

# Estudio de factibilidad de un sistema biodigestor para el aprovechamiento de los residuos comerciales

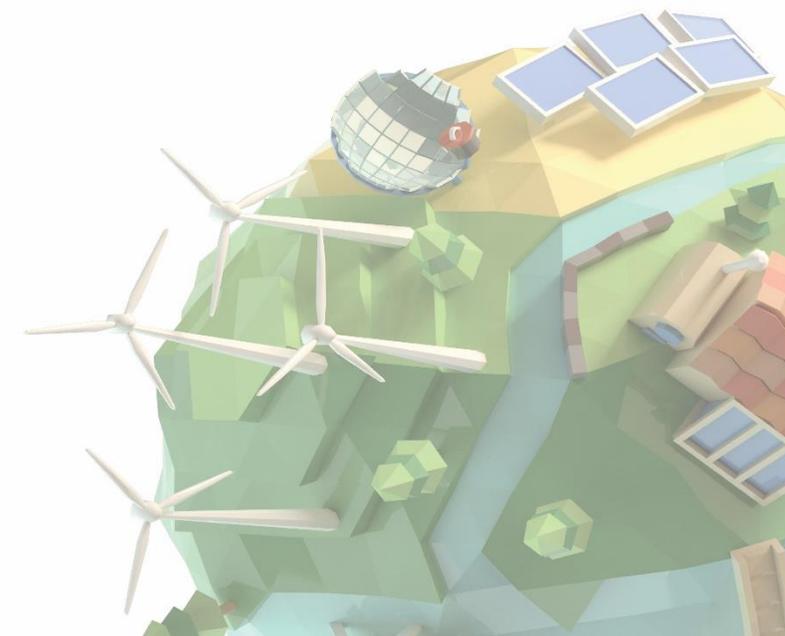
Daniel Marcelo Aldana / Antonio Peralta Talledo

*Universidad de Piura*



PRIMER CONGRESO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y  
ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA | **CABER 2017**

**"Reconstruyendo el Perú Sosteniblemente"**





**CABER**  
LIMA- PERÚ 2017



**100 años**  
**PUCP**



- En la actualidad, en la región Piura se genera aproximadamente 811,5 t de basura al día. Al no disponer de suficientes recolectores de basura y no tener un relleno sanitario apropiado, la situación se agrava. Esto afecta al presupuesto de la región, al medio ambiente, a la imagen urbana, a la salud de las personas e incluso a la estabilidad social de la población.

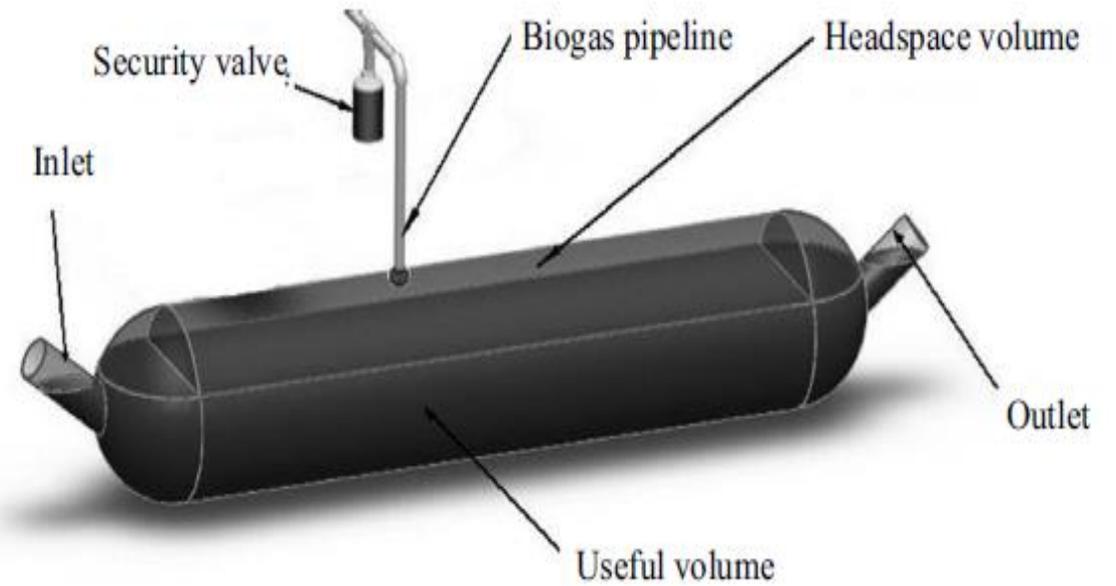
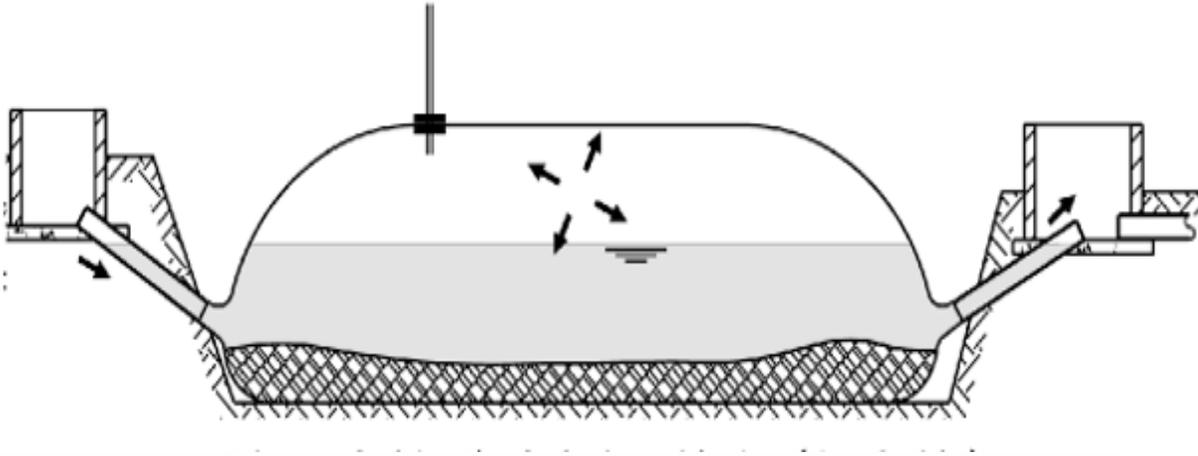
- El potencial de generación de residuos sólidos en la región Piura en el sector comercial, es muy variado. Los establecimientos de giros comunes generan un total de 87 t, los hoteles y hospedajes generan 1.4 t, mientras que los mercados generan un total de 163 t y por último los restaurantes que generan 40 t. El sector comercial genera un total de 291.4 t de residuos sólidos en la región.
- Respecto a los residuos orgánicos, en los establecimientos de giros comunes presentan un 8%, los hoteles y hospedajes presenta un 42%, mientras que los mercados se tiene 70% y por último los restaurantes que generan 75%.

- La opción más atractiva para instalar el sistema de biodigestores son los restaurantes, debido a su potencial para generar residuos orgánicos el cual es en promedio de 4.22 kg.
- Se extrapola la cantidad de restaurantes censados en el año 1994 y el año 2008 en la región Piura; y se obtiene un aproximado de 7 147 establecimientos al año 2016, generando así un total de 40 880 kg de residuos sólidos.

# Generación de residuos orgánicos de los restaurantes en la región Piura

Provincia	Cantidad de restaurantes al año 2016	Generación promedio de residuos sólidos (kg/día)	Generación promedio de residuos orgánicos (kg/día)
Piura	3074	17583	12972
Ayabaca	380	2172	1602
Huancabamba	279	1593	1175
Morropón	509	2914	2150
Paíta	244	1393	1028
Sechura	415	2374	1751
Sullana	1349	7715	5692
Talara	899	5140	3792
<b>Total</b>	<b>7147</b>	<b>40883</b>	<b>30162</b>

# Biodigestor Taiwán



# Generación de residuos sólidos en los casos de estudio

Área del Restaurante (m <sup>2</sup> )	Duración de 1 balón de gas de 10 kg (días)	Residuos orgánicos (kg/día)	Residuos inorgánicos (kg/día)
210	2/3	36.8	5.4
110	2	14.54	3.76
70	4	9.88	1.02
30	7.5	3.88	0.82

# Caracterización de los residuos orgánicos muestreados

Muestra	Humedad (%)	pH	Sólidos totales (%)	Cenizas (%) <sup>a</sup>	Sólidos Volátiles (%) <sup>a</sup>
<b>01</b>	70.9	5.49	29.1	15.5	84.5
<b>02</b>	64.1	5.5	35.9	7.4	92.6
<b>03</b>	73.8	5.96	26.2	9.8	90.2
<b>04</b>	80.1	5.44	19.9	11.9	88.1
<b>Promedio</b>	72.2	5.6	27.8	11.15	88.85
<b>Rango de variación</b>	64 – 80	5.4 – 6	20 – 36	7.4 – 15.5	84.5 – 93

## FLUJO DE COSTOS

- 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 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 es de 7,12%.

# Parámetros evaluados

DESCRIPCION	VALOR	UNIDADES
Contenido energético del Metano (gaseoso)	37300,00	$\text{kJ/m}^3$
1 kcal	4,18	kJ
Poder calorífico inferior del Metano (gaseoso)	8914,91	kCal/kg
Composición porcentual del metano ( $\text{CH}_4$ ) en el biogás	57,00	%
Composición porcentual de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en el biogás	43,00	%
Contenido energético neto del biogás	5081,50	$\text{kCal/m}^3$

Poder calorífico neto del Butano	45370,00	kJ/kg
Poder calorífico neto del Propano	46340,00	kJ/kg
Composición porcentual del butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) en el balón de gas de 10 kg (GLP doméstico)	40,00	%
Composición porcentual del propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) el balón de gas de 10 kg (GLP doméstico)	60,00	%
Poder calorífico neto del GLP Doméstico (osinergmin porcentuales)	10982,79	kCal/kg
Costo del valor de gas de 10 kg	42,00	soles
Porcentaje de inflación del GLP doméstico mensual	0,23	%
Porcentaje de inflación del GLP doméstico modificado	0,03	%
Peso de un balón de gas de GLP	10,00	Kg
Contenido energético en un balón de gas de 10 kg (GLP doméstico)	109827,92	kCal
Volumen de biogás equivalente a 1 balón de gas de 10 kg (GLP doméstico)	21,61	m <sup>3</sup>

Composición porcentual de humedad en los residuos orgánicos	72,20	%
Composición porcentual de sólidos totales (ST) en los residuos orgánicos	27,80	%
Composición porcentual de cenizas en los residuos orgánicos en base seca	11,15	%
Composición porcentual de sólidos volátiles (SV) en los residuos orgánicos en base seca	88,85	%
Composición porcentual de carbono orgánico en los residuos orgánicos	52,50	%
Composición porcentual de Nitrogeno en los residuos orgánicos	2,95	%
Rango de C/N	17,80	unidades
Cantidad SV presentes en 1 kg de Residuos orgánicos	0,25	kg

Volumen de metano (CH <sub>4</sub> ) que genera 1 kg de SV de residuos orgánicos	0,36	m <sup>3</sup>
Volumen de metano (CH <sub>4</sub> ) que genera 1 kg de residuos orgánicos	0,09	m <sup>3</sup>
Volumen de biogás que genera 1 kg de residuos orgánicos	0,16	m <sup>3</sup>
Área del restaurante	210,00	m <sup>2</sup>
Consumo de 1 balón de gas de 10 kg (GLP doméstico) del Restaurante	0,67	días
Residuos orgánicos diario que genera 1 restaurante	36,00	kg
Cantidad SV totales presentes en los residuos orgánicos	8,89	kg
Densidad de los residuos orgánicos de restaurantes	593,17	T/m <sup>3</sup>
Volumen total de mis residuos sólidos	60,69	L

Volumen de biogás que genera a diario el restaurante	5,68	m <sup>3</sup>
Cantidad de GLP doméstico que se ahorra a diario	2,63	kg
Días necesario para ahorrar 1 balón de gas de 10 kg (GLP doméstico)	3,81	días
Porcentaje de la demanda de gas que cubre el biodigestor	17,52	%
Temperatura de digestión	35,00	T
Tiempo de retención hidráulica	20,00	días
Porcentaje optimo de humedad	92,00	%
Relación agua-sustrato	2,48	L de agua/kg de sustrato
Litros de residuos orgánicos	60,69	L
litros de agua que se añade	89,10	L
Volumen Total del sustrato por día	149,79	L

Volumen mínimo del reactor según el THR	3,00	m <sup>3</sup>
COD nuevo con el volumen del biodigestor seleccionado	2,96	kg SV/ m <sup>3</sup> del biodigestor
Volumen total del reactor seleccionado	3,00	m <sup>3</sup>
Volumen total del sistema digestor seleccionado	4,00	m <sup>3</sup>
Volumen del digestor del biodigestores de 1 m <sup>3</sup>	1,00	m <sup>3</sup>
Volumen del digestor del biodigestores de 3 m <sup>3</sup>	3,00	m <sup>3</sup>
Volumen del digestor del biodigestores de 5 m <sup>3</sup>	5,00	m <sup>3</sup>
Volumen del reactor del biodigestores de 1 m <sup>3</sup>	0,75	m <sup>3</sup>
Volumen del reactor del biodigestores de 3 m <sup>3</sup>	2,25	m <sup>3</sup>
Volumen del reactor del biodigestores de 5 m <sup>3</sup>	3,75	m <sup>3</sup>
Volumen de almacenamiento del biogás del biodigestores de 1 m <sup>3</sup>	0,25	m <sup>3</sup>
Volumen de almacenamiento del biogás del biodigestores de 3 m <sup>3</sup>	0,75	m <sup>3</sup>
Volumen de almacenamiento del biogás del biodigestores de 5 m <sup>3</sup>	1,25	m <sup>3</sup>
Cantidad de biodigestores de 1 m <sup>3</sup>	1,00	unidades
Cantidad de biodigestores de 3 m <sup>3</sup>	1,00	unidades
Cantidad de biodigestores de 5 m <sup>3</sup>	0,00	unidades

Costo del biodigestores de 1 m <sup>3</sup> (incluyendo envío). Empresa Homebiogas	4040,00	soles
Costo del biodigestores de 3 m <sup>3</sup> (incluyendo envío). Empresa Træsure	12400,00	soles
Costo del biodigestores de 5 m <sup>3</sup> (incluyendo envío). Empresa Træsure	17108,00	soles
<b>Costo total de biodigestores</b>	<b>16440,00</b>	<b>soles</b>
<b>Metros cúbicos de biogás adicional por almacenar</b>	<b>4,67</b>	<b>m3</b>
Cantidad de bolsa para almacenar biogás de 1 m <sup>3</sup>	0,00	unidades
Cantidad de bolsa para almacenar biogás de 3 m <sup>3</sup>	0,00	unidades
Cantidad de bolsa para almacenar biogás de 5 m <sup>3</sup>	1,00	unidades
Cantidad de bolsa para almacenar biogás de 10 m <sup>3</sup>	0,00	unidades
Costo de la bolsa para almacenar biogás de 1 m <sup>3</sup>	570,00	soles
Costo de la bolsa para almacenar biogás de 3 m <sup>3</sup>	1236,00	soles
Costo de la bolsa para almacenar biogás de 5 m <sup>3</sup>	1533,00	soles
Costo de la bolsa para almacenar biogás de 10 m <sup>3</sup>	3731,00	soles
Set de tuberías para la instalación de las bolsas de almacenamiento	213,00	soles
<b>Costo total del sistema de almacenamiento de biogás</b>	<b>1746,00</b>	<b>soles</b>
<b>Costo total del sistema de biodigestores</b>	<b>18186,00</b>	<b>soles</b>

Costo total del sistema de biodigestores	18186,00	soles
Costo de desulfurizador de 8 litros	298,00	soles
Metros cúbico de biogás que filtra el desulfurizador de 8 litros	800,00	soles
Costo del mantenimiento anual del sistema biodigestor	761,48	soles
Costo de 1 litro de fertilizante orgánico	0,00	soles
Venta del fertilizante orgánico líquido generado mensualmente	0	soles

Para el primer caso no se ha tenido en cuenta la venta del fertilizante



Para el segundo caso se tendrá en cuenta la venta del fertilizante, obteniendo una ganancia de solo cero 0,20 nuevos soles

Costo de 1 litro de fertilizante orgánico	0,20	soles
Venta del fertilizante orgánico líquido generado mensualmente	898,75	soles



# Conclusiones

- Los resultados del proyecto cuando la inversión es mediante el capital propio son y además no se toma en consideración la venta del fertilizante:
- 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 8 000 nuevos soles, en comparación a la mejor alternativa de inversión. El TIR se encuentra por encima del TREMA, con un valor de 15,18%, 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 0,34 nuevos soles. Teniendo estos parámetros se puede deducir el retorno de la inversión en un promedio de 6 a 7 años
- Se supone que se obtiene una ganancia de 0,2 nuevos soles por 1 litro de fertilizante, se obtiene un ingreso anual de 4356 nuevos soles. Resultando el Van de 83 334 nuevos soles, TIR de 77,8%, R-B/C de 4,55 y la inversión se recupera en 1 a 2 años. Se concluye que el proyecto es rentable en ambos casos, pero en el primero existe un mayor riesgo de inversión.

# Agradecimientos

Los investigadores manifiestan su agradecimiento a Fondecyt – Concytec por el financiamiento del proyecto N° 131-2015-FONDECYT “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA LA VALIDACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA, EN APLICACIONES DOMÉSTICAS EN ZONA RURALES DE LA REGIÓN PIURA, A PARTIR DE TRATAMIENTOS DE SUS RESIDUOS ORGÁNICOS” y a la UNIVERSIDAD DE PIURA por el especial apoyo brindado.