

## **CAPITULO 11**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO**

#### **11.1 ANÁLISIS ECONÓMICO**

La evaluación económica de la implementación y utilización de las energías renovables es un tema de importancia capital y ha sido abordado desde distintos puntos de vista por diversos autores en diferentes países del mundo. La tecnología del biogás presenta características propias que hacen más complejo su análisis pues no sólo interviene en este caso el aspecto energético sino que también existe un importante impacto de difícil evaluación en sanidad, fertilización, mejoramiento de suelos, alimentación de animales y mejoramiento de las condiciones de vida. Esto se debe fundamentalmente a que además de la producción de gas combustible el sustrato utilizado sufre una transformación a través del proceso fermentativo anaeróbico. Desde el punto de vista de la inversión inicial la diversidad de modelos, sistemas y escalas empleadas de acuerdo al tipo de clima, sustrato, eficiencia requerida y disponibilidad de recursos técnicos y económicos no permiten una evaluación generalizada debiéndose

realizar los estudios en forma particular. Por los motivos enumerados precedentemente la evaluación de proyectos que involucren al biogás requerirán un estudio particular a nivel microeconómico en una primera etapa. En el presente trabajo se desarrollará en forma preliminar una metodología general de evaluación considerando en particular los factores intervinientes y la evaluación de los insumos y productos generados en base a la experiencia suministrada por autores de distintos países con vasta experiencia en este tema.

El tratamiento tributario no es materia de este análisis debido a que los productos finales de este proyecto (biogás y bioabono) tienen tarifas distintas de IVA de acuerdo a la normativa vigente y su liquidación obedecerá conforme el volumen de ventas de cada uno respecto de las ventas totales.

Adicionalmente, el ejecutor del proyecto es el sujeto pasivo del tributo en calidad de agente de percepción y por lo tanto los tributos que se generen no implican modificación en los costos del proyecto, por lo antes expuesto para efecto de este capítulo se consideran los costos de los bienes y los servicios excluidos los tributos.

#### **11.1.1 FACTORES A TENER EN CUENTA**

Se analizarán los distintos factores intervinientes en las etapas críticas del sistema que tienen una significativa importancia en el análisis económico y social del biogás.

Desde el punto de vista de la materia prima será necesario contar con un sistema de fácil recolección y manipulación evitándose en las zonas frías el lavado con

agua de las instalaciones el cual produce grandes volúmenes con altas diluciones y bajas temperaturas. El medio ambiente con sus características climáticas y de suelo condicionan el tipo de digester a construir incidiendo también en la selección del modelo y el monto de la inversión inicial necesaria ya que existen parámetros que pueden ser modificados como la temperatura de funcionamiento, el tiempo de retención hidráulica y la velocidad de carga volumétrica los cuales están relacionados entre sí y determinan la eficiencia final del digester y la energía neta disponible. Dada la importancia que tiene en la determinación de costos y definición de la técnica a emplear analizaremos con mayor profundidad este aspecto. Para las zonas templadas y frías existen dos opciones principales que deben considerarse a fin de dimensionar y diseñar el reactor. Estas opciones están determinadas fundamentalmente por la temperatura de trabajo del equipo pudiéndose optar entre temperaturas: ambiente 10°C a 25°C, mesofílica 30°C a 40°C, y termofílica 40°C a 55°C. El rango de temperatura en que finalmente trabaje el sistema determinará el tiempo de permanencia de la materia en el digester o tiempo de retención y la eficiencia de producción de biogás.

La modificación de los tiempos de retención tiene una directa influencia sobre el tamaño del digester requerido para un mismo volumen de material a digerir con la consiguiente modificación de la inversión inicial necesaria. El proceso no genera calor suficiente para elevar y mantener la temperatura por lo tanto se requerirán sistemas de calefacción, aislación y control en el caso de optarse por trabajar en el rango meso o termofílico. Estos sistemas y controles también inciden en los costos iniciales y de mantenimiento de los digestores. Unido a estos factores fundamentales analizados, la tecnología empleada está sufriendo fuertes cambios

y mejoramientos, también se esperan substanciales modificaciones en un futuro cercano que incidirán fundamentalmente sobre el costo del sistema y la eficiencia final. Con respecto a los productos del sistema la correcta utilización tanto del biogás como del biofertilizante cobra significativa importancia pues será en definitiva la retribución a la inversión y trabajos realizados. Existen distintas alternativas que deberán ser cuidadosamente evaluadas comparativamente desde el punto de vista técnico, económico y social para realizar una correcta elección. Los costos que se deberán considerar han sido clasificados en la Tabla 11.1 teniendo en cuenta todos los pasos intervinientes desde la recolección del sustrato hasta la utilización de los productos.

**Tabla 11.1** Clasificación de Costos a Considerarse

<b>COSTOS ASOCIADOS A LA OPERACION</b>	<b>COSTOS PUBLICOS</b>	<b>COSTOS DE LA MATERIA PRIMA</b>	<b>COSTOS DEL EMPLEO DEL EFLUENTE</b>	<b>COSTOS DE UTILIZACION DEL BIOGAS.</b>
1. Diseño e instalación.	1. Unidades demostrativas.	1. Mano de obra	1. Mano de obra.	1. Almacenamiento
2. Materiales.	2. Instalaciones de bajo riesgo comparativo y medidas de fomento.	2. Equipo para transporte.	2. Equipo para transporte	2. Distribución.
3. Mantenimiento.	3. Asistencia técnica.	3. Materia prima, si se compra.	3. Almacenamiento.	3. Adaptación de equipos.
4. Mano de obra.			4. Transporte hasta el lugar de uso.	4. Purificación.

Los costos clasificados como públicos tienen importancia vital para el desarrollo exitoso de esta técnica siendo los mayores montos, los involucrados en la asistencia técnica debido a la característica del medio rural y su extensión en el tiempo durante el cual se debe mantener este servicio. El mismo no puede ser soportado por la actividad privada en forma completa ya que los beneficios

obtenibles del diseño y construcción de un equipo no son suficientes para solventar un asesoramiento a distancia como el rural. Estos costos podrán ser soportados por organismos estatales o por empresas privadas cuya ganancia no se limite a la venta del “**digestor**”, sino que se vean beneficiadas por el mejoramiento integral de la explotación (por ej.: servicios de extensión de empresas lácteas) o también por asociaciones de productores. En una primera etapa las unidades demostrativas tendrán una gran importancia debiéndose implementarlas con aporte del estado en su costo o financiamiento. Superada esta primera etapa de conocimiento será necesario un incentivo bajo la forma de créditos subsidiados, desgravaciones, etc.; para comenzar una difusión a mayor escala dichos incentivos irán disminuyendo con el tiempo, una vez establecida esta técnica en el medio.

### **11.1.2 COSTOS**

El coste de una planta de biogás normalmente excede los medios del inversor, es decir, que éste no puede hacer frente al coste de la planta a partir de sus ingresos o ahorros normales. Así un análisis de solvencia del usuario indicará durante qué periodo se debe obtener un crédito para poder hacer frente al coste. La financiación se puede cubrir a partir de las distintas fuentes, usando una o varias de ellas:

- Créditos de Instituciones de Financiación
- Ayudas de Instituciones Cooperantes (Fondos no reembolsables)
- Créditos de Bancos Nacionales de Desarrollo
- Recursos Propios (del Iniciador del Proyecto)

- Ingresos y Contribuciones del Usuario

Para el caso específico del proyecto que comprende este informe, el 100% de la inversión son fondos no reembolsables correspondientes a un aporte completo por parte de los alumnos involucrados en esta tesis, con fondos propios, de los formuladores del proyecto.

El análisis económico presenta como pago de inversión el aporte de los alumnos involucrados, se considerará el hecho que la vida útil del proyecto será 20 años, por lo que el usuario obtendrá beneficios de la aplicación del biogás.

#### 11.1.2.1 MATERIALES DIRECTOS

Se entiende como materiales indirectos a materias primas, materiales, equipos o accesorios que intervienen directamente en la ejecución del proyecto es decir en su funcionamiento conjunto.

En la Tabla 11.2 se detallan los costos totales de materiales utilizados en este proyecto:

**Tabla 11.2** Costos Totales de Materiales Directos Utilizados en el Biodigestor de Campana Flotante.

Ítem	Descripción	Costo	Ref.
1	Materiales para el biodigestor	\$761.00	Anexo 1
2	Materiales tanques de carga y descarga	\$124.20	Anexo 2
3	Materiales para el gasómetro	\$635.80	Anexo 3
4	Materiales para la trampa de agua	\$53.55	Anexo 4
5	Materiales para la tubería de salida de biogás	\$114.20	Anexo 5
Costo Total		\$1,688.75	

### 11.1.2.2 MANO DE OBRA DIRECTA

Se entiende por mano de obra directa a los salarios de los trabajadores o aquellos pagos por trabajos realizados en el desarrollo del proyecto y que son identificados como directos.

En el proyecto se identifica la participación del personal técnico (especializado) en el área de la metal mecánica los cuales fabricaron el gasómetro para el proyecto

En la siguiente tabla se detalla los costos de la participación del personal técnico.

**Tabla 11.3** Costo de Mano de Obra Directa del Personal Técnico.

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo mensual	Meses	Costo total
1	Soldador	2	\$500.00	1	\$1,000.00
2	Ayudante	1	\$250.00	1	\$250.00
Costo Total					\$1,250.00

Para la realización de este proyecto, es inevitable contar con personal especializado en lo que tiene que ver con la construcción de la mampostería, por lo que se hizo necesario contratar dichas personas.

En este caso los valores considerados por concepto de remuneración mensual para albañil y ayudante de albañil son \$ 460 y \$ 300 respectivamente. La obra civil duro exactamente un mes por lo que los valores en la Tabla 11.4 siguiente contienen datos reales.

**Tabla 11.4** Costo de Mano de Obra Directa del Personal de Obra Civil.

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Mensual	Meses	Costo Total
1	Albañil	1	\$460.00	1	\$460.00
2	Ayudante	3	\$300.00	1	\$900.00
Costo Total					\$1,360.00

### 11.1.2.3 MATERIALES INDIRECTOS

Se entiende como materiales indirectos a materias primas, materiales, equipos o accesorios utilizados dentro de la investigación pero que no se consideran integrados al sistema. En la Tabla 11.5 se detallan los costos de materiales indirectos, que fueron utilizados en la construcción total del biodigestor.

**Tabla 11.5** Costo de Materiales Indirectos

Ítem	Descripción	Cant.	Costo unitario	Costo total
1	Sierra Sanflex	2	\$1.8	\$3.6
2	SERRUCHO	2	\$3.5	\$7
3	Termómetro	1	\$25	\$25
4	Papel pH 4.5 a 10ph exact. 0.5 pH10	1	\$11	\$11
5	Gasolina (gal)	10	\$1.5	\$15
6	Lubricantes (gal)	1	\$20	\$20
7	Acelerante SIKA	4	\$6.5	\$26
8	Impermeabilizante SIKA	2	\$12	\$24
9	Recipientes para muestras de biogás	4	\$2.5	\$10
10	Disco de amoladora de acero	1	\$3.5	\$3.5
11	Pega para tubo PVC	1	\$0.4	\$0.4
Costo Total				\$145.5

### 11.1.2.4 MANO DE OBRA INDIRECTA

Se considera como costos de mano de obra indirecta el pago de los análisis que se realizaron a las muestras de biogás en el Laboratorio de Análisis Instrumental del Departamento de Ingeniería Química

**Tabla 11.6** Costos Totales de Mano de Obra Indirecta

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Análisis de biogás	2	\$50.00	\$100.00
Costo Total				\$100.00



### 11.1.2.5 LOGÍSTICA

Comprende gastos de transporte para la adquisición de materiales y accesorios.

**Tabla 11.7** Gastos de Transporte

Ítem	Descripción	Cant	Costo unitario	Costo total
1	Transporte de campana Guamani - Calacali	1	\$80.00	\$80.00
2	Transporte materiales varios Quio - Calacali	3	\$30.00	\$90.00
3	Transporte de ladrillos Nono - Calacali	2	\$60.00	\$120.00
Costo Total				\$290.00

### 11.1.2.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

En la siguiente tabla anotamos cada uno de los costos y gastos totales que se realizaron en la construcción del proyecto

**Tabla 11.8** Costos Totales del Proyecto

Ítem	Descripción	Costo total
1	Materiales Directos	\$1,688.75
2	Materiales Indirectos	\$145.50
3	Mano de obra Directa	\$2,610.00
4	Mano de obra Indirecta	\$100.00
5	Logística	\$290.00
Costos Totales		\$4,834.25

## 11.2 ANÁLISIS FINANCIERO

Un obstáculo evidente de las plantas anaeróbicas de gran dimensión es el hecho de que los sectores más pobres de la población no pueden asumir normalmente la inversión inicial de la planta de biogás. Es económicamente factible, pero con un periodo de retorno de la inversión largo. Deberán de hacerse esfuerzos para reducir los costes de construcción, así como desarrollar sistemas de financiamiento o crédito. El soporte financiero del gobierno se ve con pocas probabilidades para el incentivo de estas tecnologías, aunque éstas podrían paliar

en un futuro, las importaciones de petróleo y fertilizantes orgánicos, así como un incremento de la salud, la higiene y la conservación del entorno natural.

Deben analizarse los costes y beneficios que la implantación de este tipo de proyectos traerá consigo. Se deberá realizar un análisis a dos niveles:

**Macro Económico:** consiste en un análisis económico de la zona, comparándolo con la implantación de un programa de biogás con los beneficios que esto supondrá población del país en general.

**Micro Económico:** consiste en un análisis financiero, que determina el provecho sacará el usuario de la construcción del biodigestor.

Para el caso específico del presente proyecto, comprende un análisis a nivel económico, donde deberá analizarse el coste de la planta y los ahorros que proporcionará, para poder determinar el tiempo de retorno de la inversión y si factible para el usuario.

### 11.2.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

La rentabilidad de la presente inversión proviene del registro y análisis de todos los gastos efectuados e ingresos recibidos, para realizar los cálculos del presente proyecto, se ha considerado una tasa de actualización  $i = 9.22\%$  anual, y una tasa de interés pasiva de  $5.59\%$  anual.<sup>99</sup>

Para la calefacción de las chancheras y cocción de alimentos en la granja se emplea gas de uso doméstico el mismo que se lo reemplazará con biogás y de acuerdo con la evaluación energética, con base en la tabla de equivalencia de

---

<sup>99</sup> La tasa de interés activa y la tasa de interés pasiva son valores suministrados por el Banco Central del Ecuador actualización 25Julio-2009.

biogás con otros combustibles<sup>100</sup> se necesitan 2.54 m<sup>3</sup> de biogás para reemplazar 1 Kg. de gas doméstico. Razón por la cual se necesitarán de 37,592 m<sup>3</sup> de biogás para reemplazar un cilindro de 14.8 Kg. de gas doméstico.

Para cuantificar el ahorro de energía, realizamos el siguiente razonamiento:

- Producción diaria de biogás: 2.98 [m<sup>3</sup>]
- Producción anual de biogás: 1087.7 [m<sup>3</sup>], considerando que se producirá los 365 días del año.
- Energía substituída anual = 
$$\frac{1087.7[m^3 \text{ biogás}]}{37.592[m^3 / \text{cil } 14.8 \text{ kg GLP}]} = 29 \text{ [cilindros de gás doméstico]}$$
- Precio / Cilindro de gás doméstico (01 enero 2009): \$ 1.60
- Ahorro de energía = 29 [cil GLP] \* 1.60 USD = **\$ 46.4 anuales**

Para el funcionamiento del calentador se emplea cilindros de GLP el mismo que se la reemplazará con biogás y de acuerdo a la experiencia vivida se necesita 1 cilindro de GLP para tener en funcionamiento un calentador durante una semana. Razón por la cual se necesitarán de 37.592 m<sup>3</sup> de biogás para hacer funcionar el calentador durante una semana.

Para cuantificar el ahorro de energía, realizamos el siguiente razonamiento:

- Producción diaria necesaria de biogás para funcionamiento de un calentador: 5.44 [m<sup>3</sup>]

---

<sup>100</sup> SASSE LUDWIG (1984). La planta de biogás. Eschborn: GTZ.

- Producción anual de biogás: 1987.37 [m<sup>3</sup>]
- Energía substituída anual =  $\frac{1987.37[m^3\text{biogás}]}{37.592[m^3]/\text{cil}(14.8kg\text{GLP})} = 52$  [cilindros de gas domestico].
- Precio / Cilindro de gas domestico (1 Ene 2009): \$ 1.60
- Ahorro de energía = 52 [cil GLP] \* 1.60 USD = **\$ 83.20 anuales**

Ya que contamos con dos calentadores el ahorro de energía sería **\$ 166.40 anual**

Para cuantificar el valor del Biol, realizamos el siguiente razonamiento:

- Producción diaria de Biol.: 200 [lt]
- Producción anual de Biol.: 73.000 [lt/año].
- El precio por litro de Biol de acuerdo a varias empresas que ya se dedican a la venta de este producto es de \$0.10 como por ejemplo Agrecol, empresa de agricultores: venden al público 100 litros de biol a un precio aproximado de diez dólares<sup>101</sup>, ( la hacienda contabiliza el precio/lt del biol a: \$0.10 para los diferentes proyectos internos).
- Producción anual del fertilizante = 73000[lt/año]\*0.10USD = **\$7300 anuales.**

Se resumen ciertos valores que se necesitan para el cálculo de la rentabilidad del biodigestor:

---

<sup>101</sup> <http://www.leisa-al.org.pe/antiores/211/25.htm>

**Tabla 11.9** Cuantificación de Costos y Beneficios del Biodigestor

Volumen del biodigestor	12 [m <sup>3</sup> ]
Producción diaria de biogás	2.98 [m <sup>3</sup> ]
Perdidas por fugas	0 %
Producción anual de biogás	1087,7 [m <sup>3</sup> ]
Vida útil esperada del gasómetro	20 [años]
Costo de inversión inicial	\$4834,25
Costo de inversión por m <sup>3</sup> de digestor <sup>102</sup>	\$402,8
Energía sustituida anual	29 [cilindros Gas domestico]
Ahorro costo de energía anual	\$212.8
Precio de fertilizante anual	\$7300

A continuación se presenta el cálculo de los parámetros financieros que afectan al presente proyecto, empezamos por la depreciación anual que sufre su infraestructura considerando una tasa de depreciación anual del 5 % y un tiempo de 20 años, de acuerdo con el artículo 20 del Reglamento para la aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno y sus Reformas.

Se considera para el efecto un valor inicial a depreciar de \$ 4834.25

### **Depreciación**

Tiempo de vida útil: 20 años

Depreciación anual: 5%

Valor del inmueble: \$ 4834.25

**Tabla 11.10** Depreciación Anual De La Infraestructura

Año	Depreciación. Anual	Depreciación Acumulada
1	241.71	241.71
2	241.71	483.43
3	241.71	725.14
4	241.71	966.85
5	241.71	1,208.56
6	241.71	1,450.28
7	241.71	1,691.99
8	241.71	1,933.70
9	241.71	2,175.41
10	241.71	2,417.13
11	241.71	2,658.84
12	241.71	2,900.55
13	241.71	3,142.26
14	241.71	3,383.98
15	241.71	3,625.69
16	241.71	3,867.40
17	241.71	4,109.11
18	241.71	4,350.83
19	241.71	4,592.54
20	241.71	4,834.25

El cálculo del Valor Actual Neto que se ha realizado ha sido determinado tomando como ingreso anual base, \$ 4834.25 que corresponde al ahorro por uso de biogás en reemplazo del gas de uso doméstico y gasolina, sumado al ingreso por la venta del biol. Aplicamos tanto a los ingresos como a los egresos una tasa de ajuste anual de 2 % que corresponde al promedio de la tasa de inflación de los 5 últimos meses del actual período.

La tasa de interés pasiva es asumida bajo el criterio de costo de oportunidad.

VAN

Ingreso año base:	\$	7512.8
Biogás	\$	212.8
Bio fertilizante	\$	7300
N (Numero de años)		20 años
Tasa de ajuste anual*		2 %
Tasa interés pasiva**		5.59 %

**Tabla 11.1** Cálculo del Valor Actual neto de la Inversión

Año	Ingreso	Egreso	Flujo	VAN ANUAL
1	7,512.80	3,000.00	4,512.80	\$9,579.57
2	7,625.49	3,045.00	4,580.49	\$18,088.43
3	7,739.87	3,090.68	4,649.20	\$25,635.82
4	7,855.97	3,137.04	4,718.94	\$32,320.42
5	7,973.81	3,184.09	4,789.72	\$38,231.31

**VAN = \$ 38,231.99**

\* Se Considera una tasa promedio de incremento anual en la inflación del 2% para ajustar ingresos y egresos

\*\* Se asume la tasa pasiva bajo el criterio de costo de oportunidad

En el cálculo de la Tasa Interna de retorno TIR, se contempla una tasa de ajuste anual igual a la del Valor Actual Neto, y se presenta en periodos anuales para verificar como aumenta su valor conforme pasa el tiempo desde una cifra negativa en el primer año antes de recuperar el valor de la inversión hasta llegar a un 45% luego de cinco años.

TIR

Inversión	\$	4835.25
Ingreso ano base	\$	7512.8
Biogás	\$	212.8
N (Numero de años)		5 años
Tasa de ajuste anual*		2 %
Tasa interés pasiva**		9.22 %

**Tabla 11.2** Cálculo de la Tasa Interna de Retorno de la Inversión

Año	Ingreso	Egreso	Flujo	TIR Anual
0	0	4834.25	-4834.25	
1	7,512.80	3,000.00	4,512.80	-7%
2	7,625.49	3,045.00	4,580.49	55%
3	7,739.87	3,090.68	4,649.20	77%
4	7,855.97	3,137.04	4,718.94	87%
5	7,973.81	3,184.09	4,789.72	91%

**TIR = 91%**

La hoja electrónica calcula el valor del VAN a partir de la formula:

$$VAN = -I_0 + \sum FNC_i \quad (11.1)$$

donde:

*I<sub>0</sub>: Inversión inicial*

$$FNC_i: \sum \text{Ingresos} - \sum \text{Egresos (para cada periodo)}$$



El valor del TIR, se lo calcula a partir de la formula:

$$I_0 = \sum FNC_i \quad (11.2)$$

donde despejamos de la sumatoria del flujo neto de caja, la tasa de actualización que hará posible que dicha sumatoria iguale a la inversión inicial.

Teniendo en cuenta que:

$$\sum FNC_i = \sum \frac{A}{(1+r)^n} \quad (11.3)$$

donde:

*A*: Ingreso (+) ó Egresos (-)

*r*: Tasa de actualización. Para calcular el VAN, se emplea la tasa de interés  $r = 9\%$  anual, para proyectos de cooperación técnica.

*n*: # de periodo en el que se encuentra.

Con los datos obtenidos podemos ver que el presente proyecto es altamente rentable, ya que en un periodo de un año y medio aproximadamente, ya se recupera el valor de la inversión y en los 5 años subsiguientes se obtienen altas tasas de ganancia.