



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS BIODIGESTORES PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS POR USUARIOS RESIDENCIALES EN LA REGIÓN PIURA

Daniel Marcelo-Aldana, Jorge Viera-
Sernaqué

Lima, agosto de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Marcelo, D. y Viera, J. (2017). Proyecto de implementación de sistemas biodigestores para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por usuarios residenciales en la región Piura. En E. Carrera (Dir.), *I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA – LATNET*, (pp. 231-243). Lima: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE
PROYECTOS
III CONGRESO IPMA-LATNET

**PROYECTO DE IMPLEMENTACION DE SISTEMAS BIODIGESTORES
PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS GENERADOS
POR USUARIOS RESIDENCIALES EN LA REGIÓN PIURA**

Daniel Marcelo ^{a*}, Jorge Viera ^b

^a Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Av. R. Mugica 131, Piura, Perú.

^b Universidad de Piura, Departamento de Proyectos, Av. R. Mugica 131, Piura, Perú.

^{a*} Autor en correspondencia: Marcelo, Daniel.

Correo electrónico: daniel.marcelo@udep.pe

Palabras clave: Biodigestor, Biomasa, Biogás, Energía renovable, Residuo orgánico, Piura.

RESUMEN

El trabajo evalúa la factibilidad de implementar un sistema biodigestor para usuarios residenciales de la región Piura. Los resultados demuestran las ventajas de utilizar el biogás como un recurso energético a nivel doméstico y del subproducto generado con fines agrícolas. Del mismo modo se muestran las ventajas relacionadas con el uso de una fuente renovable de energía, así como los impactos económicos, sociales y ambientales del uso de este tipo de sistemas. En primer lugar, se determina la cantidad de residuos orgánicos que se pueden producir a nivel residencial y que son apropiados para el proceso de biodigestión. En segundo lugar, se analiza y se identifica la tecnología apropiada para usuarios residenciales que permita de manera eficiente la producción de biogás, así como su aplicación para la producción de calor. En tercer lugar, se realiza el análisis de viabilidad técnica y económica del proyecto, haciendo el análisis comparativo con otras tecnologías comercialmente disponibles.

Keywords: Biodigester, Biomass, Biogas, Renewable energy, Organic waste, Piura.

ABSTRACT

This project assessed the feasibility of implementing a biodigester system for residential users of the Piura region. Results prove the advantages of using biogas as an energy resource at the domestical level and by-product generated for agricultural purposes. In the same way, the advantages related to use of a renewable source of energy, as well as economic, social and environmental impacts of the use of this type of system are shown. First, the amount of organic waste that can be produced at the residential level and which are appropriate for the biodigestion process is determinated. Secondly, the appropriate technology for residential users that allows efficient biogas production, as well as its application for heat production is analysed and identified. Thirdly, the technical and economic feasibility of the Project, making a comparative analysis with other commercially available technology is performed.

1 Introducción

La región Piura está ubicada en la costa y sierra noroeste del Perú, tiene una superficie territorial de 35 892 km² y se encuentra constituida por 8 provincias y 64 distritos (Banco Central de Reserva del Perú, 2016). Su población total estimada al 2017 es de aproximadamente 1 873 024 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, 2010). En la actualidad en la región, se genera aproximadamente 811,5 t de basura al día (Ministerio del Ambiente, MINAM; Evaluación y Gestión Ambiental, Evagam S. A. C., 2014). Al no disponer de suficientes recolectores de basura y no tener un relleno sanitario apropiado, agrava la situación, afectando al presupuesto de la región, medio ambiente, la imagen urbana, a la salud de las personas e incluso a la estabilidad social de la población. La tecnología de biodigestión es una alternativa energética para solucionar este problema, se basa en el aprovechamiento de los residuos orgánicos, para producir biogás, el cual puede sustituir al gas licuado de petróleo GLP de uso doméstico. También brinda como subproducto un biofertilizante, el cual puede ser usado directamente en los cultivos, convirtiéndose en un ciclo energético sostenible en el tiempo, brindando una forma económica y eficiente de energía alternativa y tratamiento de residuos orgánicos.

2 Justificación

Se pretende realizar un proyecto de factibilidad para la implementación de un sistema de biodigestores a nivel residencial, que tenga impacto positivo desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental. Se demuestra que existe un retorno de inversión al instalar este sistema, se puede obtener múltiples beneficios a corto y largo plazo. Como, la independencia de tanques de gas para la cocción de alimentos, así como evitar la compra de fertilizantes para plantas, generando un ahorro en el presupuesto familiar, disminuyendo la contaminación del ambiente y concientizando a la población en el uso de energías renovables mostrándoles que hasta un residuo se puede convertir en un recurso.

3 Objetivos

Evaluar la factibilidad para implementar un sistema de biodigestores a nivel residencial en la región de Piura.

4 Metodología

La metodología que se ha seguido para el presente estudio consta de tres partes: en primer lugar se estima la cantidad de residuo orgánico que genera la región Piura a nivel residencial, determinando así, el potencial de producción de biogás. Segundo, se realiza un análisis y se identifica la tecnología disponible que sea apropiada para usuarios residenciales, que permitan de manera eficiente la producción de biogás. Tercero, se demuestra la viabilidad técnica y económica, así como un análisis del impacto que tiene este sistema en el medio ambiente y en la sociedad.

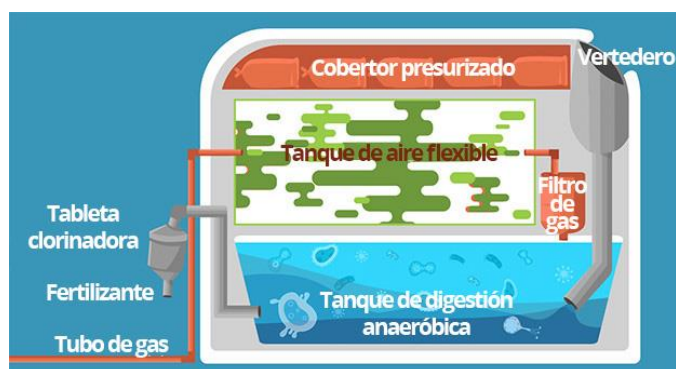
4.1 Potencial de residuos orgánicos en la región Piura a nivel residencial

Los residuos sólidos urbanos, se definen como los desechos que genera la comunidad urbana, producto del consumo y desarrollo de sus actividades cotidianas. Estos residuos incluyen los desechos residenciales, comerciales, institucionales, aseo del espacio público, de industrias y establecimientos de salud, siempre y cuando estos últimos no sean peligrosos. Estos residuos se encuentran compuestos de una gran variedad de materiales, pero principalmente de dos grupos fundamentales: residuos orgánicos, son los resultantes de la elaboración de comidas, se descomponen rápidamente y desprenden un olor muy fuerte. Y se tiene a los residuos inorgánicos, son el resultado de la industrialización de recursos naturales, como el plástico, papel, vidrio, textiles, etc. El potencial energético que posee la región Piura, se obtuvo de analizar la cantidad de residuos orgánicos domiciliarios que genera la zona urbana. La población urbana es de 1 385 206 habitantes, produciendo cada uno en promedio 0.586 kg de residuos por día, de los cuales solo el 39.92% son residuos orgánicos (Ministerio del Ambiente, MINAM; Evaluación y Gestión Ambiental, Evagam S. A. C., 2014). Por otro lado, cada habitante residencial produce 0.23 kg de residuos en un solo día. Además la región Piura cuenta con 500 300 hogares, de los cuales 369 000 se encuentran en zona urbana. (Compañía peruana de estudios de mercado y opinión pública SAC, CPI, 2013).

5 Proceso de Producción de biogás

El proceso de producción de biogás se puede resumir en 5 etapas: primero, se alimenta el biodigestor con residuos orgánicos, este se ingresa en el vertedero. Segundo, los residuos se dirigen directamente al tanque de digestión, produciendo biogás. Tercero, el biogás generado se filtra y almacena en el tanque flexible. Cuarto, se produce el biofertilizante líquido. Quinto, los tubos transportan el biogás para su consumo. (Arce, 2011)

Figura 1. Proceso digestivo del biodigestor



Fuente: (Homebiogas, Información técnica, 2017)

El biogás es un gas combustible, está formado principalmente de metano en una concentración de 55% al 70% y dióxido de carbono en un 30% a 45%. La composición del biogás depende de la calidad de los residuos digeridos y de la tecnología del biodigestor. Posee una composición similar al gas natural, sin embargo presenta una mayor cantidad de impureza en un bajo porcentaje, entre esto se tiene al ácido sulfhídrico, monóxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno. Estas impurezas deben ser removidas de acuerdo a la aplicación que tendrá el biogás generado. El metano es el componente energético útil en el biogás, teniendo este último un calor específico variable. De esta forma se puede utilizar como reemplazo de diferentes

fuentes energéticas, por ejemplo, 1 m³ de biogás puede sustituir aproximadamente: 0.58 litros de kerosene, 0.5 a 1.5 kg de leña, 0.61 litros de gasolina y 0.74 kg de carbón vegetal. (Anchundia & Ruiz, 2012). Existen diversas aplicaciones para aprovechar el biogás, como por ejemplo: cocción de alimentos, iluminación, combustible de motores, refrigeración y generación eléctrica. En comparación con el GLP doméstico, un balón de gas de 10 kg equivale a 20 m³ de biogás, debido a que el GLP posee un poder calorífico de 11 739 kCal/kg (Osinergmin, Diferencias Físico - Químicas del Gas Natural el GLP, s.f.), mientras que el biogás posee un poder calorífico de 6 000 kCal/m³ (Jaimovich, y otros, 2015).

El biofertilizante, también conocido como biol, es un subproducto que brinda la digestión anaeróbica, como una descarga del tanque digestor producto del largo proceso de fermentación. Es muy útil para acelerar el crecimiento y aumentar la resistencia a las plagas. Los 3 macronutrientes que necesitan las plantas: nitrógeno, fósforo y potasio se encuentran en una concentración de 260 mg/L, 20 mg/L, 275 mg/L respectivamente. El nivel de fósforo será ligeramente inferior si el biodigestor se alimenta de residuos vegetales y será mayor la concentración de este cuando se alimente de huesos y carne. El nivel de nitrógeno y potasio es mayor al requerimiento de una planta, por ende se recomienda diluirlo en agua antes de su uso. También posee micronutrientes, los cuales se encuentran en la cantidad necesaria para las plantas, entre ellos tenemos al calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, zinc, níquel. (Homebiogas, Liquid Fertiliser Informational Brochure, 2017).

La velocidad de los procesos biológicos depende mucho de la tasa de crecimiento de los microorganismos involucrados, la cual depende de la temperatura que se encuentra. A una mayor temperatura esta tasa de crecimiento aumenta, lo que provoca mayor velocidad en los procesos de digestión anaeróbica, produciendo una mayor cantidad de biogás. La digestión anaeróbica se puede producir en un amplio rango de temperaturas (4°C a 80°C) y dependiendo de éstas es el tiempo de fermentación.

Existen tres rangos de temperatura, dentro de los cuales proliferan distintos tipos de microorganismos anaeróbicos (véase Tabla 1).

Tabla 1. Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica

Fermentación	Mínimo	Optimo	Máximo	Tiempo de Fermentación
Psicrofílica	4-10 °C	15-18 °C	20-25 °C	Más de 100 días
Mesofílica	15-20 °C	25-35 °C	35-45 °C	30-60 días
Termofílica	25-45 °C	50-60 °C	75-80 °C	10-15 días

Fuente: (Ministerio de Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, GEF, 211)

De todos los tres rangos de temperatura, el régimen mesofílico es más usado, por razones de requerimientos energéticos. Como dato adicional se debe tener en cuenta como regla general, que la tasa de generación del metano se duplica por cada 10 °C de incremento de temperatura. (Daniela Almeida, 2010)

6 Tecnologías de los Biodigestores

El biodigestor, es una cámara hermética cerrada e impermeable que se utiliza para producir biogás. Además también brinda como subproducto un biofertilizante, el cual

puede ser usado directamente en los cultivos. Estos productos se logran gracias a que en su interior se realiza un proceso de fermentación anaeróbica, el cual consiste en la descomposición de los desechos orgánicos que se vierten dentro de la cámara.

Existen múltiples tipos de biodigestores, estos se pueden agrupar en base a distintos parámetros, sin embargo existen dos grandes clasificaciones, que son las siguientes: por el tipo de operación y por su construcción. (Navarro, 2015)

6.1 Por el tipo de operación.

6.1.1 Flujo discontinuo

También es conocido como biodigestor de lote o batch, la carga se realiza una sola vez, descargándose cuando ha dejado de producir biogás o los desechos orgánicos se encuentren suficientemente degradados, luego se repite la operación de carga. Este tipo de biodigestor suelen ser usados cuando los desechos orgánicos a procesar los tenemos de manera intermitente. (Garzón, 2011).

6.1.2 Flujo semicontinuo

Los biodigestores de flujo semicontinuo son los más usados a nivel doméstico, se cargan por gravedad una vez por día, así producen una cantidad de biogás constante en el día. También generan un efluente, el biofertilizante, el cual también se descarga diariamente para el riego de las plantas. Suelen ser biodigestores que no necesitan mucha mano de obra y tampoco un mantenimiento complejo (Salamanca, 2009).

6.1.3 Flujo continuo

La carga en este tipo de biodigestores se realiza de manera periódica, y se descarga en forma simultánea en la misma cantidad en que se ingresan los residuos orgánicos, siendo un proceso ininterrumpido. Este tipo de biodigestores son de gran tamaño y requiere de una inversión tecnológica, porque es necesario el seguimiento y control de los desechos orgánicos para su rápida fermentación. Se utilizan principalmente en el tratamiento de aguas negras. (Bolívar & Ramírez, 2012)

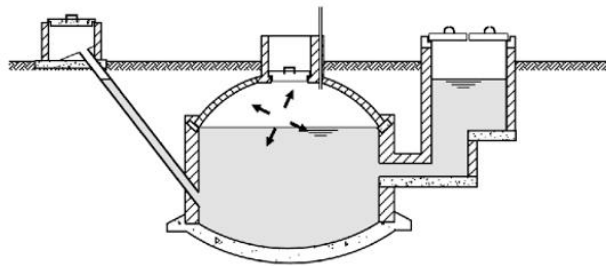
6.2 Por su construcción

Dentro de este grupo se puede encontrar varios modelos de construcción, sin embargo algunos modelos son variaciones de otros. Se clasifican en 3 tipos (Forget, 2011):

6.2.1 Tipo Chino

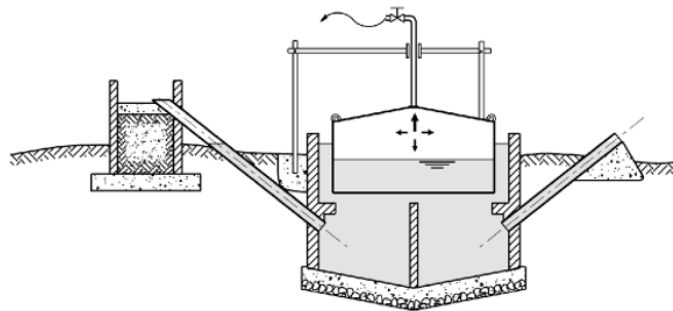
Este modelo es el más difundido en el mundo, también conocido como biodigestor de cúpula fija. Este se construye enterrado a partir de ladrillos y concreto y no posee un gasómetro integrado, por lo tanto el gas se acumula en el interior del biodigestor, aumentando la presión progresivamente, forzando al biofertilizante salir por el otro extremo. Estos biodigestores tienen como principal objetivo la producción de fertilizante y no la de biogás, debido a sus variaciones de presión en su interior (véase Figura 2).

Figura 2. Esquema de Biodigestor tipo chino



Fuente: (Guardado, 2007)

Figura 3. Esquema de Biodigestor tipo Hindú



Fuente: (Guardado, 2007)

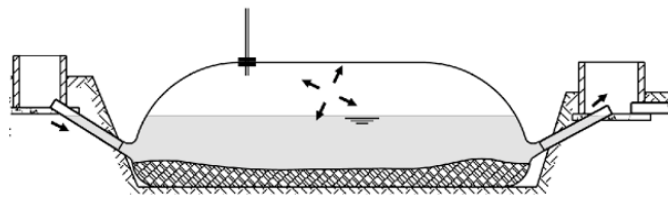
6.2.2 Tipo hindú

El biodigestor Hindú, también conocido como biodigestor de cúpula flotante, fue desarrollado por la necesidad de buscar energías alternativas, que pueda reemplazar al combustible en India. Al igual que los de tipo Chino, son enterrados, a base de ladrillo y cemento; pero la gran diferencia es que poseen una cúpula flotante anticorrosiva, la cual se desplaza hacia arriba si se produce biogás y se desplaza hacia abajo si consume biogás. Es muy eficiente en la producción de biogás, debido a que la presión dentro del biodigestor se mantiene casi constante, con pocas fluctuaciones, y posee un gasómetro integrado (véase Figura 3).

6.2.3 Tipo Taiwán

Comúnmente llamado biodigestor tubular, fabricado de material sintético de alta densidad, tiene una forma tubular horizontal. El flujo de materia se desplaza horizontalmente de la entrada de la carga y la salida del biofertilizante, las ventajas de este tipo de biodigestores es que tienen un bajo costo, facilidad de operación mantenimiento (véase Figura 4).

Figura 4. Esquema de Biodigestor tipo Taiwán



Fuente: (Guardado, 2007)

7 Selección del equipo

Para seleccionar el biodigestor adecuado de uso doméstico en zonas residenciales es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros: el coste de instalación, los principales usuarios domiciliarios, ingreso familiar mensual, el cual es de 3 171 nuevos soles en promedio de la zona urbana. (Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados, APEIM, 2016). En la mayoría de familias donde se podría instalar este sistema de biodigestores, no tienen la capacitación técnica profesional para realizar estas actividades. El sistema de biodigestor a implementar en los hogares residenciales es del tipo Taiwán, por su bajo coste y porque su instalación puede ser realizada directamente por el usuario. También aprovecha de manera óptima la producción diaria de residuos orgánicos, al ser un biodigestor que trabaja dentro del régimen semicontinuo o continuo. La vida útil es la desventaja más importante que posee este tipo de biodigestores, coincide con la duración de la cámara de biodigestión, usualmente construida con neopreno o PVC (Poggio, 2007). En promedio los biodigestores tipo Taiwán poseen una vida útil de 10 años (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2014). En la región de Piura la temperatura varía entre 20 °C y 30 °C en el día, elevándose a 35 °C en el verano, según la data obtenida de la estación meteorología de la Universidad de Piura. La temperatura en el interior del biodigestor Taiwán en promedio es constante y tiende a tomar un valor entre las temperaturas mínimas y máximas del día, aproximadamente de 25 °C, y se ubica en el rango de temperaturas donde proliferan los microorganismos mesofílicos. (Marianna Garfí, 2016).

7.1 Aspectos medioambientales y sociales.

La implantación de un sistema de biodigestores en los domicilios residenciales reduciría la contaminación ambiental mediante el tratamiento de los residuos orgánicos que actualmente se desechan en las calles, ayudaría a la independencia de los combustibles fósiles brindando un biocombustible que se utiliza en cocción de alimentos, se reduciría las emisiones de los gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global. Las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, son los principales gases que contaminan el medio ambiente. Perú en el 2016, por la quema de combustible a nivel comercial, residencial y público se produce 3 159 Gg de CO₂, 6 Gg CO₂eq de CH₄ y 3 Gg CO₂eq de N₂O. Mientras que los desechos sólidos solo generan 6 005 Gg CO₂eq de CH₄ (Ministerio del Ambiente, MINAM, 2016). Mediante el uso del sistema de biodigestores en los hogares se puede reducir la quema de combustible (GLP doméstico), y aprovechar el gas metano que generan los residuos orgánicos desechados.

En adición a los beneficios ambientales, implementar este sistema de biodigestores también trae consigo beneficios sociales, como por ejemplo: mejorar la calidad de vida de las personas, generar una expectativa de lo que se puede lograr con los residuos que generamos, enseñar a utilizar biofertilizante producidos por el usuario de manera gratuita. Ya existen programas en donde se incentiva al reciclaje de residuos inorgánicos como el papel, plástico, vidrio, textiles, etc. Sin embargo no existen programas que se incentive el reciclaje de residuos orgánicos, con este sistema de biodigestores, servirá de ejemplo a la sociedad, de cómo se puede producir combustibles limpios de otra fuente de recurso que se desechaban. Entonces se puede enseñar a la población al demostrarles que un residuo se puede transformar en un recurso.

8 Análisis Económico y Financiero

8.1 Costo del equipo

Se seleccionó el biodigestor de la marca HomeBiogas. Se cotizó el equipo directamente con la empresa que los fabrica. Se escogió este biodigestor porque es la opción más rentable actualmente, además dispone de envíos a nivel internacional, incluyendo Perú.

El costo total del equipo, incluyendo el envío, es de 1 230 dólares (Homebiogas, Checkout, 2017), el tipo de cambio a nuevos soles es de 3.25 (SUNAT, Tipo de Cambio, 2017), esto resulta un valor de 4 000 nuevos soles (véase Tabla 2).

Tabla 2. Costo del equipo y envío a Perú

Descripción	Valor (dólares)
Costo del Equipo	1090 \$
Costo de envío a Perú	140 \$

Fuente: Elaboración Propia

Cuando el producto ingresa al Perú este es retenido temporalmente en el almacén de la Aduana, la cual te notifica que se debe cancelar un monto adicional por impuestos (SUNAT, Pagos y Garantías: Tributación Aduanera, 2017) . Estos son un total de 285 dólares, al cambiarlos a moneda nacional, resulta 925 nuevos soles (véase Tabla 3).

Tabla 3. Impuestos cobrados en el Perú por el biodigestor HomeBiogas

Descripción	Porcentaje	Valor (dólares)
Ad/Valorem*	4%	50,07 \$
IGV	16%	208,30 \$
IPM	2%	26,04 \$

Fuente: Elaboración Propia.

El costo total del equipo puesto en Piura, con gastos de envío e impuestos, es de 4 920 nuevos soles.

8.2 Costo de la Instalación

No existe algún costo de instalación, ya que equipo trae consigo una guía completa paso a paso como instalarlo, así como recomendaciones para su óptima ubicación y manipulación del biodigestor.

8.3 Costo del mantenimiento y de la operación.

Como todo equipo que se encuentra en constante funcionamiento, siempre es necesario realizar manteniendo periódicamente, de tal manera que se pueda prevenir futuros accidentes o imperfectos. Las recomendaciones de mantenimiento son las siguientes:

- Reemplazar su filtro de gas una vez al año. El filtro de gas elimina el sulfuro de hidrógeno del biogás que se produce. Se puede emplear un filtro de carbón activo, el cual tiene un costo de aproximadamente 80 nuevos soles.
- Eliminar los residuos que se acumulan en la parte inferior del tanque del biodigestor. Estos se deben retirar una vez cada 3 años, y se pueden utilizar, aplicándolos directamente en el jardín o huerto.

- Sustituir la tableta cloro en caso se haya disuelto por completo, este comprimido ayuda a la desinfección de las bacterias restantes en el biofertilizante.

8.4 Costo de la tecnología actual

En los hogares residenciales de la región Piura se utiliza una cocina a gas para la cocción de los alimentos, se tomará como base que una familia está constituida por 4 personas y utiliza cada 40 días un balón de gas (GLP) de 10 kg, el cual tiene un costo de 42 nuevos soles (Osinermin, Precio del Cilindro de Gas Licuado de Petroleo en Locales de Venta, 2017). El costo del GLP doméstico aumenta en promedio 0,23% mensualmente, se ha utilizado este dato para calcular el costo del GLP consumido anualmente (Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, 2017).

En un hogar residencial existe la costumbre de tener plantas ornamentales. Para mantenerlas en buena condición se acostumbra a suministrarles fertilizantes, gastando como mínimo 15 nuevos soles mensuales, que es el costo de un fertilizante líquido de 600 ml. Teniendo en cuenta que el biodigestor que se seleccionó provee de un promedio de 5 a 10 litros de biol (Homebiogas, Liquid Fertiliser Informational Brochure, 2017), este se puede vender y así, obtener mayores ganancias. Siguiendo este supuesto, se puede obtener un ingreso promedio de 100 nuevos soles mensuales.

8.5 Flujo de costos

Para decidir si un sistema debe ser implementado, es fundamental que exista una viabilidad económica, reflejada en el retorno de la inversión en un tiempo adecuado.

Para el análisis económico no se ha considerado un financiamiento del proyecto por parte de una entidad bancaria, se utilizará un capital propio para solventar el costo del biodigestor y su mantenimiento. Este capital invertido deberá ser analizado a lo largo a lo largo de los 10 años de vida útil que posee el biodigestor y utilizando una tasa de retorno mínima atractiva (TREMA), la cual es comparable con una tasa de interés que brinda una entidad bancaria al invertir en ella el capital sin tener riesgo alguno, la mayor tasa de interés en soles que se puede encontrar en el mercado financiero que se puede encontrar es de 7,12% (Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, 2017). Los parámetros que se mencionan anteriormente permiten obtener datos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa de Valor de Retorno (TIR), la Relación Beneficio/Costo (R-B/C) (Posas, 2005) (véase Figura 5).

Figura 5. El Flujo Financiero del Proyecto de implementación de un sistema de biodigestor para usuarios residenciales en la región Pira

CATEGORÍAS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo de inversión (soles)	-4920.00										
Biodigestor	-4920.00										
Costos de operación (soles)	0.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00
Filtro de carbono Activo		-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00	-80.00
Ingresos	0.00	1582.74	1593.60	1604.76	1616.24	1628.04	1640.18	1652.67	1665.51	1678.71	1692.29
Ahorro en Tanque de Gas		382.74	393.60	404.76	416.24	428.04	440.18	452.67	465.51	478.71	492.29
Venta del Fertilizante		1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
FLUJO NETO FINANCIERO	-4920.00	1502.74	1513.60	1524.76	1536.24	1548.04	1560.18	1572.67	1585.51	1598.71	1612.29
TREMA	7.12%										
FLUJO NETO FINANCIERO ACTUALIZADO											
VAN	5896.97										
TIR	28.64%										
R-B/C	2.08										
Se recupera la inversión entre los años	3 y 4										

9 Resultados

Los resultados del proyecto cuando la inversión es mediante el capital propio son:

$$\text{VAN} = \text{S/} 5896.97$$

$$\text{TIR} = 28.64$$

$$\text{R}_{-B/C} = 2.08$$

Estos valores del VAN, TIR y R-B/C significan que:

- El valor del VAN al ser positivo, indica que el proyecto permite recuperar la inversión inicial y el mantenimiento anual del equipo. Además brinda una utilidad

aproximada de 5 900 nuevos soles, en comparación a la mejor alternativa de inversión.

- El TIR se encuentra por encima del TREMA, con un valor de 28,64%, lo que significa que el proyecto es rentable.
- El R-B/C indica que por cada nuevo sol que se invierta a lo largo del proyecto, se obtiene una ganancia de 1,08 nuevos soles.

10 Conclusiones

Se concluye que el proyecto es rentable con 21.52% más en comparación a invertir el dinero en una entidad bancaria, siendo este un parámetro muy atractivo para el inversionista. También se observa que existe una utilidad de 5900 soles, lo cual es aproximadamente el 120% de la inversión inicial. Teniendo estos parámetros se puede deducir el retorno de la inversión en un promedio de 3 a 4 años, otro factor muy importante a la hora de tomar la decisión en invertir en un proyecto con este.

Para poder decidir si se invierte en un sistema biodigestor, es necesario realizar un mayor análisis en el riesgo que posee este tipo de proyectos, sin embargo con los aspectos financieros, ambientales y sociales mencionados anteriormente, se puede concluir que el proyecto es factible.

Referencias Bibliográficas

- Anchundia, G., & Ruiz, B. (2012). Implementación de un biodigestor, para la utilización y aprovechamiento de los residuos generados en las actividades productivas del camal municipal de Manta. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Ecuador.
- Arce, J. (2011). Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador.
- Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados, APEIM. (2016). Niveles Socioeconómicos 2016. Lima.
- Banco Central de Reserva del Perú. (2016). Caracterización del departamento de Piura. Perú.
- Bolívar, H., & Ramírez, E. (2012). Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Compañía peruana de estudios de mercado y opinión pública SAC, CPI. (noviembre de 2013). Perú: Población 2013. Lima, Perú.
- Daniela Almeida, D. R. (2010). Estudio de la co-digestión anaeróbica de desechos orgánicos agroindustriales. AVANCES, Vol. 2, Pags. C12-C17.
- Forget, A. (2011). Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares. Lima, Peru. Obtenido de Technologies appropriées – mon expérience péruvienne.

- Fuentes, A. (2012). Diseño y construcción de un biodigestor con sistema automático para generación de biogás en la finca Tanguarín de la parroquia San Antonio de Ibarra. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Garzón, M. (2011). Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Gobierno de Chile, Ministerio de Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO; Glogal Environment Facility, GEF. (211). Manual de biogás. Santiago de Chile: FAO.
- Guardado, J. (2007). Diseño y Construcción de plantas de biogás sencillas. Ciudad de la Habana, Cuba: CUBASOLAR.
- Homebiogas. (abril de 2017). Checkout. Obtenido de <https://homebiogas.com/checkout/>
- Homebiogas. (abril de 2017). Información técnica. Obtenido de <http://homebiogasargentina.com/como-funciona>
- Homebiogas. (abril de 2017). Liquid Fertiliser Informational Brochure. Obtenido de <https://faq.homebiogas.com/en/article/fertiliser-brochure>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (noviembre de 2010). Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Departamental, por Años Calendario y Edades Simples 1995 - 2025. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (2017). Variación de los indicadores de precios de la economía.
- Jaimovich, O., Acevedo, F., Badell, N. E., Cerdá, A., Hardoy, E., & Vallarino, J. M. (2015). Tratamiento de residuos cloacales con Biodigestores. Buenos Aires, Argentina.
- Marianna Garfí, J. M.-H. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Pags. 599 – 614.
- Ministerio del Ambiente, MINAM. (2016). Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima, Perú: Gráfica Biblos S.A.
- Ministerio del Ambiente, MINAM; Evaluación y Gestión Ambiental, Evagam S. A. C. (diciembre de 2014). Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013. Lima, Perú.
- Navarro, R. (2015). Criterios para la implementación de biodigestores familiares en Iztapalapa. Universidad Autónoma de la ciudad de México, Mexico D.F.
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, OPDS; Subsecretaría de Educación, DGCyE. (2008). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Buenos Aires: OPDS.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2014). Biogas Comunitario.

- Osinermin. (abril de 2017). Precio del Cilindro de Gas Licuado de Petroleo en Locales de Venta. Obtenido de <http://www.facilito.gob.pe>
- Osinermin. (s.f.). Diferencias Físico - Químicas del Gas Natural el GLP. Recuperado el abril de 2017, de <http://srvgart07.osinermin.gob.pe/webdgn/contenido/diferencias-fisico-quimicas-gn-glp.html>
- Poggio, D. (2007). Diseño y construcción de dos digestores anaeróbicos en el altiplano andino peruano. Universitat Politècnica de Catalunya, España.
- Posas, R. R. (2005). La formulación y la evaluación de proyectos con énfasis en el sector agrícola. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Salamanca, J. (2009). Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico. Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador.
- SUNAT. (abril de 2017). Pagos y Garantías: Tributación Aduanera. Obtenido de <http://www.sunat.gob.pe/orientacionaduanera/pagosgarantias/>
- SUNAT. (abril de 2017). Tipo de Cambio. Obtenido de <http://www.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias>
- Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. (abril de 2017). Tasa de interés promedio del sistema bancario. Obtenido de <http://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIPasivaDepositoEmpresa.aspx?tip=B>.