : López).



Imagen 1 - Modelo Chino

El modelo de cúpula fija tiene como principal característica que trabaja con presión variable; sus principales desventajas, son que la presión de gas no es constante y que la cúpula debe ser completamente hermética, ello implica cierta complejidad en la construcción y costos adicionales en impermeabilizantes. Sin embargo, este modelo presenta la ventaja de que los materiales de construcción son fáciles de adquirir a nivel local, así como la inexistencia de partes metálicas que pueden oxidarse y una larga vida útil si se le da mantenimiento, además de ser una construcción subterránea (Ref : López).

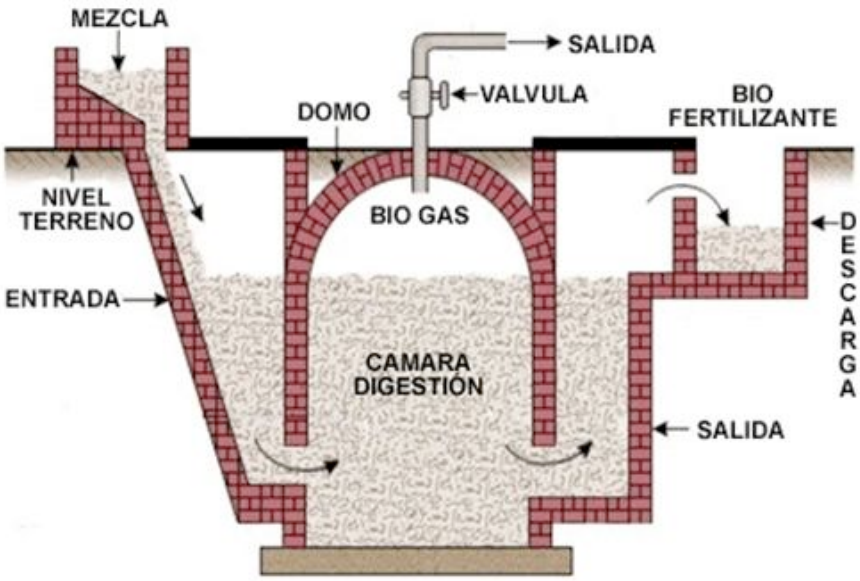


Figura 4 - Modelo Chino

Ventajas :

- Coste de construcción relativamente bajo por su larga vida útil
- Ausencia de partes móviles o de acero
- Si está bien construido es la gran durabilidad de la obra, por lo que su coste se amortiza en un largo período de tiempo
- La construcción subterránea ahorra espacio, es compacta y aislada de agresiones externas o cambios de temperatura
- La construcción crea empleo local en la zona (Ref : Jarauta, 2005).

Desventajas (Ref : Jarauta, 2005) :

- Los principales problemas suceden por la pérdida de estanqueidad de la cúpula (una pequeña rotura puede provocar importantes perdidas).
- Además se recomienda la construcción de estas plantas sólo en zonas donde la obra pueda ser supervisada por personal capacitado. En efecto el uso obligado de productos estancos al gas conllevará la necesidad de personal capacitado para la aplicación de pinturas estancas al gas
- La presión del gas fluctúa ampliamente en función de la cantidad de gas almacenado, complicando su aprovechamiento
- No se conocen la producción o la cantidad de gas almacenado de forma visible
- No es fácil de entender la operatividad de la planta
- La construcción en suelos rocosos conllevará un aumento del coste económico.

1.1.12 Modelo Hindú

El biodigestor hindú fue desarrollado en la India después de la segunda guerra mundial en los años 50, surgió por necesidad ya que los campesinos necesitaban combustible para los tractores y calefacción para sus hogares en época de invierno, luego cuando terminó la guerra se volvió a conseguir combustibles fósiles por lo que dejaron los biodigestores y volvieron a los hidrocarburos. Como India es pobre en combustibles se organizó el proyecto KVICK (KaddiVillageIndustriCommision) de donde salió el digestor Hindú y el nombre del combustible obtenido conocido como biogas.



Imagen 2 - Modelo Hindú

Este digestor trabaja a presión constante y es muy fácil su operación ya que fue ideado para ser manejado por campesinos de muy poca preparación, generalmente son verticales con el gasómetro incorporado por lo que se llama digestor de Cúpula Móvil), la estructura se construye de bloque y concreto, y el gasómetro es de acero, lo que lo hace costoso (Ref : Guevara, 1996).

El gasómetro posee una camisa que se desliza en un eje y lo mantiene centrado para que no roce con las paredes, este eje descansa en una viga transversal de concreto armado enjaulado (Ref : Guevara, 1996).

Estos biodigestores son de alimentación continua, se construyen generalmente enterrados quedando la cúpula sin gas en un nivel cercano a la superficie del terreno (Ref : Guevara, 1996).

Para permitir la entrada de la materia orgánica y la salida del biofertilizante se emplean dos tubos (de plástico, fibrocemento, cerámica u otros) que conectan el tanque de

almacenamiento con el de carga y descarga; también cuenta con tuberías, válvulas de corte y seguridad que garantizan el buen funcionamiento del biodigestor (Ref : Lilia, 2004).

La siguiente figura muestra claramente el biodigestor y sus partes :

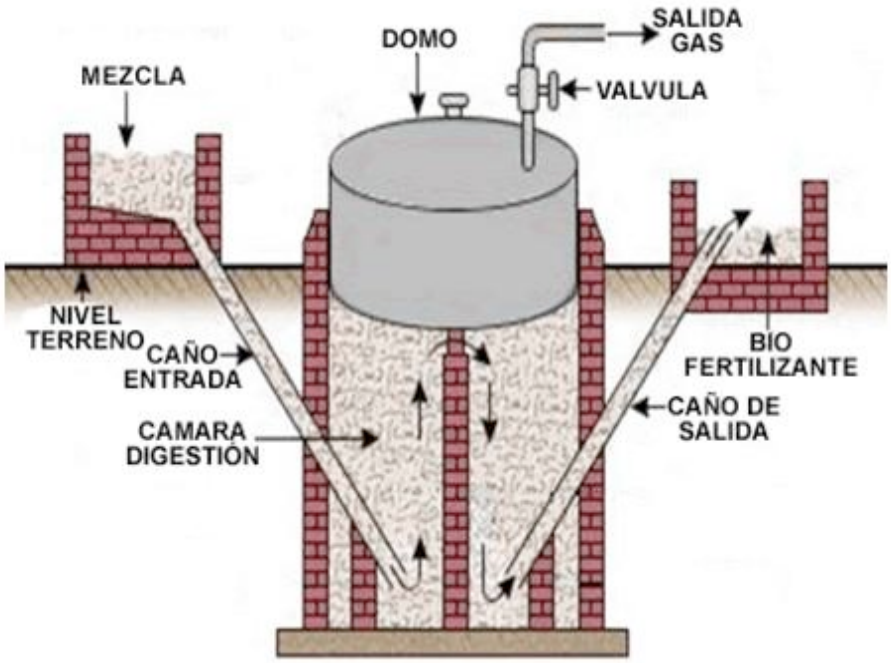


Figura 5 - Modelo Hindú

Ventajas (Ref : Jarauta, 2005) :

- Fácil de entender operatividad por la cúpula flotante.
- Volumen de gas almacenado muy visible, equivalente al desplazamiento del cúpula.
- Presión de gas constante, determinada por el peso de la cúpula;
- Construcción relativamente sencilla, siendo los defectos que se producen en esta fase poco consecuentes con la operatividad de la planta.
- No se precisa de estanqueidad del reactor al gas, si el mantenimiento de la cúpula es regular.

Desventajas (Ref : Jarauta, 2005) :

- Tenemos el elevado coste de la cúpula de acero, y la susceptibilidad a la corrosión, que conlleva un mantenimiento intensivo.
- Mantenimiento de las partes móviles, con una regularidad mínima anual

- La cúpula debe protegerse regularmente con pintura y aún así, su vida útil es sensiblemente más corta, unos 15 años como máximo y sólo unos 5 años en zonas tropicales costeras con condiciones muy agresivas.
- Si se tratan elementos orgánicos fibrosos y la cúpula se desplaza sobre el propio lodo del reactor, esta presenta una gran tendencia a encallarse.

1.1.13 Modelo Industrial

Las instalaciones industriales de biogás emplean tanques de hormigón armado o acero inoxidable. Algunas almacenan el gas en el mismo tanque de fermentación y otras en tanques adicionales. Generalmente hacen uso de tres tanques, uno que sirve de acopio, uno para el proceso de la digestión, y otro para el almacenamiento del material digerido, del cual también se capta el biogás que se sigue generando en menor cantidad.

Estas plantas suelen ser automatizadas, de modo que utilizan sistemas de bombeo para el desplazamiento del sustrato a digerir a cada tanque, sistemas de agitación y calefacción, y sistemas de instrumentación y control para los diversos parámetros de proceso.

Estas plantas requieren de grandes inversiones y presentan mantenciones intensivas, por lo que son económicamente factibles a gran escala. La factibilidad económica esta dada principalmente por el ingreso que constituye la venta o el aprovechamiento de la energía térmica y eléctrica, y en menor grado, del mejorador de suelo que constituye al sustrato digerido (Ref : López).

Ejemplo en Argentina

Por ejemplo, la fotografia siguiente muestra una empresa en la localidad de Colón, ubicada en el este de Argentina, produciendo biogás a partir de un biodigestor diseñado e instalado por el Grupo Biogás del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).



Figura 6 - Explotación biogás en Colon

Su capacidad de producción es de hasta 16 metros cúbicos (m3) de biogás diarios. En total, la obra demandará una inversión de 30 millones de dólares y tendrá una potencia instalada de 11,8 megawatts (MW). La producción diaria de electricidad será equivalente al consumo promedio de 15 mil habitantes.

B. Parámetros del biodigestor por los pequeños productores

Según el estudio de Huaman en 2001, el tipo de biodigestor que conviene elegir por la utilización de pequeños productores depende básicamente de los parámetros siguientes.

1.1.14 Material orgánico disponible

Potencialmente se pueden incluir excretas animales, desperdicios agrícolas, la fracción orgánica de los residuos sólidos, o cualquier material que pueda ser digerido para la producción de biogás.

1.1.15 Demanda de biogás

La medida de la unidad generadora de biogás depende de la necesidad de combustible que se necesite. El requerimiento de producción total puede ser determinado especificando las aplicaciones para la cual el biogás será utilizado y sumando las cantidades de biogás para cada caso.
Tiempo necesario

Es interesante comparar para una producción dada de gas, el efecto que causa la temperatura en el tiempo de residencia del fermentador, sirviendo esto de base para elegir entre un digestor calentado por algún medio externo o el digestor sin calentamiento, es decir a temperatura ambiente. (Lopez,A)

Especie	Temperatura optima	Tiempo residencia	Gas obtenido
	°C	Días	%
Bovino	20	53	>99
Bovino	35	27	>99
Cerdo	20	40	>99
Cerdo	35	21	>99

Tabla 4 - Comparación de la producción de gas / Temperatura (Lopez,A)

Por consecuencia, para realizar la digestión anaeróbica, el tiempo de retención será más corto si el biodigestor es calentado, pero en el caso de biodigestores pequeños no será prudente incorporar calentamiento debido al mantenimiento requerido y demasiado caro.

También la mayor cantidad de gas se obtiene en los primeros 20 días de digestión como termino medio. Esto será útil para ver el rendimiento de la instalación en función del tiempo residencia.

Días	Producción gas (%)	
	Bovino	Porcino
0	0	0
10	55	63,1
20	25,5	25
30	10,5	7,3
40	9	4,6

Tabla 5 - Evolución de la producción de Gas

Sin embargo el país es muy grande y el clima y la temperatura puede ser muy diferente en función del lugar. Así prever diferentes tipos de biodigestor con diferentes temperaturas de funcionamiento parece una solución para optimizar la digestión anaeróbica en cada caso, sin embargo a continuación se analizaran solamente un caso a la temperatura de 20°C .

1.1.16 Volumen del biodigestor

El volumen mínimo del biodigestor puede ser determinado multiplicando el tiempo de retención por el volumen de la mezcla a ser añadida cada día para producir

diariamente el volumen de gas deseado.En el presente proyecto se requiere un biodigestor que cumpla las necesidades de los productores y tenga un nivel económico accesible para poder hacer la construcción del biodigestor, mientras mayores son las dimensiones del biodigestor, más costoso son los materiales para la construcción.

1.1.17 Dimensiones del gasómetro

El volumen del gasómetro depende de la producción diaria y uso que se dará al biogás, y aprovechando la compresibilidad de los gases, este puede ser tan bajo alrededor del 5% del volumen del gas producido diariamente.

También hay otros parámetros y especificaciones que parecen importante por el desarrollo de esta instalación.

1.1.18 Materiales estándar

El desarrollo de esta instalación permite que la construcción pueda ser realizada con materiales estándar. Así, el precio es más barato y independiente de las normas de importación. Además si se pueden buscar fácilmente los materiales, la construcción es más rápida y las posibilidades de modificación y adaptación más simples.

1.1.19 Construcción simple

También la construcción debe ser simple. Sin motores para mezclar y sin otras fuentes de energía. En efecto los motores son caros y necesitan un mantenimiento importante. Esto puede ser un freno del desarrollo de las instalaciones ya que los productores pueden tener miedo de ver una instalación "complicada". También otra fuente de energía es sinónimo de "gastos" lo que normalmente a los pequeños productores no les atrae.

C. Solución elegida

Existen diferentes posibilidades de instalación biogás para pequeñas instalaciones en el mundo. Hay en los anexos diferentes tipos de instalaciones que ya existen en el mundo además que los que ya vimos, en particular una solución vietnamita. Todos tienen ventajas y desventajas pero en el caso de pequeñas instalaciones la mayoría son demasiado empíricas y por eso no se puede elegir. En efecto existen muchas instalaciones pero falta metodología para dimensionar correctamente la instalación a la necesidad del explotador. El tipo chino parece bueno porque es barato pero la necesidad de personal capacitado no es compatible con productores alejados de centros urbanos.

En consecuencia la solución elegida al fin viene del estudio de Alfonzo, Ernesto que escribió "Propuesta Técnica de un biodigestor anaerobio de uso en el medio rural, Municipio Piar". En efecto esta solución tipo Hindú parece ser la mejor en el caso del

medio rural.

En el presente capitulo está explicado en detalle el funcionamiento.

1.1.20 Descripción

En efecto según el estudio de Alfonso Ernesto, el diseño a utilizar en este caso es del tipo hindú el cual consiste en un digestor subterráneo y una parte móvil superior que sirve de almacén de gas. La cúpula de gas flota directamente sobre el sustrato en digestión o en una película acuosa. El gas se almacena en la cúpula, desplazándose esta hacia arriba cuando se acumula y hacia abajo cuando el biogás se consume, así que el nivel de la cúpula dependerá del gas almacenado.

El sustrato a digerir se mezcla con agua en la cámara de carga del cual fluye la mezcla directamente al digestor, en el cual se genera biogás a través de la fermentación causada por las bacterias presentes en el sustrato. El biogás es colectado y almacenado hasta ser utilizado en la cúpula del digestor, siendo transportado a su lugar de consumo mediante cañerías. El efluente va directo a la cámara de descarga la cual se puede usar en líquido para el riego de la cosecha o dejarlo secar para utilizarlo como abono para la tierra. (Ref : Alfonso Ernesto)

Los detalles de la construcción del biodigestor están desarrollados en la parte VI, “Analizar la manera de fabricación de las instalaciones en Argentina”.

1.1.21 Ventajas

Una planta de biogás suministra energía y abono, mejora las condiciones higiénicas y no daña el medio ambiente, es una fuente de energía moderna que en el caso de las viviendas rurales, puede ser montada en el lugar donde se consumirá la energía, evitando los extensos y caros tendidos eléctricos rurales, es renovable y con un mínimo mantenimiento. No se necesita un alto grado de capacitación para operarla.

A continuación se hace un análisis de las ventajas de poner una instalación biogás para los pequeños productores:

Ventajas económicas:

- Proporcionan combustible (biogas) para suplir las necesidades energéticas rurales, incrementando la producción de energía renovable (calor, luz, electricidad).

Ejemplos :

  - Cada 1000 kg de peso vivo de cerdo produce 4.8 kg de sólidos volátiles por día que pueden ser digeridos para producir 2 m3 de biogás que tienen el calor equivalente a 2 litros de propano, los cuales se pueden quemar en un generador para producir 3.5 kilowatts/día.

  - El consumo de una cocina doméstica normal se puede estimar en 130-170 litros por hora (Marti, 2008).

- Se produce abono orgánico (bio-abono) con un contenido mineral similar al de las excretas frescas, pero de mejor calidad nutricional para las plantas y para la producción de fitoplancton.

Por consecuencia, desde un punto de vista económico las instalaciones producen beneficios micro-económicos a través de la sustitución de energía no renovable y fertilizantes sintéticos por energía renovable y fertilizantes orgánicos. Son dos productos que son útiles y necesarios, por lo que es una fuente de ingresos, o más bien, "sin costo" para los propietarios. Estos son autónomos frente del costo siempre mayor de los combustibles fósiles, y ya no tienen que comprar fertilizantes.

Ventajas higiénicas :

Las ventajas higiénicas son también muy importante :

- Desde un punto de vista higiénico ya que este proceso elimina los olores causada por la actividad. Además mejora las condiciones higiénicas de la casa rural a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas, los que mueren durante el proceso de biodigestión.

- Reducen la contaminación ambiental al convertir en residuos útiles las excretas de origen animal, aumentando la protección del suelo, de las fuentes de agua, de la pureza del aire y del bosque. Dichas excretas contienen microorganismos patógenos, larvas, huevos, pupas de invertebrados que de otro modo podrían convertirse en plagas y enfermedades para las plantas cultivadas.

- Se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades (Mc Garry y Stainforth, 1978), ya que al reciclar en conjunto las excretas animales y humanas en biodigestores que operan en rangos de temperatura interna entre 30 °C y 35 °C es posible destruir hasta el 95% de los huevos de parásitos y casi todas las bacterias y protozoarios causantes de enfermedades gastrointestinales.

- La utilización de leña para cocina y calefacción conlleva problemas de salud, al convivir permanentemente en un ambiente con humo. La utilización de biogás en la vivienda, en cocinas, calefones o calefacción, no presenta este tipo de inconvenientes.

Ventajas ecológicas :

- Desde un punto de vista ecológico, mediante la utilización del efluente como bio-abono se reduce el uso de fertilizantes químicos, cuya producción y aplicación tiene consecuencias negativas para el medio ambiente global y local.

- Además contribuyen a reducir los niveles de deforestación por el menor uso de leña con fines energéticos.

Ejemplo : Un 1 m^3 de biogás utilizado para cocinar evita la deforestación de 0,335 ha de bosques con un promedio de 10 años de vida de los árboles (IICA, 2008)

Otras ventajas :

- La producción de energía en pequeña escala, utilizando fuentes renovables, le permite al pequeño productor agropecuario desarrollarse sin tener que trasladarse a centros urbanos.

1.1.22 Desventajas

- Necesita acumular los desechos orgánicos cerca del biodigestor. Entonces tienes que buscar un lugar por la construcción del biodigestor bastante grande y también a una distancia recomendaba de 10 metros de las casas.

- Convencer a la gente que es eficiente, rentable y ecológico. En efecto los sistemas de biogás pueden proveer beneficios a sus usuarios, a la sociedad y al medio ambiente en general. Por lo tanto, la tecnología del biogás puede contribuir sustancialmente a la conservación y el desarrollo. Sin embargo, el monto de dinero requerido para la instalación de las plantas puede ser en muchos casos prohibitivo para la población rural.

V. Análisis del mercado en Argentina

A continuación se analizará el potencial del mercado en Argentina y la cantidad de pequeños productores que pueden tener interés en una instalación biogás. También buscar lo que esta tecnología puede llevar en región en particular de Argentina.

Por eso un análisis de los datos de Argentina mostraran donde las ventajas que esta tecnología puede llevar.

A. Repartición de la población

En primer lugar, la población de la República Argentina de acuerdo al censo del 27 de octubre de 2010 que realizó el INDEC asciende a 40.117.096 habitantes, con una densidad media de 14,4 hab/km^2.

Argentina es un país increíblemente grande con poca gente, la repartición de la población en Argentina es muy desigual como se puede constatar por la carta siguiente.

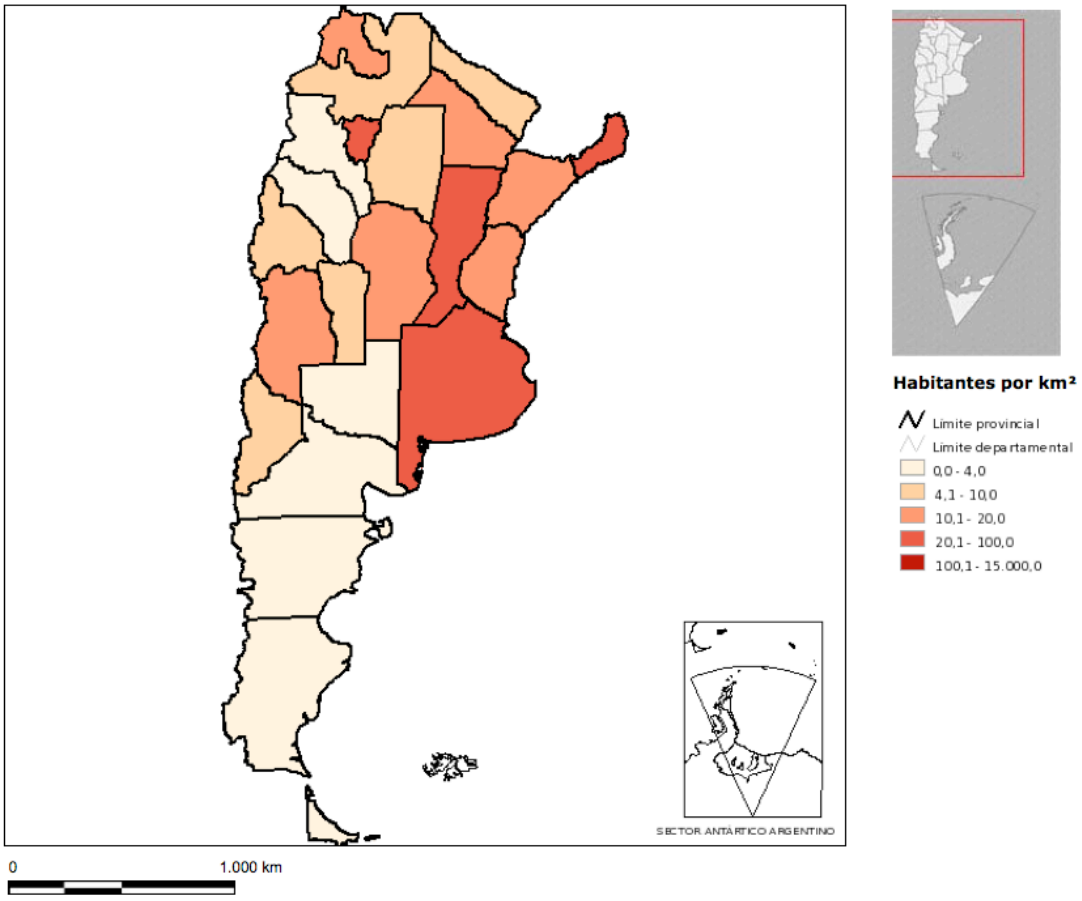


Figura 7 - Densidad de población. Ano 2010 (Fuente INDEC)

Al fin hay regiones con muchos habitantes por km^2 y otros lugares sin nadie. Esto es muy interesante por nuestro trabajo porque gracias a nuestra tecnología podemos

llevar energía en lugares difícil de acceso donde seria muy caro de desarrollar infraestructuras para poner electricidad o gas.

Solo necesito materia prima, pero normalmente la gente que esta viviendo lejos de todo tienen una actividad con animales y obviamente hay un potencial de biogás.

La repartición desigual de la población es una ventaja para el desarrollo de la actividad de biogás.

B. Repartición del gas de red

En segundo lugar, la repartición del gas de red es igualmente muy desigual. Así la carta siguiente muestra que solo en el Sur hay mas de 90% de la gente que tiene gas de red.

En efecto, en el resto del país la situación es mas complicada. La mitad del país posee menos de 60% de los hogares con gas de red.

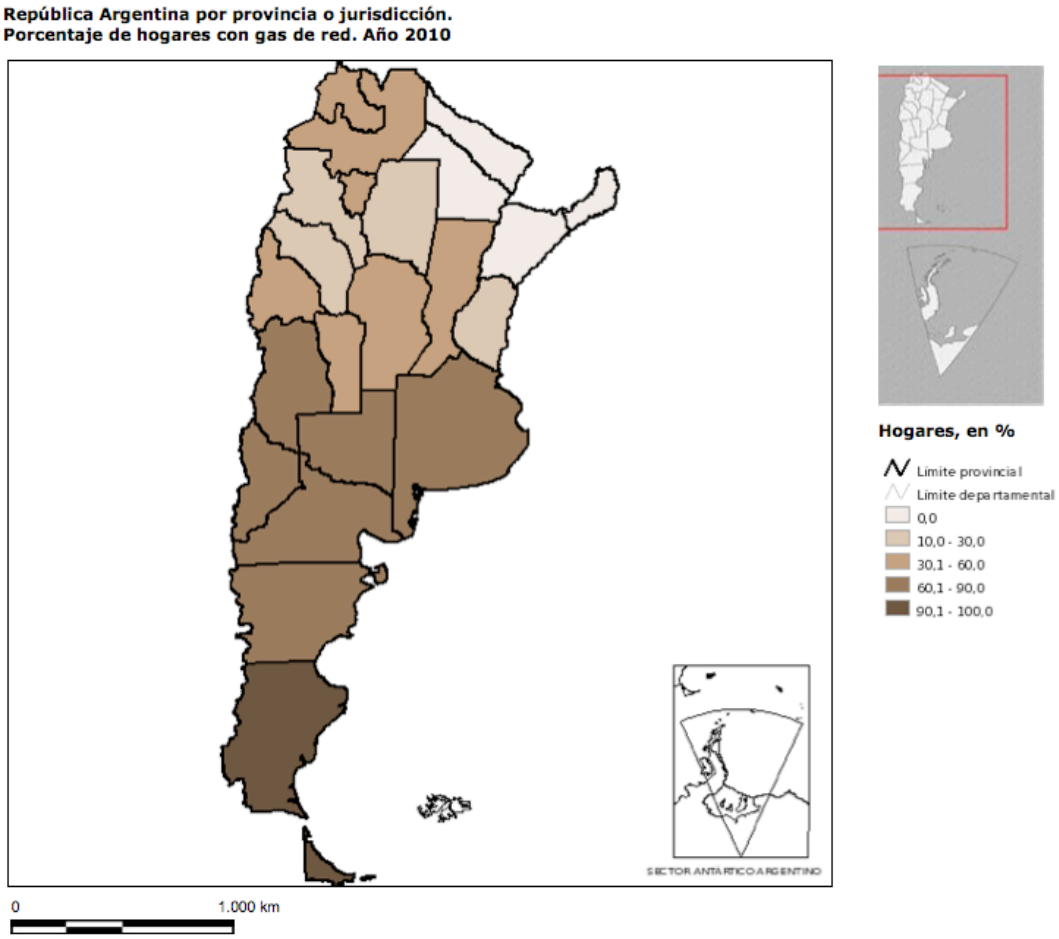


Figura 8 - Porcentaje de hogares con gas de red (Fuente INDEC)

Jurisdicción	Hogares con gas de red %	Hogares con gas de red	Hogares sin gas de red	Total de hogares
Santa Cruz	**94,6**	77.386	4.410	81.796
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	**92,2**	1.060.248	89.886	1.150.134
Tierra de Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur	**90,6**	35.280	3.676	38.956
Chubut	**87,9**	138.097	19.069	157.166
La Pampa	**85,3**	91.838	15.836	107.674
Neuquén	**84,8**	144.184	25.873	170.057
Río Negro	**81,0**	161.359	37.830	199.189
Mendoza	**66,6**	329.565	165.276	494.841
Buenos Aires	**64,9**	3.110.444	1.679.040	4.789.484
San Luis	**53,1**	67.437	59.485	126.922
Córdoba	**50,7**	523.012	508.831	1.031.843
San Juan	**50,6**	89.633	87.522	177.155
Santa Fe	**48,2**	493.602	530.175	1.023.777
Salta	**41,8**	125.294	174.500	299.794
Tucumán	**40,0**	147.292	221.246	368.538
Jujuy	**38,1**	66.465	108.165	174.630
Entre Ríos	**25,8**	96.638	278.483	375.121
Santiago del Estero	**21,2**	46.165	171.860	218.025
Catamarca	**18,7**	17.942	78.059	96.001
La Rioja	**13,7**	12.446	78.651	91.097
Chaco	-	-	288.422	288.422
Misiones	-	-	302.953	302.953
Corrientes	-	-	267.797	267.797
Formosa	-	-	140.303	140.303

Tabla 6 - Porcentaje de hogares con gas de red (Fuente INDEC)

Esto también es una situación que las instalaciones biogás pueden mejorar, especialmente en el norte del país.

C. Reparticion de los hogares con desague del indoro a red publica(Cloaca)

En tercer lugar la repartición de los lugares con cloacas es variable pero ofrece oportunidades en el norte del país. En efecto, mientras que las instalaciones de biogás estaban previstas para pequeñas explotaciones agropecuarias, podemos imaginar de adjuntar los conductos de residuos de las habitaciones también.

Eso podría ser una mejora de la condición higiénica de la población en general.

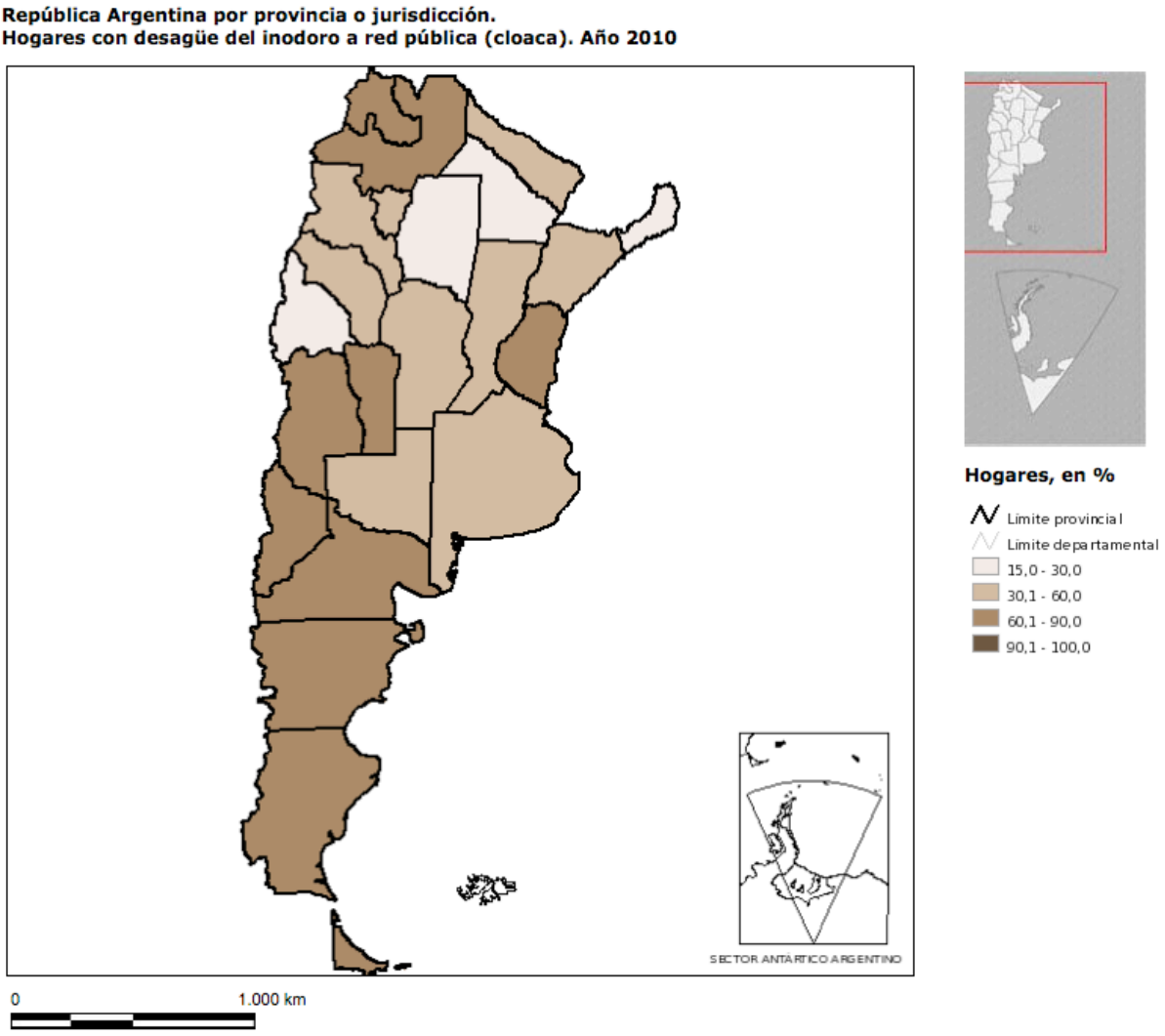


Figura 9 - Hogares con desagüe del inodoro a red publica (cloaca) - Fuente INDEC

La figura 9 muestra que todavía en 2010 el desarrollo de las cloacas estaba muy desigual. Además desde 2010 no ha habido muchos cambios para mejorar la situación. Entonces especialmente el norte del país presenta un potencial para instalaciones de biogás.

Además mientras que no es la prioridad de hacer biogás con estiércol humano, es interesante de ver que también hay un potencial.

D. Repartición de las explotaciones agropecuarias

Para hacer este análisis, obviamente los datos sobre la cantidad de explotaciones agropecuarias (EAP) en Argentina son necesarios. En efecto las instalaciones utilizan materia prima y por eso la ubicación de las explotaciones son una parte fundamental para estimar el potential real del mercado en Argentina.

Los datos disponibles corresponden a 1998 y 2002

Explotaciones agropecuarias (EAP) por tipo de delimitación, según provincia. Total del país. Años 1988 y 2002

Provincia	Explotaciones agropecuarias					
	Censo Nacional Agropecuario 1988			**Censo Nacional Agropecuario 2002**		
	Total	Con límites definidos	Sin límites definidos	Total	Con límites definidos	Sin límites definidos
Total del país	**421 221**	**378 357**	**42 864**	**333 533**	**297 425**	**36 108**
Buenos Aires	75 531	75 479	52	51 116	51 107	9
Catamarca	9 538	6 988	2 550	9 138	6 694	2 444
Chaco	21 284	17 595	3 689	16 898	15 694	1 204
Chubut	4 241	3 484	757	3 730	3 574	156
Córdoba	40 817	40 061	756	26 226	25 620	606
Corrientes	23 218	22 070	1 148	15 244	14 673	571
Entre Ríos	27 197	27 134	63	21 577	21 577	-
Formosa	12 181	9 582	2 599	9 962	8 994	968
Jujuy	8 526	4 286	4 240	8 983	4 061	4 922
La Pampa	8 718	8 632	86	7 775	7 774	1
La Rioja	7 197	5 374	1 823	8 116	5 852	2 264
Mendoza	35 221	33 249	1 972	30 656	28 329	2 327
Misiones	28 566	27 517	1 049	27 955	27 072	883
Neuquén	6 641	2 530	4 111	5 568	2 198	3 370
Río Negro	9 235	7 709	1 526	7 507	7 035	472
Salta	9 229	4 798	4 431	10 297	5 575	4 722
San Juan	11 001	10 300	701	8 509	7 927	582
San Luis	6 962	5 974	988	4 297	4 216	81
Santa Cruz	1 114	1 102	12	947	944	3
Santa Fe	37 029	36 884	145	28 103	28 034	69
Santiago del Estero	21 122	11 532	9 590	20 949	10 830	10 119
Tierra del Fuego	82	79	3	90	90	-
Tucumán	16 571	15 998	573	9 890	9 555	335

Tabla 7 - Explotaciones agropecuarias, EAP. (Fuente: INDEC, Censo Nacional Agropecuario 1988 y 2002)

Sin embargo esto no es suficiente en nuestro caso, porque faltan datos sobre la cantidad de pequeños productores (PP). En efecto solamente los pequeños productores van a utilizar una instalación de biogás.

E. Repartición de los pequeños productores

No existen muchos datos recientes sobre los pequeños productores argentinos, no obstante había buen estudios antes.

Los pequeños productores eran 218 800 o 66% del total de los explotaciones agropecuarias en 2002 pero representaban solamente 23 520 000 hectáreas ó 13% del total. Esto muestra que ellos tienen solamente un poco de la tierra aunque son muchos, entonces la situación económica de ellos es complicada y no ha mejorado.

La posibilidad de ganar mas autonomía (Gas, fertilizante…) con sus explotaciones puede ser una motivación suplementaria.

Por regiones, un 27% de los pequeños productores se encuentra en la zona Pampeana, pero el 50% se concentra en la Mesopotamia, Monte Árido, Chaco Húmedo y Valles del NOA. (Ref: Madel Pilar Foti, Edith S. de Obschatko, Marcela E. Román)

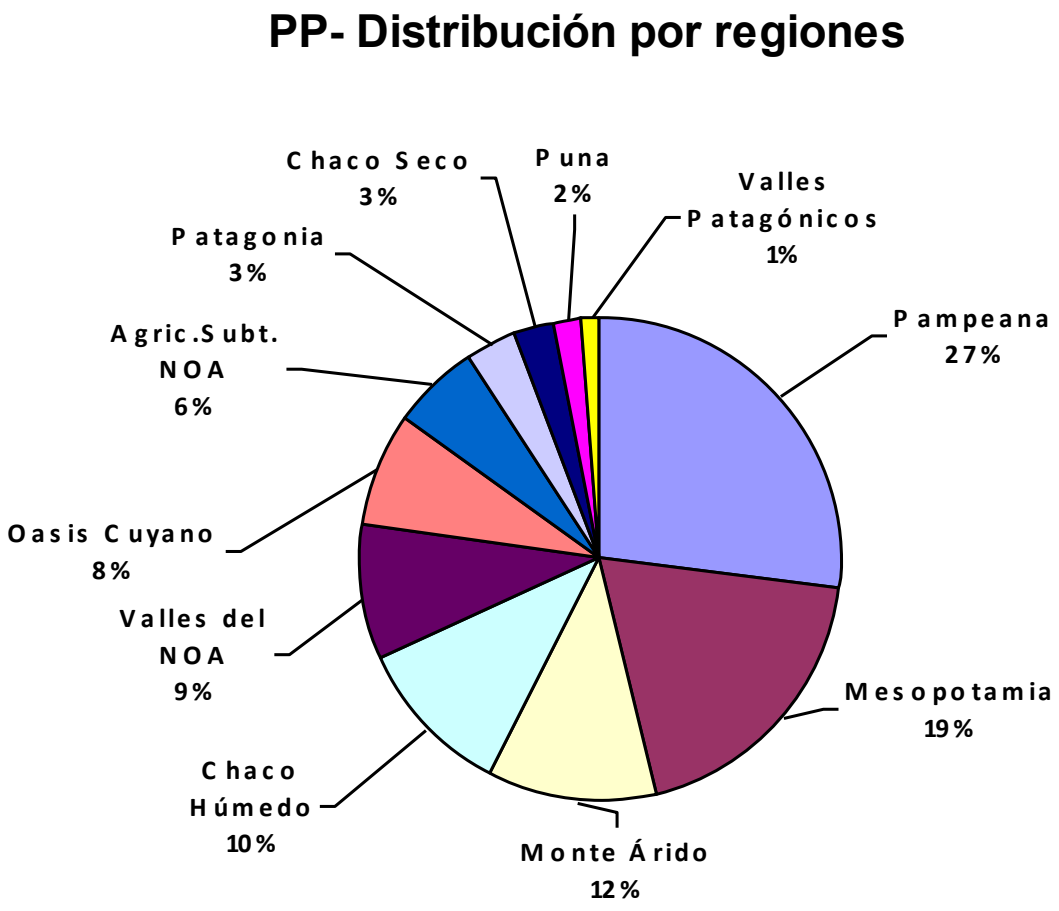


Figura 10 - Distribución por regiones de los pequeños productores (Ref : Madel Pilar Foti, Edith S. de Obschatko, Marcela E. Román)

Observemos que tenemos 68% o 148 784 del total de los pequeños productores que están en la Región Pampeana, Mesopotamia, Monte Árido o el Chaco Húmedo.

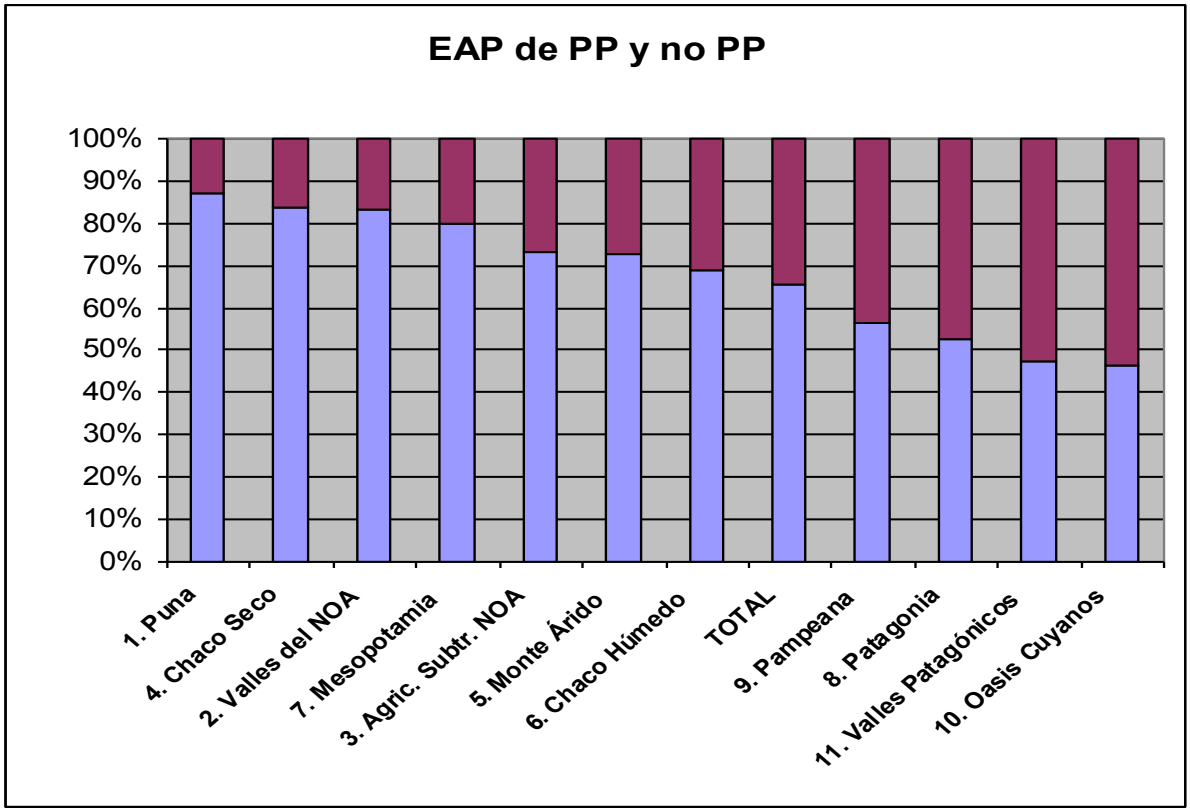


Tabla 8 - Repartición de los pequeños productores (Fuente: IICA con datos de INDEC)

Además este grafica muestra la proporción de los pequeños productores en cada región. Observamos que los pequeños productores son predominantes en el Norte del país y Mesopotamia.

Sin embargo para nosotros la cantidad es mas importante que solo las proporciones. En efecto Puna por ejemplo tiene 88% de pequeños productores pero equivale solo a 2% del total. Por el desarrollo de las instalaciones biogás seria más interesante para empezar región con las cantidades más importantes.

F. Explotación de los datos

Los datos precedentes muestran diferentes aspectos de Argentina. La combinación de los datos permite de ver cual son los lugares con el potencial de desarrollo de biogás más importante.

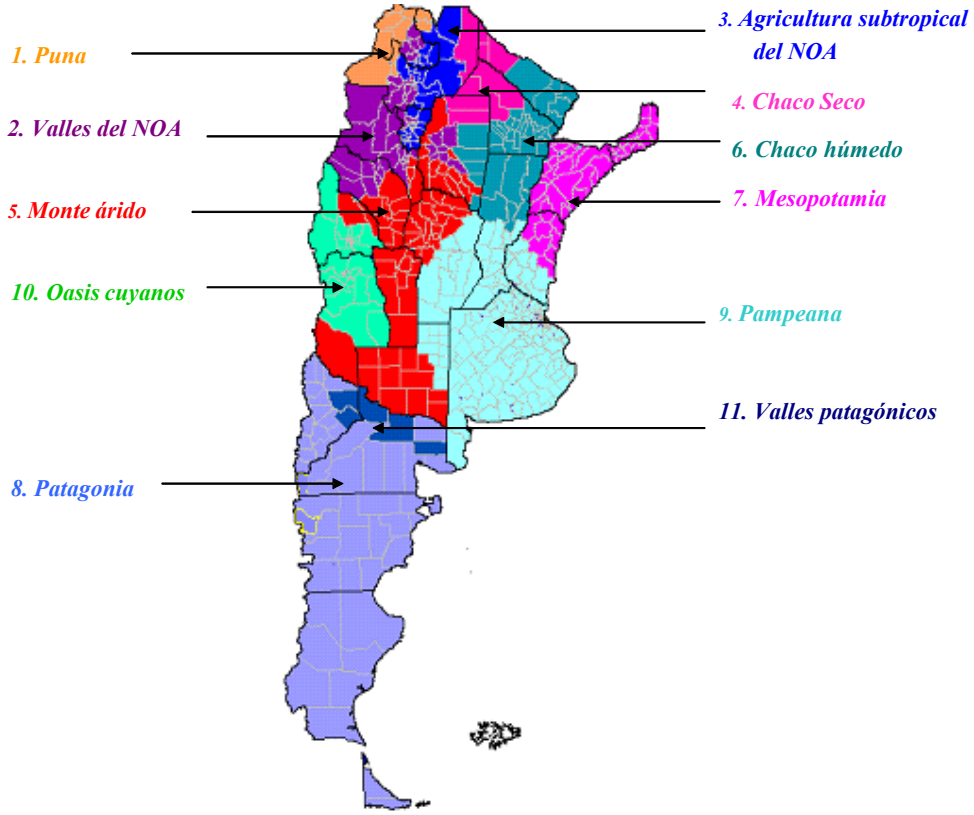


Figura 11 Regiones agroeconómicas en el estudio de pequeños productores (Ref : Madel Pilar Foti, Edith S. de Obschatko, Marcela E. Román)

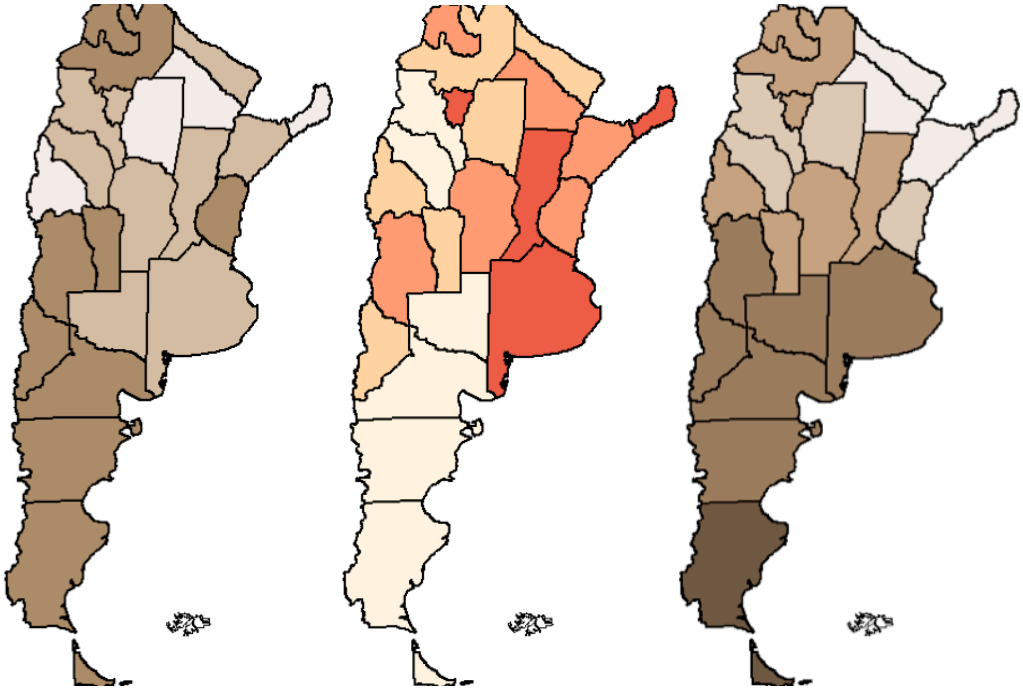


Figura 12 – Repartición : Cloaca / Población / Gas de red

A través de la combinación de los datos, se puede concluir que el desarrollo de las instalaciones biogás debe ser en prioridad en las regiones Mesopotamia, Monte Árido, el Chaco y Pampeana que representen la 148 784 de los pequeños productores.

En efecto en estos lugares la cantidad de pequeños productores son las mas importantes y al mismo tiempo falta infraestructura publica como gas de red o cloaca. Además en región como Monte Árido, el Chaco o Pampeana, la densidad de población es muy baja así que el desarrollo de más infraestructuras públicas es muy caro relativamente a la cantidad de población.

Finalmente hay seguramente un potencial para poner instalaciones biogás en Argentina. Una empresa privada o los servicios públicos deberían desarrollar al principio estos regiones que tienen el potencial lo mas importante.

	Región	Cantidad de Pequeños Productores
1	Pampeña	59076
2	Mesopotamia	41572
3	Monte Árido	26256
4	Chaco Húmedo	21880
5	Valles del NOA	19692
6	Oasis Cuyano	17504

Tabla 9 – Región con un gran potencial biogás familiar

G. Dificultades que se puede encontrar

La dificultad mas importante que se puede encontrar es de convencer a la gente que es eficiente, rentable y ecológico.

En efecto al principio un inversión es obviamente necesario y si no se puede ver claramente las ventajas económicas con cifras, los pequeños productores que no tienen muchos recursos no quieren saber mas… Por eso vamos a ver en la parte siguiente un análisis de una instalación típica dimensionada para pequeños productores para así posteriormente conocer su costo y finalmente evaluar su viabilidad económica.

Según los resultados, tendremos mas cifras objetivas para convencer.

VI. Analizar la manera de fabricación de las instalaciones en Argentina

A. Introducción

El objetivo de esta de parte es dimensionar una instalación estándar para los pequeños productores, buscar una manera de fabricación y finalmente hacer una estimación del precio total en Argentina.

Elegir algunos parámetros como el tipo de estiércol o el número de cabezas es necesario para hacer este estudio.

- El tipo de estiércol elegido es de porcinos porque el potencial biogás del estiércol de porcino es más importante que el de bovinos. Además la instalación debería ser mas pequeña y barata.

- El número de cabezas elegido es de 10, lo que es suficiente para alimentar en energía una familia.

B. Estimación de las dimensiones de la instalación

- Número de cabezas de porcinos

Se utilizara como materia orgánica estiércol de cerdo, los valores que se tomaran para los otros cálculos son valores estándares tomados por otras fuentes (el % de solidos volátiles, solidos totales, producción de excretas diarias, la densidad del estiércol, la producción diaria de biogás por animal, entre otros)

Para el dimensionamiento de la instalación de los productores pequeños se considera un tamaño medio de la explotación: 10 cerdos.

➢ **Número de cabezas de porcinos: N= 10 unidades**

- Producción estiércol

De acuerdo al tabla , el cerdo por cada 50 kg produce diariamente residuos de estiércol de 3 kg/animal. Consideremos que cada cerdo pesa alrededor de 100 kg lo que resulta una producción media: 6 kg/día/animal, lo que alcanzaría para poder hacer la mezcla con las proporciones normales de carga.

Estiércol	Disponibilidad Kg/Día	Estimación máxima del volumen Biogás	
		M^3/Kg Húmedo	M^3/Día
Bovino (500 Kg)	10	0,04	0,4
Porcino (50 Kg)	3	0,06	0,135

Tabla 10 - Producción estimada de biogás por porcino (INAP& Universidad de Chile en 2008)

- **Producción estiércol: E= 6 kg/animal/día**

- Tiempo de retención

El tiempo de retención según la temperatura sigue la tabla siguiente (tabla 11). Cuanto mayor es la temperatura de operación menor es el tiempo de retención. Así para la región tropical con una temperatura promedio de 35°, 21 días son suficiente para obtener 99% del Gas disponible.

Especie	Temperatura optima	Tiempo residencia	Gas obtenido
	°C	Días	%
Bovino	20	53	> 99
Bovino	35	27	> 99
Cerdo	**20**	**48**	**> 99**
Cerdo	35	21	> 99

Tabla 11 - Comparación de la producción de gas / Temperatura (Lopez,A)

Sin embargo por este ejemplo la temperatura elegida seria de 20 grados. En efecto es más adecuada para cualquier lugar de la argentina. Entonces 48 días de tiempo de residencia debería ser elegido sin embargo según la tabla 5, después de solo 30 días de retención ya se ha obtenido más de 95% del gas disponible. El rendimiento será obviamente menor pero la producción de biogás por mes será más importante.

Temperatura Promedia **20°C**		
Días	Producción gas (%)	
	Bovino	Porcino
0	0	0
10	55	63,1
20	25,5	25
30	10,5	7,3
40	9	4,6

Tabla 12 - Evolución de la producción de Gas (Lopez,A)

Teniendo en cuenta las condiciones de temperatura ambiente de Argentina y el rendimiento de la instalación, tendremos 30 días de tiempo de retención para hacer una primera estimación de la producción y de las dimensión de la instalación .

- **Tiempo de retención: t= 30 días**

- Producción diaria utilizable de estiércol

Producción diaria de estiércol : M1= 6 kg/animal/día x 10 animales = 60 kg/día.

El cual se utilizará una cantidad de 20 kg/día. Esta cantidad se estima por la relación de cantidad de estiércol-agua con respecto al tamaño del biodigestor, a mayor tamaño, mayor será la cantidad de materia orgánica-agua que será introducida en el biodigestor.

En efecto en nuestro caso el objetivo es de construir un biodigestor barato que puede funcionar todo el tiempo y ofrecer suficiente producción. Utilizar solo 20 kg/día permite de estar seguro que en todos los casos (muertos, enfermedades…) se puede poner esta cantidad. Además la instalación será más grande y obviamente mas caro. Sin embargo esto es solo un ejemplo y tiene que adaptar la instalación a lo que necesite el productor.

- **Producción diaria utilizable de estiércol: M2 = 20 kg/día**

- Agua para la dilución y carga entrada en el biodigestor

La carga del biodigestor debe contener entre un 2 y un 6 % de sólidos volátiles (Kiely, 1999); como el estiércol tiene un promedio de 15 a 20 % de materia seca (Prado), en la práctica hay que diluir los excrementos en una proporción de 1:4, ya que si tiene menor cantidad de agua puede formarse escorias en la superficie de la materia, dificultando la salida de las burbujas de biogás, si tiene mayor cantidad de agua el proceso de

fermentación es más lento y la producción de biogás se alarga, esto quiere decir que las bacterias bajan su nivel de actividad fermentativa.

- **Agua para la dilución: Ma= 20 kg/día x 4 agua= 80 kg agua/día**
- **Carga entrada en el biodigestor (agua + estiércol):**

Mi= M2 + Ma= 20 kg/día + 80 kg/día = 100 kg/día

- Volumen que necesitará el biodigestor y producción de biogás

Según el parágrafo anterior, el estiércol tiene un promedio de 15 a 20 % de materia seca , así la materia seca en el excremento es :

Ms= 20 kg/día x 0,20 % solidos= 4 kg sólidos/día

Por referencias bibliográficas consideramos 75 % de sólidos volátiles. (Ref. : Prado e Marti)
Entonces la carga de sólidos volátiles diarios es :

Msv= 4 kg sólidos/día x 0,75% sv= 3 kgsólidos volátiles/día

Además el porcentaje de sólidos volátiles en la entrada es (Ref. : ROJAS. R) :

4 kg sólidos/día / 100 kg entrada/día= 0,04= 4 %

La densidad del estiércol húmedo es de 940 kg/m^3, entonces el volumen diario del afluente será:

Vi= (80 kg/día / 1000 kg/m^3) + (20 kg/día / 940 kg/m^3)= 0,1012 m^3

- **Por lo tanto el volumen que necesitará el biodigestor es:**

Vs= 0,1012 m^3/día x 30 día = 3 m^3

Según referencias bibliográficas los valores típicos de la carga de sólidos volátiles por día y m3 son 2 – 3 Kg SV/d/m3 (Prado).

La producción de biogás está entre 0,5 y 1,5 m^3 gas por Kg de sólido volátil eliminado (Prado), siendo mayor cuanto más alta es la temperatura de digestión, teniendo en cuenta ese dato, estimamos una producción de 1,2 m^3 biogás/ kg SV eliminado.
Además como el tiempo de retención elegido es de 30 días, el rendimiento es solo de 95%.

- **Producción de biogás del biodigestor :**

S = (4 kg SV elim. / 30 días) x 1,2 m^3 biogás/kg SV elim x rendimiento %

S = 0,152 m³ biogás/día

- **Producción de biogás anual :**

B= 0,152 m³ biogás/d x 365 d/anual
B= 55,48 m³/anual

- **Observación y conclusión :**

La producción se puede aumentar fácilmente mediante la reducción del tiempo de retención.

Temperatura Promedia **20°C**		
Días	Producción gas (%)	
	Bovino	Porcino
0	0	0
10	55	63,1
20	25,5	25
30	10,5	7,3
40	9	4,6

Tabla 13 - Evolución de la producción de Gas (Lopez,A)

- En efecto según la tabla anterior (tabla 12) después de 20 días de retención, más de 88% del biogás se obtiene.

Con estos datos la producción diaria será de :

S= 0,21 m³ biogás/dia

Con estos datos la producción anual será de :

B=77 m³/anual

Además en este caso el volumen que necesitará el biodigestor será mas pequeño y obviamente contribuye a obtener un precio final de la instalación barato :

Vs= 0,1012 m³/día x 20 día = 2 m³

- También según la tabla anterior (tabla 12) después de 10 días de retención, más de 63,1% del biogás se obtiene.

Con estos datos la producción diaria será de :

S= 0,30 m^3 biogás/dia

Con estos datos la producción anual será de :

B=110 m^3/anual

Además en este caso el volumen que necesitará el biodigestor será mas pequeño y obviamente contribuye a obtener un precio final de la instalación barato :

Vs= 0,1012 m^3/día x 10 día = 1 m^3

- Tiempo de retención finalmente elegido :

La tabla siguiente resume la producción de gas por nuestra instalación según el tiempo de retención.

Estiércol : Porcinos **Número de cabezas : N= 10 unidades**				
Días (Retención)	Producción Gas (%)	Producción Gas (m^3/día)	Producción Gas (m^3/ano)	Volumen Biodigestor (m^3)
10	**63,1**	**0,3**	**110**	**1**
20	**88,1** (63,1+25)	**0,21**	**77**	**2**
30	**95,4** (88,1+7,3)	**0,15**	**55**	**3**

Tabla 14 - Resumen de los cálculos

Finalmente para obtener la cantidad de biogás la más conveniente, el tiempo de retención debe ser de 10 días. También esto permite necesitar un biodigestor con un volumen de 1m^3. Por consecuencia la fabricación del biodigestor es mas barato y es creo mas fácil de convencer los productores porque la cantidad de gas producido es mas importante.

Según este estudio y teniendo en cuenta todos los parámetros, el tiempo de retención elegido finalmente será de 10 días y por consecuencia el volumen del biodigestor será de mas o menos 1m^3.

Sin embargo, con estos parámetros las ventajas higiénicas y ecológicas pueden ser menos convenientes. Obviamente hay un compromiso que debe buscar dentro de las ventajas económicas, higiénicas y ecológicas que va depender de las decisiones del productor. Pero en un primer tiempo creo que será más fácil de convencer pequeños

productores con las ventajas económicas porque normalmente sus situación económicas son complicadas.

C. Materiales necesarios para la construcción

Según el estudio de Alfonso Ernesto, todos los siguientes materiales son necesarios para construir un biodigestor que corresponde a nuestra dimensión.

- 1 Tanque de polietileno decoglass de 900 litros con unas dimensiones en metros de 1,25 m de diámetro superior, 0,95m de diámetro inferior y 1,20 de altura.
- 1 Tanque de polietileno decoglass de 600 litros con unas dimensiones en metros de 1,20m de diámetro superior, 1,15m de diámetro inferior y 0,85m de altura.
- 90 Bloques de cemento de 10 de ancho x 40 largo x 20 altura
- 5 saco Cemento portland
- 1/4 galón Asfalto liquido
- 2 tubo PVC de 6" de 2m c/u
- 1 Acople macho PVC 1/2"
- 1 Acople hembra PVC 1/2"
- 2 Arandelas de metal de 10 cm y agujero de 1/2"
- 2 Arandelas de goma de 10 cm y agujero de 1/2"
- 1 rollo de Teflón
- 1 ¼ de galón de Pega para PVC
- 1 Codo PVC de 45° de 1/2"
- 2 Codos de PVC de 90° 1/2"
- 1 Tubo PVC de 1/2" 6m
- 1TeedePVC1/2"
- 1 Tee de galvanizada de 1/2"
- 1 Llave de paso de 1/2" de bola
- 5 Niples de PVC 1/2" de 10 cm de largo
- 1 Manómetro de presión baja de 1/2"
- 1 Esponja metálica
- 1 Envase plástico transparente con dimensiones de 30 cm de alto y 10 cm de diámetro

D. Fabricación

Un modo operatorio de fabricación simple de una instalación biogás adaptada por 10 cabezas de porcinos puede ser lo siguiente :

Es recomendable que la construcción del biodigestor tenga una distancia de 5m á 6 m de la casa ya que favorece una mejor conducción del gas y mantiene una presión constante para que el gas llegue sin dificultad. (Ref. : Alfonso Ernesto)

1.1.23 Cámara de carga

Es por donde se introduce la mezcla del estiércol y agua. Al momento de la construcción (figura 13). Primero se hacen las mediciones para las dimensiones de la cámara de los cuales son 0,8 m de largo, 0,8 m de ancho y 0,50 m de alto, para el cerramiento se utilizaran bloques de cemento de 10, por su fácil manejo y economía, como adhesivo al momento de pegar los bloques se utilizara cemento portland el cual se estima la cantidad de 1 saco, luego para hacer el piso implementamos un trozo malla trucson el cual es de soporte luego se vacía la mezcla de cemento quedando la base a una altura de 2 cm. Con la misma mezcla de cemento se procede a alisar la parte de adentro de la cámara y la parte de afuera para tener una mejor estética, quedando a una distancia de 0,53 m de la cámara de digestión, luego se cava una fosa el cual tiene una profundidad de 0,8 m, va inserto el tubo de PVC de 6" que tiene de largo 2 m, se recomienda que este quede en un ángulo de 45° ya que es más efectivo el desplazamiento del material a la cámara de digestión, este actúa con acción de la gravedad.

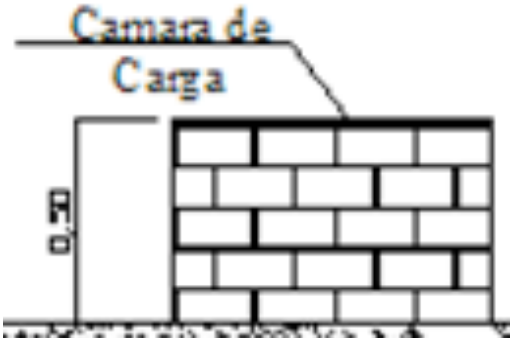


Figura 13 - Cámara de Carga

1.1.24 Cámara de digestión

Se cava una fosa de 1,40m circular, luego se fija la malla en forma circular que tenga un diámetro de 0,95m, el cual se le se aplicara el cemento para hacer el piso a una altura de 5 cm para tener mayor resistencia en el momento que empiece a hacer más peso por parte del material orgánico que será desplazado a la cámara y así evitar el desnivel y posibles rajaduras al tanque, el cual utilizaremos un tanque de polietileno marca DecoGlass de 900 litros con unas dimensiones de 1,25 m de diámetro superior, 0,95 m de diámetro inferior y de altura 1,30 m, se acopla el tubo de entrada que viene de la cámara de carga utilizando como unión pintura asfáltica y una adaptación adicional para evitar filtraciones como se muestra en la figura 14.

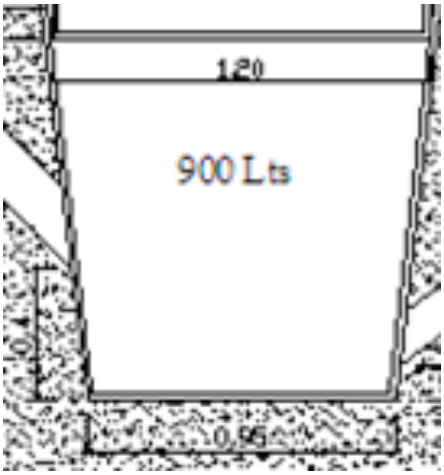


Figura 14 - Cámara de digestión

1.1.25 Gasómetro

Se utilizara un tanque de polietileno de 600 litros de 1,20 m de diámetro superior, 1,15 m de diámetro inferior, 0,85 m de altura (figura 15), que hará la función de cúpula y almacenamiento del biogás (gasómetro). El cual tiene una capacidad de almacenamiento de 0,60 m3 de biogás. Lo que es suficiente para almacenar 2 días de producción de nuestra instalación de 10 cabezas con un tiempo de retención de 10 días.

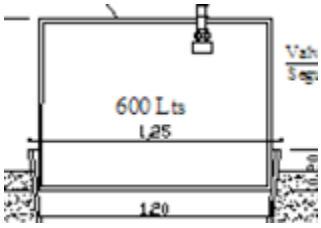


Figura 15 - Gasómetro

1.1.26 Cámara de descarga

Para la cámara de descarga (figura 16), se utilizaran los mismos materiales que se utilizaron para la cámara de carga, el único cambio es la altura que en este caso será de 0,8 m, al igual va acoplado un tubo de 6” de 2 m de largo el cual por medio de este saldrá el material ya procesado.

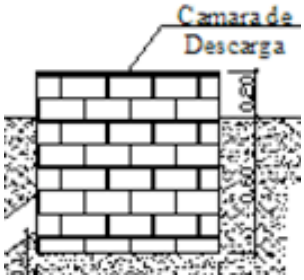


Figura 16 - Cámara de descarga

1.1.27 Salida del biogás

Se hace un agujero aproximadamente de 1,9 cm, por la ranura se introduce el extremo roscado del conector macho de PVC de 1/2" en el que previamente se coloca la arandela de aluminio de agujero 1/2" encima de esta se coloca la arandela de goma. Una vez salido la rosca macho al exterior, se le inserta la otra arandela de goma, luego se le coloca la arandela de aluminio, luego se procede a enroscar el conector hembra sobre la rosca del macho de PVC de 1/2", dándole el mayor ajuste manual posible. Con más detalle se puede observar en la siguiente figura :

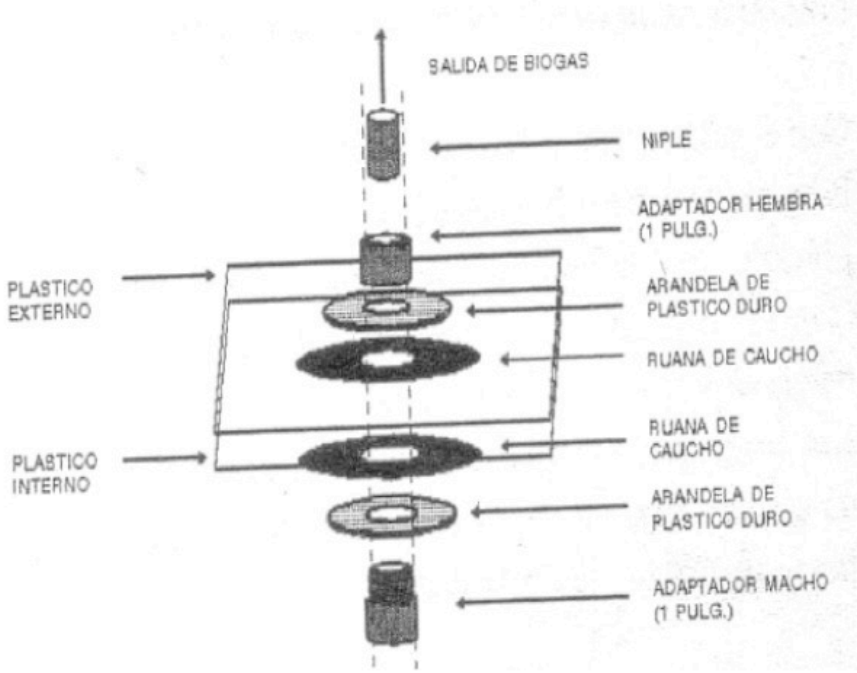


Figura 17 - Salida del biogás

1.1.28 Conducción del biogás

Como podemos ver el en la figura 18, para la salida del biogás se utilizara tubería PVC de 1/2", se utilizara alrededor de 5 m, el cual se hace un acople que viene de la adaptación de un niple de 1/2" de 10 cm el cual se le adapta una llave de paso tipo bola, seguido por una adaptación otro niple 1/2" de 10 cm, adaptado a un codo de 90° 1/2", siguiendo por la adaptación a una tubería de 10 cm PVC, el cual está adaptado una tee 1/2" lo cual va un manómetro de presión baja para medir la cantidad de gas producido diariamente.

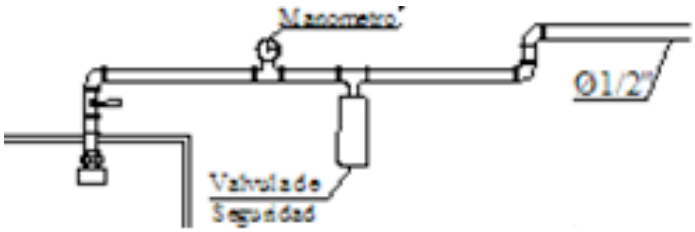


Figura 18 – Conducción del biogás

1.1.29 Válvula de seguridad

Esta válvula debe ir cerca del biodigestor en la conducción de gas que sale de este,su función es formar un sello de agua que permita la salida del biogás en condiciones normales, pero que a su vez deje escapar el exceso de presión. Está constituida por un envase de plástico transparente (figura 19). Luego de conectado el manómetro de presión se adapta otros tubo PVC de 10 cm de largo, el cual se enrosca una Tee adaptando, en la rosca central de la Tee, se adapta un tubo de 30 cm de PVC, este se introduce por la entrada del envase, el nivel de agua se debe mantener por la mitad del frasco mediante una abertura alineada en redondo y a la mitad de la altura de las paredes del envase.

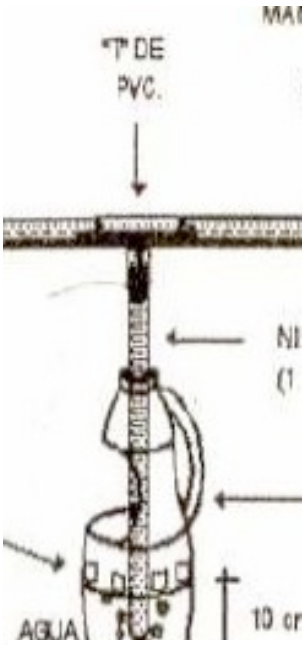


Figura 19 – Válvula de seguridad

Ante un llenado excesivo en el tanque con biogás, este sale a través de la T, vence la tensión de la lámina de agua y se expulsa en forma de burbujas, que posteriormente salen como gas mediante la abertura formada en el envase, esta abertura es utilizada para llenado de la válvula con agua cuando baja su nivel. Se impide así por un bajo consumo ocasional y se permite el almacenamiento permanente de todo el biogás producido, hasta alcanzar la capacidad del depósito.

Los dos extremos superiores de la T son los de entrada y salida respectivamente del biogás proveniente del biodigestor hacia la válvula de seguridad y de esta hacia el quemador. Hay que tratar de que el frasco y la T se mantengan inmóviles para evitar que el biogás pueda escaparse si la tubería queda por fuera de la lámina de agua, o por el contrario ante una introducción excesiva de la tubería dentro del envase.

E. Planos general del biodigestor

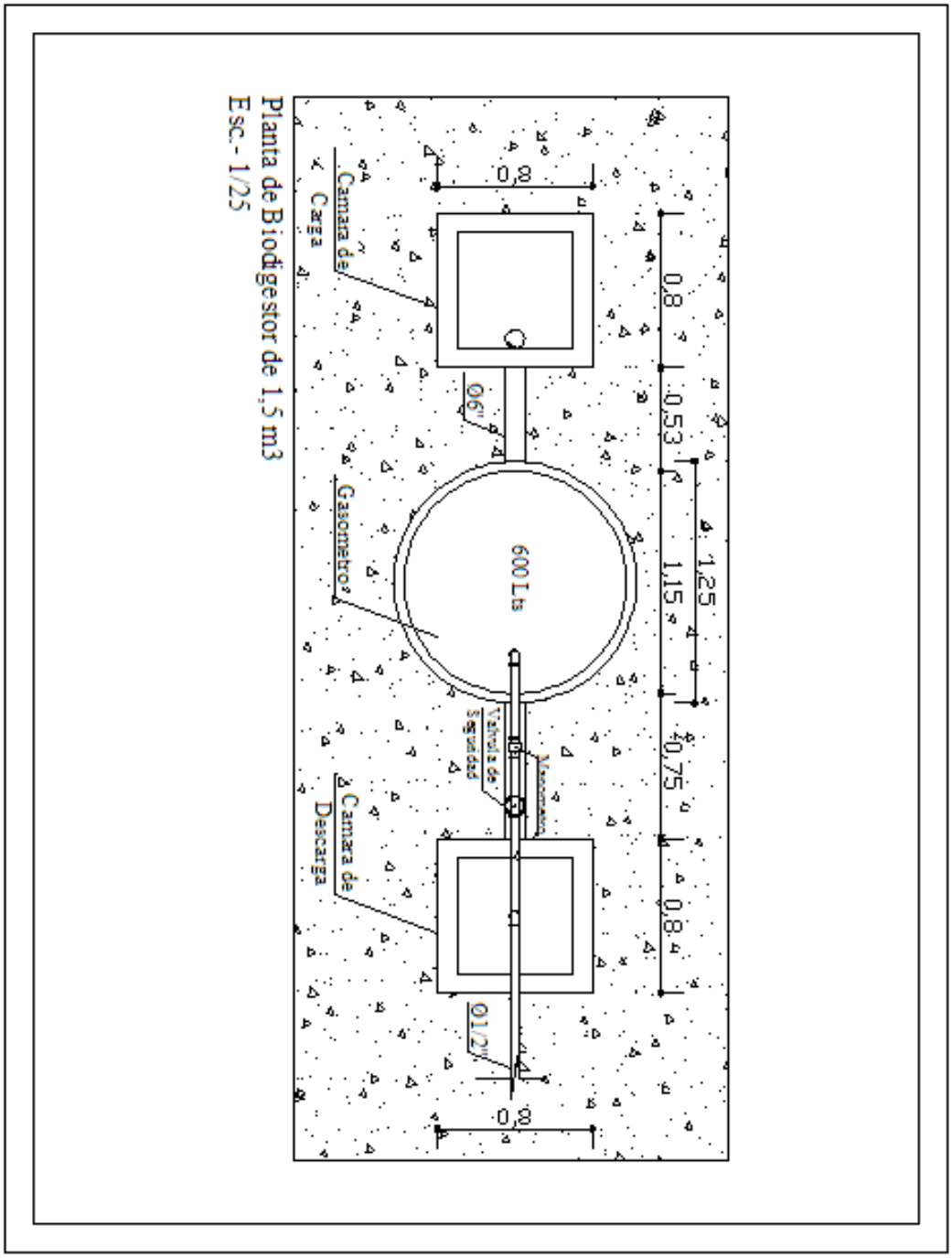


Figura 20 - Plan General Biodigestor I (Ref. : Alfonso Ernesto)

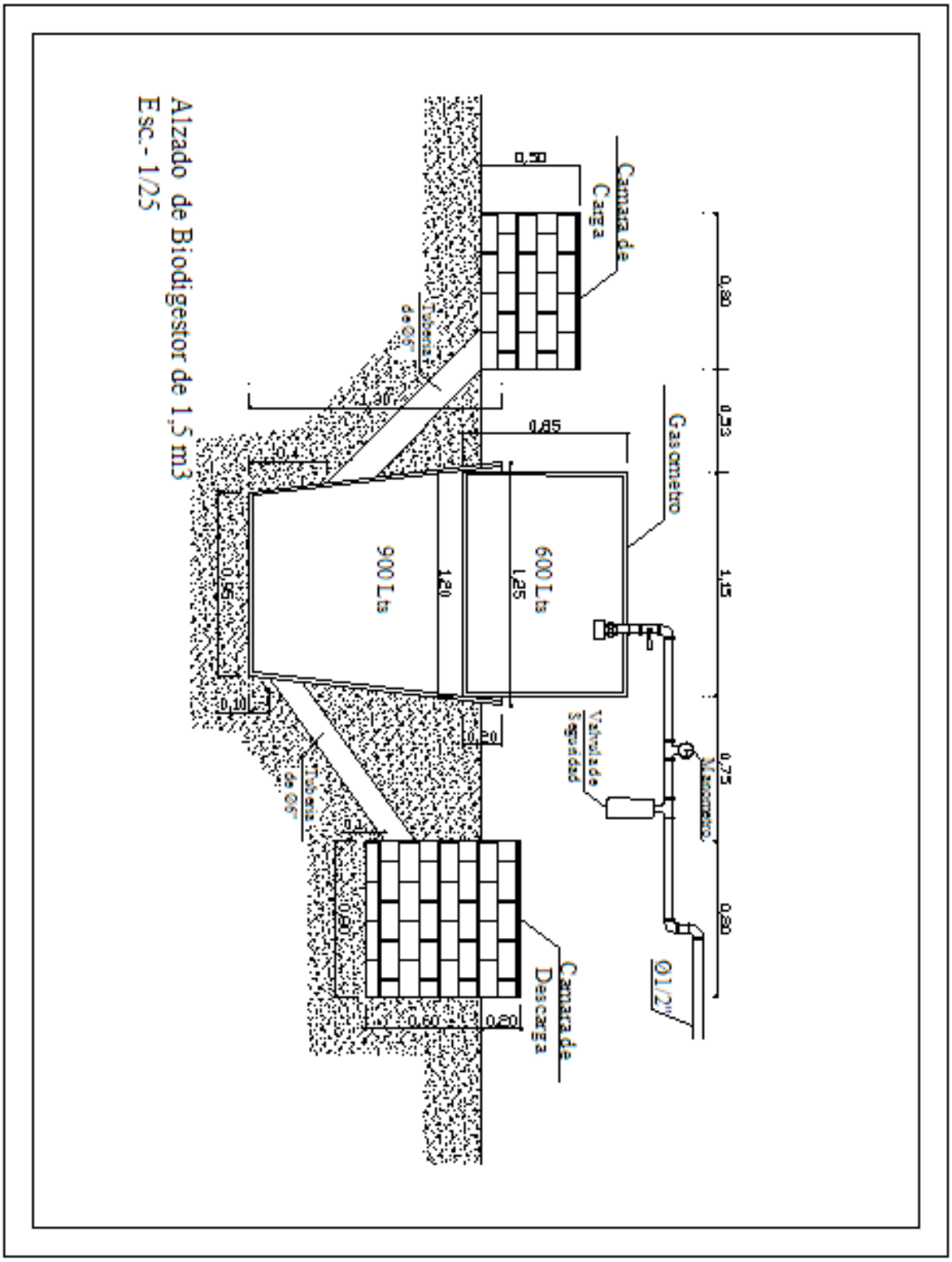


Figura 21 - Plan General Biodigestor II (Ref. : Alfonso Ernesto)

F. Costo total de una pequeña instalación estándar

La tabla siguiente muestro los precios en pesos argentinos de los materiales necesarios para construir un biodigestor de este tipo en Argentina.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Final Estimado
Tanque de polietileno decoglass de 900 litros con unas dimensiones en metros de 1,25 m de diámetro superior, 0,95m de diámetro inferior y 1,20 de altura.	1	$1 071,50	$1 071,50
Tanque de polietileno decoglass de 600 litros con unas dimensiones en metros de 1,20m de diámetro superior, 1,15m de diámetro inferior y 0,85m de altura.	1	$765,00	$765,00
Bloques de cemento de 10 de ancho x 40 largo x 20 altura	90	$3,82	$343,80
Saco Cemento portland	5	$47,65	$238,25
Asfalto liquido (Litros)	0,945	$7,82	$7,39
Tubo PVC de 6” de 2m c/u	2	$53,92	$107,84
Acople macho PVC 1/2”	1	$0,99	$0,99
Acople hembra PVC 1/2”	1	$0,99	$0,99
Arandelas de metal de 10 cm y agujero de 1/2”	2	$1,50	$3,00
Arandelas de goma de 10 cm y agujero de 1/2”	2	$2,50	$5,00
Rollo de Teflón	1	$14,71	$14,71
Pega para PVC (Litros)	4,725	$42,22	$199,50
Codo PVC de 45° de 1/2”	1	$3,70	$3,70
Codos de PVC de 90° 1/2”	2	$3,95	$7,90
Tubo PVC de 1/2” 6m	1	$17,90	$17,90
TeedePVC1/2”	1	$1,60	$1,60
Tee de galvanizada de 1/2”	1	$5,00	$5,00
Llave de paso de 1/2” de bola	1	$7,95	$7,95
Niples de PVC 1/2” de 10 cm de largo	5	$14,50	$72,50
Manómetro de presión baja de 1/2”	1	$65,00	$65,00
Esponja metálica	1	$20,00	$20,00
Envase plástico transparente con dimensiones de 30 cm de alto y 10 cm de diámetro	1	$12,00	$12,00
Precio Final de los materiales			**$2 971,53**

Tabla 15– Plazo y costo total de la instalación. Fuente : ARQ Diario de arquitectura del diario Clarín - Catálogo precios Easy - Mercado Libre

Los materiales de una instalación biogás dimensionada por 10 cabezas de porcinos vale entonces mas o menos 3000 pesos argentinos. Además se deben tener en cuanta la mano de obra para hacerla y los costos de mantenimiento cada ano.

Mano de Obra :

Según Alfonso Ernesto dos personas durante dos semanas con experiencia en el trabajo de construcción son necesarios para la fabricación de una instalación de este tamaño.

Teniendo en cuenta esto, el sitio de la Cámara de la Construcción Argentina informa que el costo de la mano de obra en octubre 2012 estaba de 1.396,50 pesos/persona/mes.

Entonces el precio estimado actual de la mano de obra por nuestro proyecto con dos personas durante dos semanas seria de 1.396,50 pesos.

Mantenimiento:

- El mantenimiento de las partes móviles y de la instalación en general puede ser estimado como un promedio de **300 pesos por año**. Esto es suficiente para comprar nuevo material y cuando es necesario también la mano de obra por un día.

- El mantenimiento de la cúpula requiere un repintado cada 6 meses para evitar la corrosión. En mercado libre se puede buscar pintura por 400 pesos lo que parece suficiente por 2 años de mantenimiento.

Resumiendo, tendremos :

Instalación biogás dimensionaba por 10 cabezas de porcinos **Vida útil máximo : 15 anos (modelo tipo Hindú)**	
Resumen de los costos	**Precios (Pesos Argentinos)**
Materiales necesarios	2971,53 $
Mano de obra fabricación	1.396,50 $
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)	300 $ / año
Mantenimiento cúpula (Pintura)	200 $ / año

Tabla 16 - Resumen de los costos de la instalación (Fuente : Mercado Libre)

A continuación se evaluarán el proyecto en su conjunto y su viabilidad económica y financiera.

VII. Estudio de viabilidad del proyecto en el plano económico financiero y de riesgos.

A. Estimación de los ingresos y costos de la instalación biogas

A continuación se analizarán los costos que se estiman para cada una de las etapas del proyecto según el punto de vista de los pequeños productores para así, posteriormente, poder evaluar la viabilidad económica y financiera de un proyecto de este tipo.

Las ventajas económicas por una instalación de este tipo son :

1.1.30 Producción de biogás

Vimos diferentes casos, pues el último con 10 días de retención produce 110 m^3/año de biogás. En el hogar uno de los usos más importante es para cocinar o preparar los alimentos. En efecto, la calidad de la llama es buena, no ahúma, no mancha y el olor es normal.

Con este biogás podemos hacer una comparación con otras fuentes de energía :

1000 litros (1m^3) de biogás equivale a :	
Madera	1,3 Kg
Bosta seca	1,2 Kg
Alcohol	1,1 litros
Gasolina	0,8 litros
Gas-Oíl	0,65 litros
Gas Natural	0,76 m^3
Carbón	1.5 Kg
Electricidad	2,2 KW/H

Tabla 17 - Equivalencias energéticas del Biogás (Ref. : ESCAPA, A & BLANCO, D. (2008)

En nuestro contexto podemos hacer una comparación de nuestra producción de biogás con el gas natural cual puede tener la misma utilización.

- **110 m^3 de biogás equivale a 83,6 m^3 de gas natural**

En la mayoría de los casos no se puede tener el gas de red porque no hay infraestructura pública, por eso el precio de este gas debe ser comparado con el precio de garrafas de gas.

Una garrafa de butano de capacidad 10 Kg que equivale a 4m^3 de gas vale mas o menos 400 pesos en el mercado libre. Pues recargarlo vale mínimo cada vez 60 pesos y además hay que tener en cuenta también el costo de los envíos, que pueden ser muy importantes para pequeños productores que viven alejados. Por ejemplo en el mercado libre un envío puede estar entre 60 o 100 pesos en capital federal.

En consecuencia para tener el mismo servicio que lo que propone una instalación de biogás que produce 84 m^3 de gas por año, el costo es de :

Costos	Cantidad	Precios unitarios (Pesos)	Precios total (Pesos)
Garrafa de butano	2	390	780
Recargar	19	60	1140
Envíos	19	100	1900
Precio total mínimo (sin envíos)			**1920**
Precio total máximo (con envíos)			**3820**

Tabla 18 - Costo de un servicio equivale a 84m3 de gas disponible en casa por el primer año (Fuente : Mercado libre)

Sin embargo no es necesario comprar de nuevo las garrafas de butano los años siguientes. Por eso los costos por estos servicios serán menores.

Costos	Cantidad	Precios unitarios (Pesos)	Precios total (Pesos)
Garrafa de butano	0	390	0
Recargar	21	60	1260
Envíos	21	100	2100
Precio total mínimo (sin envíos)			**1260**
Precio total máximo (con envíos)			**3360**

Tabla 19 - Costo de un servicio equivale a 84m3 de gas disponible en casa después del primer año (Fuente : Mercado libre)

- **Finalmente se puede considerar que esta instalación produce un ingreso indirecto máximo de 3820 pesos el primer año y 3360 pesos los siguientes .**

- **También se puede considerar que los envíos aprovechan el viaje del transporte para otra actividad. De esta manera obtendremos un ingreso indirecto mínimo de 1920 pesos el primer año y 1260 pesos los siguientes.**

1.1.31 Producción de fertilizante

Una instalación de este tipo cuya carga entrada en el biodigestor (agua + estiércol) cada día es de 100 kilos produce alrededor de 100 litros de fertilizante. (Ref. : Marti Herrero)

Traducir esta producción en ingresos es muy difícil a estimar. En efecto no se puede comparar con el precio de fertilizante químico porque la mayoría de los pequeños productores no dispone de recursos para la compra de fertilizante químico. Además hay diferentes maneras de utilizarlo.

Este se puede utilizar como abono para enriquecer la tierra donde será la siembra, para alimentar peces y actualmente hay estudios realizados que indican el bio fertilizante para alimentos de porcinos (Ref : Alfonso Ernesto).

En el caso de una utilización como abono, los beneficios micro-económicos son el aumento de la productividad y producción agrícola.

También se puede venderlo, aunque todavía no es muy común porque esto necesita una logística como poner el fertilizante en bolsos. Sin embargo para estimar los ingresos máximos de la instalación vamos a considerar que se puede vender a un precio que equivale a 20% de lo que se puede buscar en el mercado libre (50 litros de abono biológico vale 30 pesos), así tenemos en cuenta que lo vendemos en gran cantidad y sin bolsos.

- **La producción anual de fertilizante será de 36000 litros. Teniendo en cuenta nuestras estimaciones (20% del valor sobre el mercado libre) la producción anual vale 4320 pesos.**

En la parte VII, veremos que el abono biológico puede representar con un poco de industrialización un potencial económico mucho más importante que la producción de biogás para los pequeños productores.

1.1.32 Costos de esta instalación

Los costos de este tipo de instalación para tener una vida de máximo 15 años se resumen en la tabla siguiente :

Instalación biogás dimensionaba por 10 cabezas de porcinos **Vida útil máximo : 15 anos (modelo tipo Hindú)**	
Resumen de los costos	**Precios (Pesos Argentinos)**
Materiales necesarios	2971,53 $
Mano de obra fabricación	1.396,50 $
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)	300 $ / año
Mantenimiento cúpula (Pintura)	200 $ / año

Tabla 20 - Resumen de los costos de la instalación (Fuente : Mercado Libre)

B. Flujo de fondos del proyecto

A continuación se estudiará, teniendo en cuenta los gastos calculados en el apartado anterior y los ingresos estimados, como evolucionará el flujo de fondos para cada uno de los periodos anuales.
De este modo obtendremos datos para, posteriormente analizar la viabilidad del proyecto y así poder obtener los resultados esperados.

	Año 0	**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**Año 5**
Ingresos indirectos y directos máximos anuales						
Producción Biogás		3820	3360	3360	3360	3360
Fertilizante		4320	4320	4320	4320	4320
Inversión Inicial						
Materiales necesarios	-2971,5					
Mano de obra fabricación	-1396,5					
Gastos fijos						
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)		-300	-300	-300	-300	-300
Mantenimiento cúpula (Pintura)		-200	-200	-200	-200	-200
Flujo Fondos	**-4368**	**7640**	**7180**	**7180**	**7180**	**7180**

Tabla 21 - Flujo fondos con ingresos máximos (en pesos argentinos)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos indirectos mínimos anuales						
Producción Biogás		1920	1260	1260	1260	1260
Fertilizante						
Inversión Inicial						
Materiales necesarios	-2971,5					
Mano de obra fabricación	-1396,5					
Gastos fijos						
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)		-300	-300	-300	-300	-300
Mantenimiento cúpula (Pintura)		-200	-200	-200	-200	-200
Flujo Fondos	**-4368**	**1420**	**760**	**760**	**760**	**760**

Tabla 22 - Flujo fondos con ingresos mínimos (en pesos argentinos)

C. Análisis del VAN

Teniendo en cuenta los flujos de fondos anuales podemos calcular a través de la función "VNA" de Excel el valor actual neto del proyecto. Esto nos servirá , dada una tasa de descuento, para estimar la fiabilidad el proyecto.

En nuestro caso se ha fijado una tasa del 8% cual es común en energía.

Dicho esto, los resultados obtenidos son:

VAN (8% Tasa de descuento, Ingresos mínimos) = - 3 201 $ ✗

VAN (8% Tasa de descuento, Ingresos máximos) = 4 717 $ ✔

En el caso de ingresos máximos tenemos un VAN superior a 0. Entonces según el valor actual neto, el proyecto genera ganancias netas superiores a las esperadas por sus inversores.

Sin embargo en el caso de ingresos mínimos, tenemos un VAN negativo, esto significa que si el pequeño productor no puede vender su producción de abono desde un punto de vista únicamente económico la rentabilidad del proyecto se encuentra por debajo de la tasa de rechazo y en consecuencia, el proyecto debe descartarse.

D. Análisis del TIR

Después certificar que el proyecto es válido en términos del VAN, se tiene que verificar su viabilidad en lo que a la Tasa Interna de Retorno (TIR) se refiere. Para hacer una estimación, calculamos a partir de los flujos de caja y de la función "TIR" de Excel.

Dicho esto, los resultados obtenidos son:

TIR (Ingresos mínimos) = 1% ✗

TIR (Ingresos máximos) = 170% ✔

Obtener un TIR del proyecto superior a la inflación promedio interanual muestra la capacidad de entregar ganancias reales por sobre el efecto de la inflación. Sin embargo por una inflación estimada de 25% en Argentina, el TIR en el caso de los ingresos mínimos es inferior, lo que significa que el proyecto tendrá ganancias nominales pero pérdidas reales. Pero el TIR de los ingresos máximos es 7 veces superior a la inflación lo que puede compensar la situación anterior.

Consecuentemente la situación no es favorable, a futuro sería interesante de buscar una manera de aumentar los ingresos mínimos.

E. Evaluación de los riesgos

Para evaluar los riesgos a los que se encuentran expuestos los proyectos se construyen escenarios alternativos al inicial.

Por nuestro caso plantearemos la evaluación del VAN en el caso de una tasa de descuento menor de 5% y otra mayor de 20% al valor inicial así como un análisis desde cero de una situación en la que todos los gastos se incrementaran un 15% y los ingresos cayeran en esta misma medida.

- Primer caso, con el cambio de tasa de descuento, obtenidos estos resultados por el VAN :

  VAN (5% Tasa de descuento, Ingresos mínimos) = -2 502 $ ✗

  VAN (5% Tasa de descuento, Ingresos máximos) = 10 614 $ ✔

  VAN (20% Tasa de descuento, Ingresos mínimos) = - 3 751 $ ✗

  VAN (20% Tasa de descuento, Ingresos máximos) = -2 484 $ ✗

El VAN es negativo en tres casos. Entonces según el valor actual neto el proyecto genera ganancias netas inferiores a las esperadas por sus inversores. Desde un punto de vista económico no es posible para el pequeño productor de hacer la inversión solo.

- En el segundo caso, con el cambio de los gastos y ingresos, tendremos estos tablas :

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos indirectos y directos máximos anuales						
Producción Biogás		3247	2856	2856	2856	2856
Fertilizante		3672	3672	3672	3672	3672
Inversión Inicial						
Materiales necesarios	-3417					
Mano de obra fabricación	-1605					
Gastos fijos						
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)		-345	-345	-345	-345	-345
Mantenimiento cúpula (Pintura)		-230	-230	-230	-230	-230
Flujo Fondos	**-5023**	**6344**	**5953**	**5953**	**5953**	**5953**

Tabla 23 - Flujo fondos con ingresos máximos, costos +15%, ingresos -15% (en pesos argentinos)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos indirectos mínimos anuales						
Producción Biogás		1632	1071	1071	1071	1071
Fertilizante						
Inversión Inicial						
Materiales necesarios	-3417					
Mano de obra fabricación	-1605					
Gastos fijos						
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)		-345	-345	-345	-345	-345
Mantenimiento cúpula (Pintura)		-230	-230	-230	-230	-230
Flujo Fondos	**-5023**	**1057**	**496**	**496**	**496**	**496**

Tabla 24 - Flujo fondos con ingresos mínimos, costos +15%, ingresos -15% (en pesos argentinos)

- Los resultados obtenidos por el VAN :

VAN (8% Tasa de descuento, Ingresos mínimos) = -5 721 $ ✗

VAN (8% Tasa de descuento, Ingresos máximos) = 2 377 $ ✔

Tenemos una situación similar al párrafo "C : Análisis de VAN" con un VAN superior a 0 en el caso de ingresos máximos y un VAN negativo por ingresos mínimos.

- Los resultados obtenidos por el TIR:

TIR (Ingresos mínimos, 5 años) = -16 % ✗

TIR (Ingresos mínimos, 10 años) = 2 % ✗

TIR (Ingresos máximos, 5 años) = 120% ✔

Todavía los resultados por el TIR en el caso de los ingresos mínimos por sobre el efecto de los cambios es desfavorable son inferior a 0 sobre 5 año y todavía inferior a la inflación sobre 10 años, eso significa que en el peor caso el proyecto tendrá pérdidas reales y nominales.

Sin embargo el TIR de los ingresos máximos esta todavía 4 veces superior a la inflación.

F. Conclusión

Observamos que pese las variaciones de los casos (excepto : VAN (20% Tasa de descuento, Ingresos máximos) , el proyecto sigue siendo igualmente viable y rentable en el caso de ingresos máximos. Entonces para un productor en estas últimas condiciones: el proyecto es interesante.

Sin embargo en el caso de ingresos mínimos y teniendo en cuenta nuestras condiciones, el proyecto parece muy frágil (VAN negativo y TIR débil). No obstante un proyecto biogás da otras ventajas (higiene, la prevención de enfermedades, ecología etc.). Por consecuencia creo que una ayuda de los servicios públicos puede justificarse, podemos imaginar un financiamiento de 75% de los precios de los materiales para los productores que lo piden. Además se puede todavía imaginar que para ahorrar dinero los pequeños productores construyen la instalación sin mano de obra exterior.

En este caso los resultados en el caso de ingreso mínimos serían :

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos indirectos mínimos anuales						
Producción Biogás		1920	1260	1260	1260	1260
Fertilizante						
Inversión Inicial						
Materiales necesarios	-742,88					
Mano de obra fabricación						
Gastos fijos						
Mantenimiento de las partes móviles y instalación en general (cable…)		-300	-300	-300	-300	-300
Mantenimiento cúpula (Pintura)		-200	-200	-200	-200	-200
Flujo Fondos	**-742,88**	**1420**	**760**	**760**	**760**	**760**

Tabla 25 - Flujo fondos con ingresos mínimos sin mano de obra y con un financiamiento de 75% de los materiales por los servicios públicos (en pesos argentinos)

VAN (8% Tasa de descuento, Ingresos mínimos) = 120 $ ✔

TIR (Ingresos mínimos, 5 años) = 155 % ✔

En esta situación las instalaciones de biogás son interesantes para los pequeños productores. Finalmente según la situación del productor y los ingresos que puede esperar, la ayuda de los servicios públicos pueden ser necesarios para el desarrollo de esta tecnología.

También debe tenerse en cuenta que todas las estimaciones que hicimos sobre el valor del biogás producido corresponde a un ingreso indirecto. (El productor no debe pagar por otra forma de energía)

Además este análisis muestro el potencial económico del abono biológico, puede representar mucho mas dinero que la producción de biogás, por eso intentaremos de desarrollar en la ultima parte VIII esta idea.

G. Desarrollar la instalación al nivel nacional

Vimos en la parte V “Análisis del mercado en Argentina” que realmente hay un potencial por este tipo de instalación biogás en el país.

Sin embargo parece difícil para una empresa privada de estar segura que pueden obtener beneficios por la fabricación de las instalaciones. En efecto los costos para construir en pequeña escala en un país tan grande parecen demasiado importantes respecto de los pequeños ingresos. Otro análisis que se puede realizar teniendo en cuenta los costos de los puntos de venta, del marketing, de la logística, de la mano de obra y otros costos fijos es necesario para ver si una empresa privada puede obtener beneficios con esta actividad.

En mi opinión, es el rol de los servicios públicos de mostrar a los pequeños productores el interés de una instalación de este tipo. El principal interés seria el precio obviamente más barato que con una empresa privada que obtiene beneficios y además las dimensiones de la instalación serían más objetivos. Se pueden buscarlos y darles toda la información que necesitan y también ayudarlos con financiamientos reconociendo las ventajas higiénicas, el cuidado del medio ambiente y la salud son muy importante. En efecto, de esta manera toda la población tienen una suerte de aumentar su nivel y calidad de vida aunque estén lejos de las grandes ciudades con poca infraestructura y bajo nivel de educación.

VIII. Identificación y planteo de posibles mercados

A. Potencial del abono Biológico para los pequeños productores

A través de este análisis, vimos que el abono Biológico puede tener realmente un valor importante y puede representar un potencial económico mucho más relevante que la producción de biogás para los pequeños productores.

En efecto actualmente la gente tiene mucho interés en productos biológicos.

A continuación muestro un ejemplo de un anuncio para vender abono biológico :

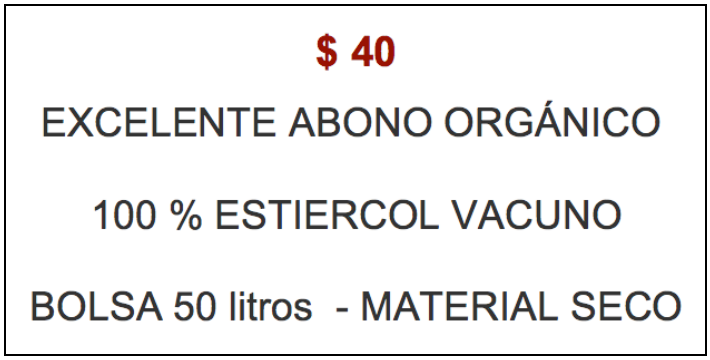


Imagen 3 - Anuncio (Fuente : Mercado Libre)

Obviamente 40 pesos por 50 litros de abono orgánico parece interesante cuando tenemos una producción anual de 36000 litros. Aunque nuestro abono es liquido y seco es menos cantidad.

Además con el internet, hacer una micro-empresa para buscar compradores y vender sus productos no es dificultoso.

Sin embargo para obtener un producto que se pueda vender, algunas etapas son necesarias :

- Asegurar de una buena calidad del abono.
- Tener un lugar para transformar la producción de abono líquido en abono seco.
- Ponerlo en bolsos plásticos.
- Planificar y hacer los envíos.



Imagen 4 - Anuncio Abono Biológico (Fuente : Mercado Libre)

- Asegurar de una buena calidad del abono

El fertilizante producido tiene un contenido en nitrógeno de 2 a 3%, de fosforo de 1 a 2%, de potasio entorno al 1% y entorno a un 85% de materia orgánica con un PH de 7.5.

Para producir un mejor fertilizante es interesante aumentar los tiempos de retención, de manera que el lodo se haya descompuesto más, y sea más rico mucho más fácil de asimilar por las plantas. El fertilizante que sale de un biodigestor con los tiempos de retención expresados en la Tabla 23 es muy bueno, pero si aumentamos estos tiempos de retención en un 25% es excelente.

Tiempo de retención según temperatura para mejor fertilizante		
Región característica	**Temperatura (°C)**	**Tiempo de retención (días)**
Trópico	30	20
Valle	20	32
Altiplano	10	75

Tabla 26 – Mejorar el fertilizante (Ref. : Marti J. 2008)

Sin embargo aumentar el tiempo de retención implica un mayor volumen del biodigestor y por tanto un mayor costo en materiales, además el rendimiento de la instalación será mejor pero la producción de gas inferior. Así es necesario de tener en cuenta todos los datos para hacer una análisis financiero mas exacto.

- Tener un lugar para transformar la producción de abono líquido en abono seco.

El productor debe tener la posibilidad de hacerlo

- Ponerlo en bolsos plásticos.

En este caso necesita una máquina y por supuesto otros costos (Materiales, instalación, mantenimiento, mano de obra…)

- Planificar y hacer los envíos.

La planificación para los envíos debe realizarse después del análisis del mercado para conocer dónde la demanda es más importante.

Conclusión :

En mi opinión la venta de abono biológico puede ser un recurso importante aunque un análisis completo es necesario para saber el precio del producto final y ver el potencial económico real.

IX. Conclusión general

Esta tesis propuso como objetivo establecer el potencial del mercado actual en Argentina. Buscar una instalación simple, establecer su precio y posteriormente hacer un análisis financiero al fin de establecer su viabilidad económica para los pequeños productores y permitir su futuro desarrollo en Argentina.

A través de la combinación de datos sobre granjas, repartición de la población, desarrollo de las infraestructuras publicas (gas de red, cloaca), vimos que hay seguramente un potencial para poner instalaciones biogás y mostramos que el desarrollo de las instalaciones de biogás debe priorizarse en las regiones Mesopotamia, Monte Árido, el Chaco y Pampeana que representen la cifra de 148 784 de los pequeños productores.

Después de eso, elegimos un tipo de instalación que era la más adecuada según los necesidades de los pequeños productores y teniendo en cuenta que no tenemos personal capacitado para el mantenimiento, que la solución debe ser simple pero sin empirismo y obviamente con un precio lo más barato. Finalmente la solución elegida es para 10 cabezas de porcinos con un tiempo de retención de 10 días. La producción obtenida son 110 metros cúbicos de biogás y 36 000 litros de abono líquido por año.

Por ultimo, en el análisis financiero muestro que la viabilidad del proyecto para el pequeño productor queda frágil. En efecto aunque las inversiones iniciales y el costo del mantenimiento no son muy importante, la instalación tiene dificultades para obtener beneficios económicos y por eso en muchos casos que vimos, los resultados de análisis VAN y TIR con ingresos mínimos no son favorables. La razón principal de esto es la dificultad de cuantificar los beneficios como la producción de abono pero también las mejoras en la calidad de vida, la salud, la higiene y el medio ambiente. Finalmente en caso de que el productor usa toda su producción biogás y vende un parte del abono, el proyecto es viable. Sin embargo en todos los otros casos y entonces para un desarrollo al nivel del país esta tecnología requiere asistencia financiera de los servicios públicos.

Teniendo en cuenta la densidad de población en algunas regiones de argentina y los costos que puede representar el desarrollo de infraestructuras publicas para tan poca gente, el financiamiento de esta tecnología podría ser una buena solución barata para crecer el nivel de vida de los pequeños productores argentinos que viven afuera de las grandes ciudades.

Para concluir sobre el interés que debe tener los servicios públicos en el biogás, según el German Appropriate Technology Exchange en 2008 :

"Los esfuerzos en desarrollar el biogás con un financiamiento de un gobierno podría verse como una inversión para reducir gastos futuros relacionados con la importación de derivados del petróleo y fertilizantes inorgánicos, con la degradación del medio ambiente, y con la salud y la higiene."

X. Bibliografía

- **Ma. del Pilar Foti, Edith S. de Obschatko, Marcela E. Román**. Los pequeños productores en la República Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo, en base al Censo Nacional Agropecuario 2002" Estudio PROINDER-SAGPyA/IICA (2006)
  Disponible :
  http://www.proinder.gov.ar/productos/Biblioteca/contenidos/estinv.10.los%20pequeños%20productores%20en%20la%20república%20argentina.pdf

- **Cámara de la construcción Argentina** : Datos sobre la construcción (Mano de obra, precios de los materiales…)
  Disponible :
  http://www.cifrasonline.com.ar/cifras/index.php/content/view/full/76/(offset)/cac

- **PRADO, A.**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES EN COMUNIDADES RURALES DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO VIEJO, JINOTEGA, NICARAGUA.
  Disponible: http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc_agustin_prado.pdf

- **MARTI, J.** (2006). PHOSPHORUS PRECIPITATIONIN ANAEROBIC DIGESTION PROCESS.
  Disponible: http://www.bookpump.com/dps/pdf-b/1123329b.pdf

- **MARTI, J** (2007). EXPERIENCIA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE BIODIGESTORES FAMILIARES EN BOLIVIA.
  Disponible: http://www.lrrd.org/lrrd19/12/mart19192.htm

- **MARTI, J.** (2008). GUIA DE DISEÑO Y MANUAL DE INSTALACION DE BIODIGESTORES FAMILIARES.
  Disponible: http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/10bib_arch.pdf

- **MARQUEZ, O** (2010). ENERGIA CON BASE ORGANICA.
  Disponible:http://www.elinformador.com.ve/noticias/zona-libre/actualidad/energia- base-organica/14654

- **ROJAS. R** (2009). CONSTRUCCIO NDE UN BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE GENERACIO NDE ENERGIA ELECTRICA "LIMPIA".
  Disponible :
  http://fcays.ens.uabc.mx/materialforo/ponencias/extenso/ambiental/9-REBECA%20ROJAS%20REMIS.pdf

- **SORIA, M** (2002). PRODUCCION DE BIOFERTILIZANTES MEDIANTE BIODIGESTION D EXCRETA LIQUIDA DE CERDO.

Disponible:
http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/simposio/6soria.pdf

- **Jorge A. Hilbert.** Instituto de Ingeniería Rural I.N.T.A. - Manual para la producción de biogás.
  Disponible: http://ebookbrowse.com/manual-para-la-producción-de-biogás-del-iir-pdf-d420212587

- **QUIMBAYA, Q** (2005) BIODIGESTORES UNA ALTERNATIVA A LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE BIOFERTILIZANTES.
  Disponible : http://www.buenastareas.com/ensayos/Biodigestores-Una-Alternativa-a-La-Autosuficiencia/1530663.html

- **HUAMAN, M** (2001). ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DE LA FRACCION DE LOS RESIDUOS URBANOS PARA LA OBTENCION DE BIOGAS EN EL CANTON LA LIBERTAD, PROVINCIA DEL GUAYAS.
  Disponible: www.dspace.espol.edu.ec

- **Alfonzo, E**. PROPUESTA TECNICA DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO DE USO EN EL MEDIO RURAL, MUNICIPIO PIAR.
  Disponible : http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/INFORMES%20DE%20PASANTIAS/IP81782010AlfonzoErnesto.pdf

- **IICA.** (2008). BIODIGESTORES.
  Disponible: www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Biodisgestores.pdf

- **JARAUTA, L** (2005).
  Disponible: http://papiros.upeu.edu.pe/handle/123456789/281

- **LILIA, A** (2004). AUTOABASTECIMIENTO ENERGÉTICO POR MEDIO DE LA BIOMASA EN UNA COMUNIDAD RURAL.
  Disponible: 148.206.53.231/UAMI11412.pdf

- **LOPEZ, A**. VALORIZACIÓN DEL ESTIÉRCOL DE CERDO A TRAVÉS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.
  Disponible:
  http://www.oiporc.com/plantilla/images/stories/pdf/3.2_MANUAL_BIODIGESTOR.pdf

- **LOPEZ, L**. (2003). BIODIGESTORES.
  Disponible:www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/ENERGIA22/HTML/articulo04.htm

- **CORDOVA, J.** (2009). GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA INVIERTE ENENERGÍAS LIMPIAS Y SOSTENIBLES.
  Disponible: http://www.antioquia.gov.co/index.php/noticias-2009-septiembre/1580--gobernacion-de-antioquia-invierte-en-energias-limpias-y-sostenibles

- **DOMINGUEZ, J** (2005). BIODIGESTORES COMO COMPONENTES DE SISTEMAS AGROPECUARIOS INTEGRADOS. Disponible:http://biomascuba.ihatuey.cu/WebFTP/index.php?dir=CUBA/&file=Biogas%20Ly%20IIP.pdf

- **ESCAPA, A & BLANCO, D**. (2008). LA EMPRESA BYDT CONVIERTE EN BIOGÁS LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN GANADERÍA. Disponible: http://www.diariodeleon.es/noticias/leon/la-empresa-bydt-convierte-en-biogas-los-residuos-solidos-generados-en-ganaderia_422102.html

- **GUEVARA, A.** (1996). FUNDAMENTOS BASICO PARA EL DISEÑO DE BIODIGESTORES ANAEROBICOS RURALES. Disponible: http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031042/031042.pdf

XI. Anexos

A. Otro tipo de Biodigestores familiares plástico de bajo costo (Bolivia)

Ref. : SORIA, M (2002)

Los biodigestores familiares plástico de bajo costo han sido desarrollados y están ampliamente implementados en países del sureste asiático, pero en Sudamérica, solo países como Cuba, Colombia y Brasil tienen desarrollada esta tecnología. Estos modelos de biodigestores familiares, construidos a partir de mangas de polietileno tubular, se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una 'tecnología apropiada'.



Imagen 5 - Biodigestor familiar de bajo costo instalado en Pakuani (La Paz, Bolivia) a 4221 metros sobre el nivel del mar. Este biodigestor produce biogás suficiente para cocinar 2 horas al día, alimentándolo con 20 kg de estiércol fresco y 60 litros de agua diariamente. Produce además 80 litros de fertilizante al día. Como curiosidad, este es el biodigestor más alto del mundo funcionando

Las familias dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (dos o tres vacas por ejemplo) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. Se debe considerar que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y moscas que desaparecerán al ser introducido el estiércol diariamente en el biodigestor familiar. También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o bosta seca. La combustión del biogás no produce

humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera.

Son tres los límites básicos de los biodigestores: la disponibilidad de agua para hacer la mezcla con el estiércol que será introducida en el biodigestor, la cantidad de ganado que posea la familia (tres vacas son suficientes) y la apropiación
de la tecnología por parte de la familia.



adaptada para funcionar con biogás.

Este modelo de biodigestor consiste en aprovechar el polietileno tubular (de color negro en este caso) empleado en su color natural transparente en carpas solares, para disponer de una cámara de varios metros cúbicos herméticamente aislada. Este hermetismo es esencial para que se produzca la reacciones biológicas anaeróbias.

El film de polietileno tubular se amarra por sus extremos a tuberías de conducción, de unas seis pulgadas de diámetro, con tiras de liga recicladas de las cámaras de las ruedas de los autos. Con este sistema, calculando convenientemente la inclinación de dichos tuberías, se obtiene un tanque hermético. Al ser flexible el polietileno tubular es necesario construir una 'cuna' que lo albergue, ya sea cavando una zanja o levantando dos paredes paralelas.

Una de las tuberías servirá como entrada de materia prima (mezcla de estiércol con agua de 1:4 o 1:3 según el tipo de estiércol). En el biodigestor se alcanza finalmente un equilibrio de nivel hidráulico, por el cual, tanta cantidad de estiércol mezclado con agua es agregada, tanta cantidad de fertilizante sale por la tubería del otro extremo.

Debido a la ausencia de oxígeno en el interior de la cámara hermética, las bacterias anaerobias contenidas en el propio estiércol comienzan a digerirlo.. El producto gaseoso llamado biogás, realmente tiene otros gases en su composición como son dióxido de carbono (20-40%), nitrógeno molecular (2- 3%) y sulfhídrico (0,5-2%), siendo el metano el más abundante con un 60-80%.

La conducción de biogás hasta la cocina se hace directa, manteniendo todo el sistema a la misma presión: entre 8 y 13 cm de columna de agua dependiendo la altura y el tipo de fogón. Esta presión se alcanza incorporando en la conducción una válvula de seguridad construida a partir de una botella de refresco. Se incluye un 'tee' en la conducción, y mientras sigue la línea de gas, el tercer extremo de la tubería se introduce en el agua contenido en la botella de 8 a 13 cm. También se añade un reservorio, o almacén de biogás, en la conducción, permitiendo almacenar unos 2 a 3 metros cúbicos de biogás.

Estos sistemas adaptados para altiplano han de ser ubicados en 'cunas' enterradas para aprovechar la inercia térmica del suelo, o bien dos paredes gruesas de adobe en caso que

no se pueda cavar. Además se les encierra a los biodigestores en un invernadero de un sola agua, soportado sobre las paredes laterales de adobe de 40 cm de grosor. Estos tapiales de adobe laterales acumularán el calor del efecto invernadero, de manera que en las noches de helada mantendrán al biodigestor, aun en funcionamiento, por su gran inercia térmica. En el caso de biodigestores de trópico o valle, el invernadero es innecesario y de hecho, hay que proteger el biodigestor de los rayos directos del Sol.

Los costes en materiales de un biodigestor pueden variar de 110 dólares para trópico a 170 dólares para altiplano, ya que en la altura tienen mayores dimensiones y requieren de carpa solar.

B. Otro tipo de Biodigestores familiares duro de bajo costo (Vietnam)

Las dimensiones son de 6m3 por 20 porcinos. La instalación esta realizando en 5 días con 5 trabajadores y el precio todo incluido (materiales, mano de obra) es de 5 millones de Vietnam Dong, lo que equivale a 200 dólares.

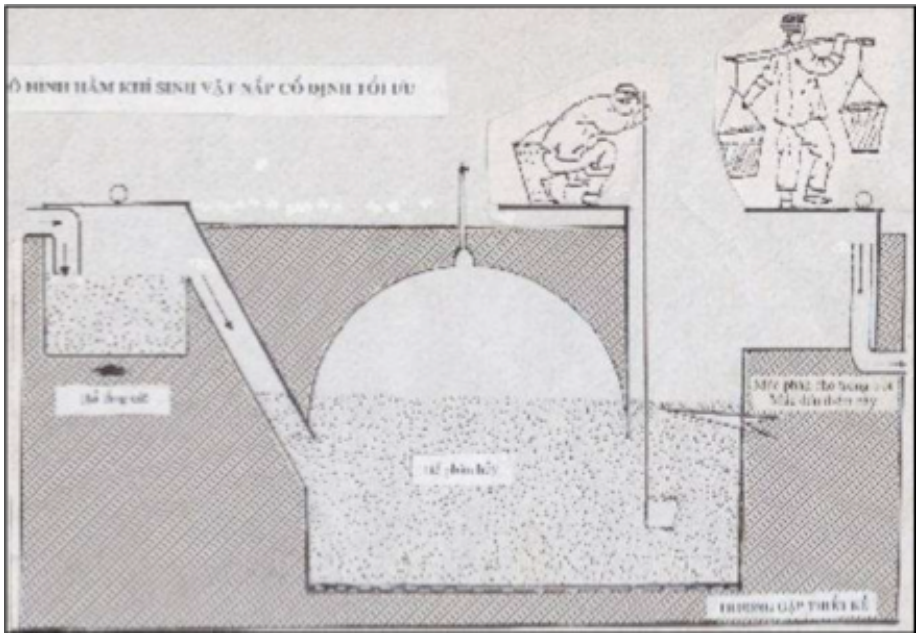


Imagen 7 - Solución tipo Vietnamita



Imagen 8 - Fabricación del biodigestor



Imagen 9 - Fabricación del biodigestor