



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Modelado de la etapa de hidrólisis para la producción de hidrogeno con CeO2 utilizando energía solar concentrada

**Authors:** Sergio Esteban Vigueras-Carmona, José Guadalupe Vian-Pérez  
Alejandra Velasco-Pérez, Gabriela Zafra-Jiménez

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 18

**Mail:** [ibvianperez@gmail.com](mailto:ibvianperez@gmail.com)

**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: [contacto@ecorfan.org](mailto:contacto@ecorfan.org)  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

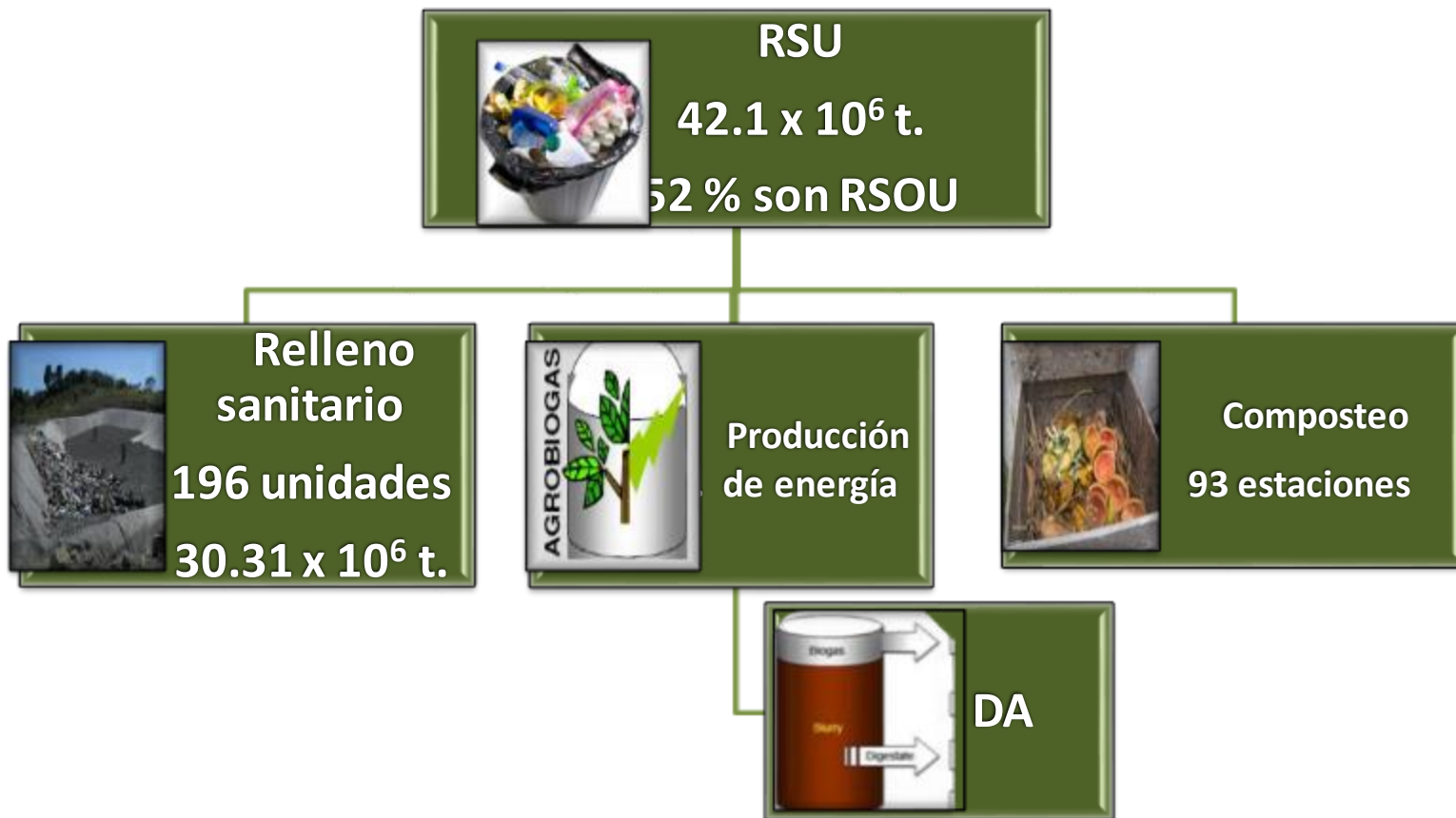
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
<b>Peru</b>	<b>Spain</b>	<b>Cuba</b>	<b>Haití</b>
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



# 1. INTRODUCCIÓN

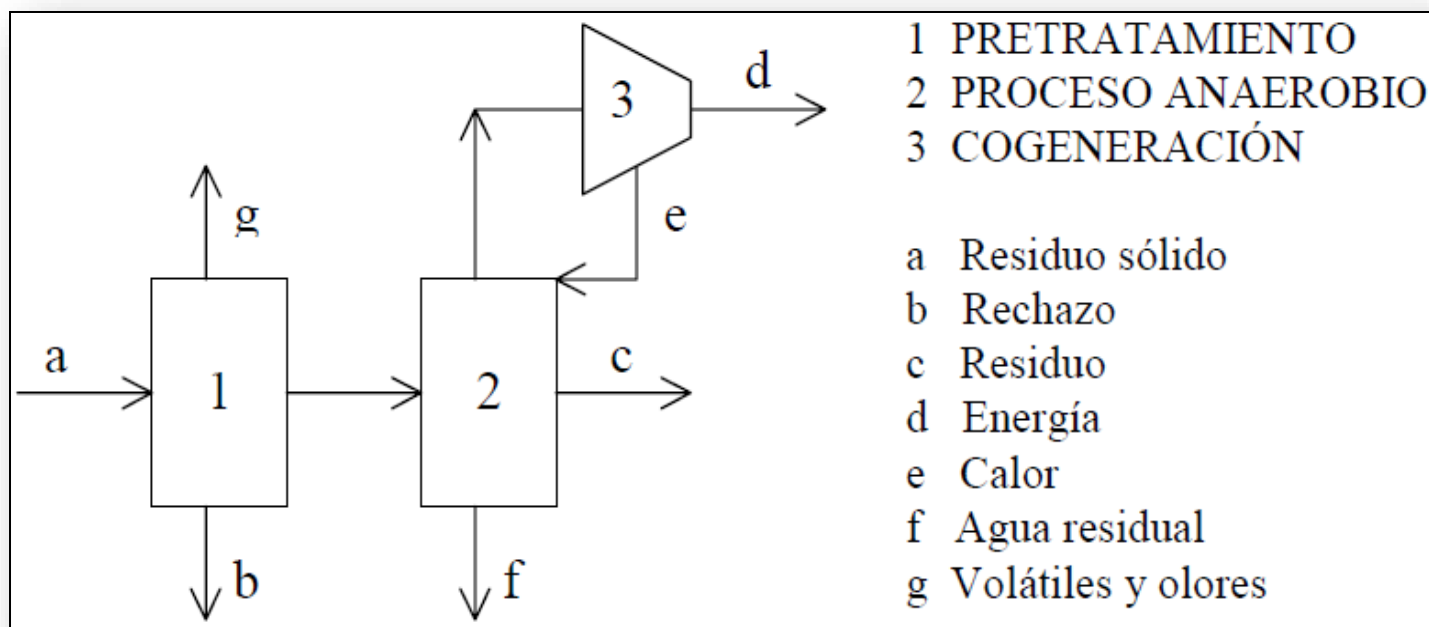


**Figura 1.** Formas de disposición de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos.

(SEMARNAT, 2013)



El esquema convencional de un proceso de biometanización de un residuo sólido es:



**Figura 2.** Diagrama de bloques de un proceso de digestión anaerobia de un residuo sólido.

(Fernández-Polanco F., 2002)



**Tabla 1.** Tipos de proceso anaerobio y criterio de clasificación

CRITERIO	PROCESO
Concentración de sustrato	→Húmedo - seco
Temperatura de operación	→ Mesófilo - termófilo.
Forma de alimentar	→Continuo - discontinuo.
Separación de las etapas	→ Una etapa, dos etapas.
Modelo de flujo	→ Mezcla completa – flujo pistón.



Casa abierta al tiempo

**Tabla 2.** Comparación de algunas tecnologías anaerobias.

### Draco

- 30 – 35 % de ST
- Temperaturas mesofílicas o termofílicas.
- Productividad  $2.6 - 3.8 \text{ m}^3\text{m}^{-3}\text{d}^{-1}$
- Flujo pistón.

### Valorga

- 30 – 35 % de ST
- Temperaturas mesofílicas o termofílicas.
- Productividad  $2.6 - 3.8 \text{ m}^3\text{m}^{-3}\text{d}^{-1}$
- Tanque agitado.

### Dos etapas

- 15 – 22 % de ST
- Digestión anaerobia y composteo aerobio.
- Producción de  $0.75 \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{SSV}$ .

(Montalvo S., 2003)



**Tabla 3.** Relación entre parámetros tecnológicos y características del proceso.

Parámetros	Características
% ST, %SV	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intensidad y tipo de pretratamiento</li><li>• Tipo de tecnología anaerobia</li></ul>
% De biodegradabilidad <ul style="list-style-type: none"><li>• % Fracción rápidamente BD</li><li>• % Fracción lentamente BD</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rendimiento global del proceso</li><li>• Separación de etapas</li></ul>
% De inertes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rendimiento global del proceso</li><li>• Intensidad y tipo de pretratamiento</li></ul>
Relación C /N, nutrientes	Post- tratamiento
Tamaño y forma de las partículas solidas	Intensidad y tipo de pretratamiento



## OBJETIVO

Diseñar y evaluar la estabilidad de un reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos (RAFAELL) para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos.



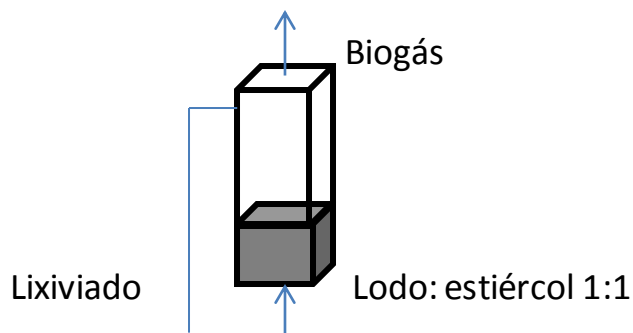
## METODOLOGÍA

**Recolección y  
caracterización de  
los residuos**



- pH y conductividad (Fernández, 2006).
- Humedad.
- Sólidos Volátiles.
- Demanda Química de Oxígeno (Eaton, 1998).
- Azúcares y proteínas (Goel, 1998).

**Activación del  
inóculo**



**Figura 3.** Reactor inoculado.





Dinámica de solubilización

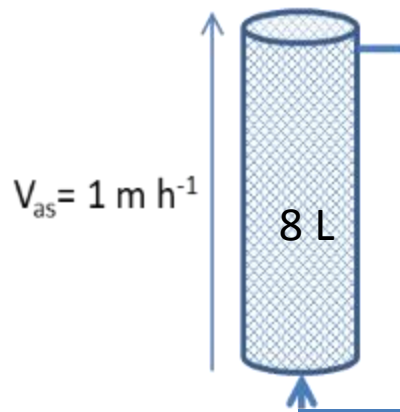


Figura 4. Reactor para solubilización de RSOU.

Biodegradabilidad anaerobia de los sólidos

Sustrato:  $3 \text{ gDQO g}^{-1} \text{ SSV}$   
Inóculo:  $2.5 \text{ g SSV L}^{-1}$   
AME:  $2.1 \text{ g DQO}_{\text{CH}_4} \text{ g}^{-1} \text{ SSV d}^{-1}$

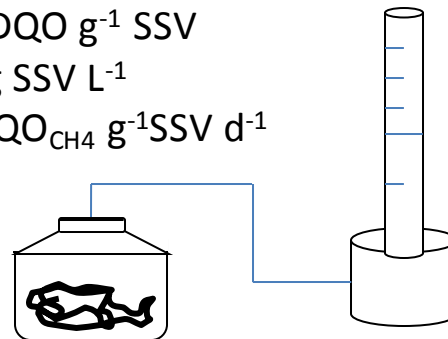


Figura 5. Ensayo de biodegradabilidad anaerobia.



## Diseño del reactor anaerobio

Los criterios de diseño del reactor son:

- Velocidad ascensional.
- Tiempo de retención hidráulico
- Porcentaje de biodegradabilidad de los sólidos.



## RESULTADOS

- Caracterización de los residuos

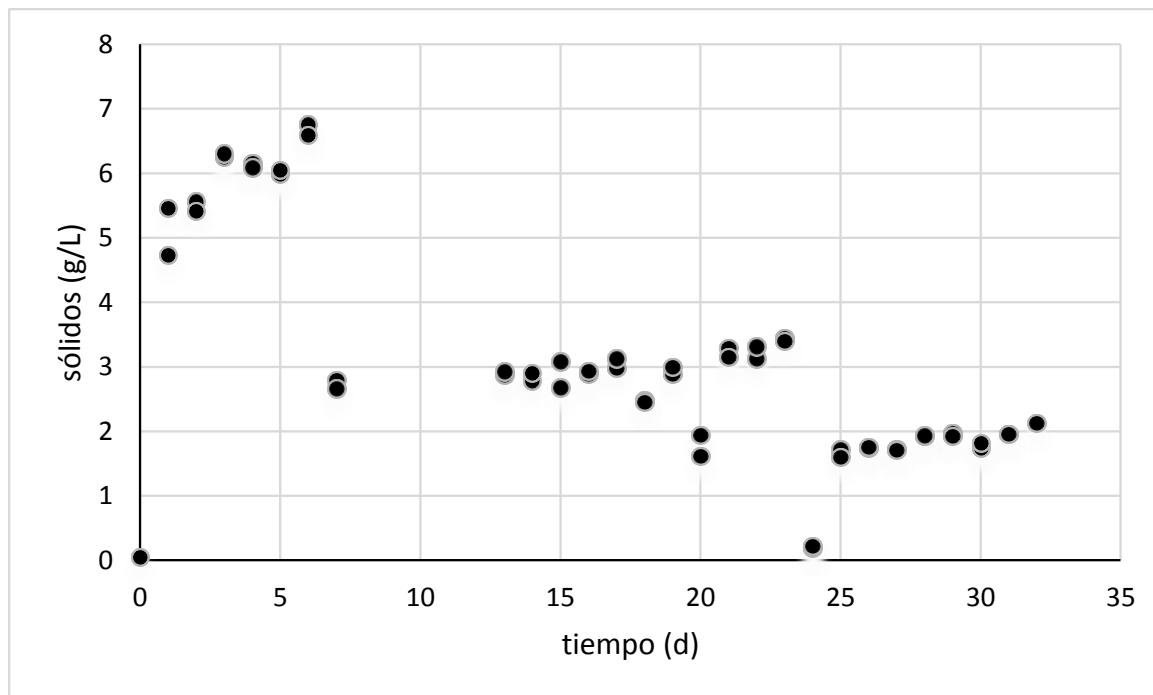
Parámetro		Lote					Liu <i>et al.</i> , 2008
		V	VI	VII	VIII	IX	
pH	Adimensional	3.87	7.03	7.00	5.73	4.94	7
Conductividad	mS.cm <sup>-1</sup>	4.14	7.12	6.01	4.91	5.15	-----
Humedad	%	87	92	88	91	88	85
Sólidos totales	g ST/g <sup>-1</sup> OFMSW	0.13	0.08	0.12	0.09	0.12	0.15
Sólidos Volátiles	% de los ST	92.2	86.3	88.9	92.5	95.0	83.4
DQO	g.g <sup>-1</sup> ST	3.5	1.0	0.74	1.4	1.8	0.030*
	g.g <sup>-1</sup> SV	3.8	1.2	0.83	1.6	1.9	0.025*
Proteínas	g.g <sup>-1</sup> SV	0.24	0.15	0.24	0.26	0.21	0.16
Carbohidratos	g.g <sup>-1</sup> SV	0.63	0.24	0.36	0.56	0.62	0.69-0.73
Radio C/N	g C.g <sup>-1</sup> N	13	20	13	12	15	26
Densidad de empaque	Kg.L <sup>-1</sup>	0.90	0.67	0.96	0.91	0.96	0.90

\*DQO de la fracción líquida de RSUO sometidos a hidrólisis ácida.

**Tabla 4.** Características fisicoquímicas de la mezcla de RSUOV empleados como empaque.



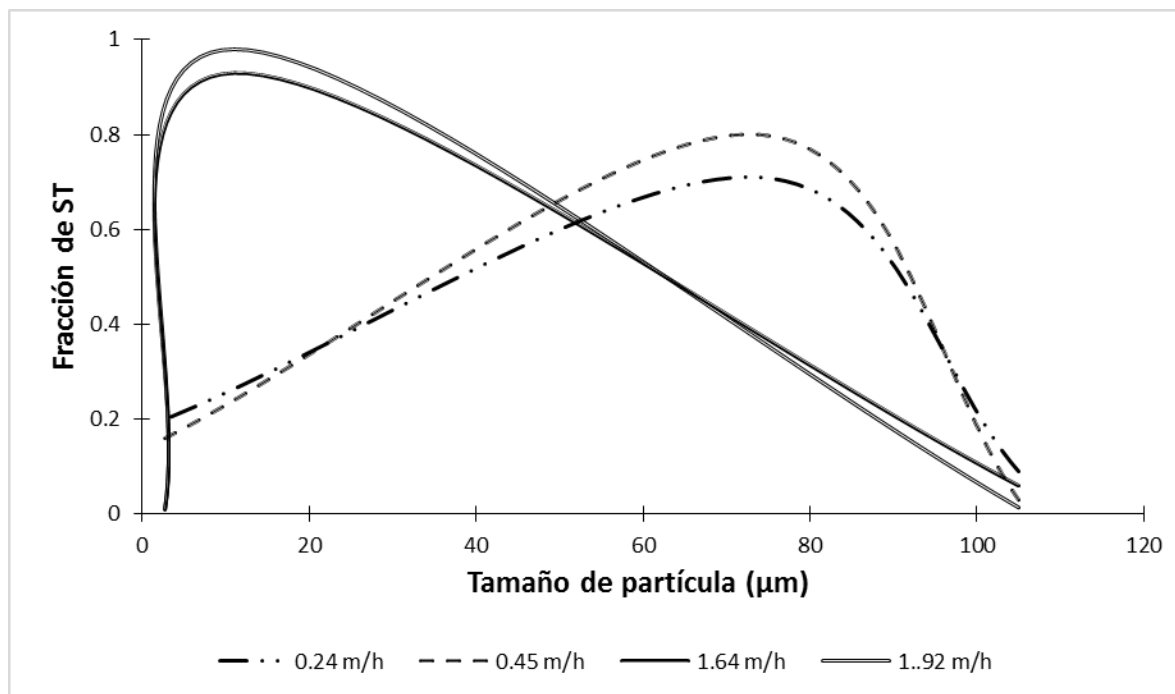
- Dinámica de solubilización de los residuos.



**Figura 6.** Sólidos volátiles en el efluente de recirculación de un reactor empacado con RSOUOV.



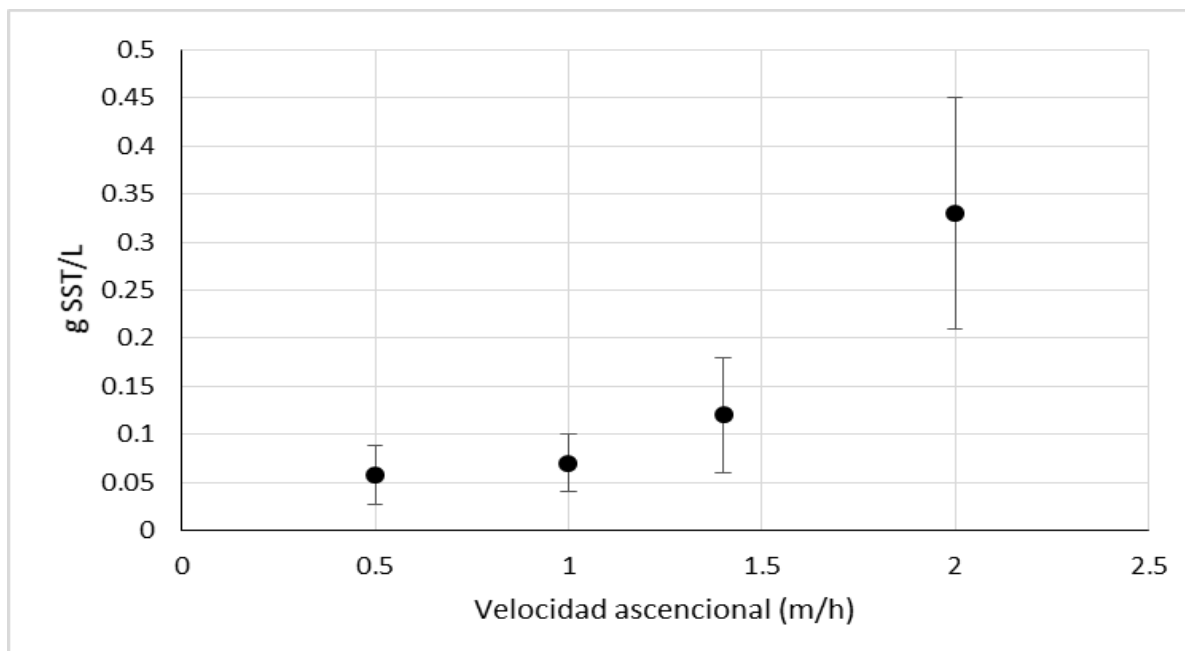
- Dinámica de solubilización de los residuos.



**Figura 7.** Distribución del tamaño de partícula en el efluente de una columna empacada con residuos sólidos urbanos orgánicos vegetales de tamaño de partícula promedio de 1 cm.



- Dinámica de solubilización de los residuos.



**Figura 8.** Concentración de SST en el efluente del reactor anaerobio de flujo ascendente a distintas velocidades ascensionales.



**Tabla 5.** Biodegradabilidad del efluente de recirculación de un reactor empacado con RSOUOV

Ciclo	Biodegradabilidad (%)
1	72 ± 11
2	64 ± 9
3	57 ± 10
4	56 ± 8
RSOUOV	37 ± 7



- Construcción y puesta en marcha del RAFAELL

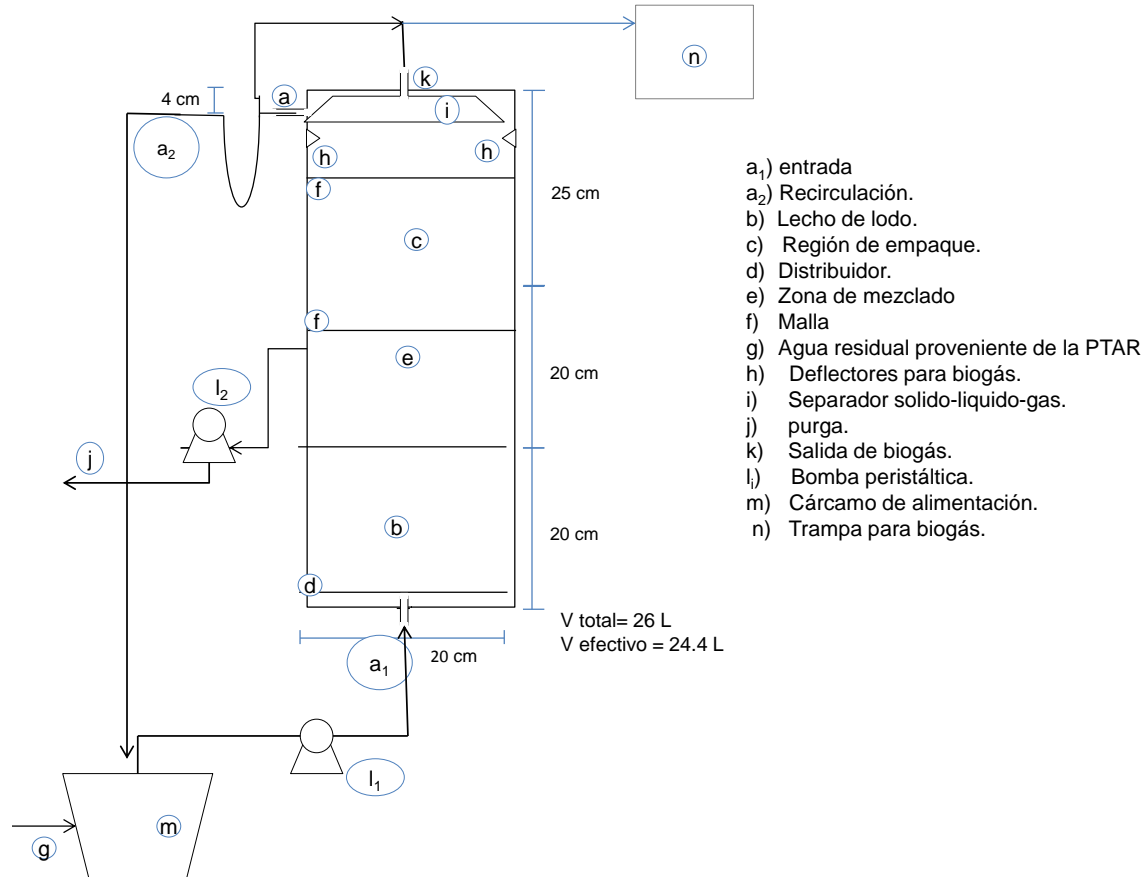


Figura 9. Reactor anaerobio de flujo ascendente empacado con lecho de lodos.



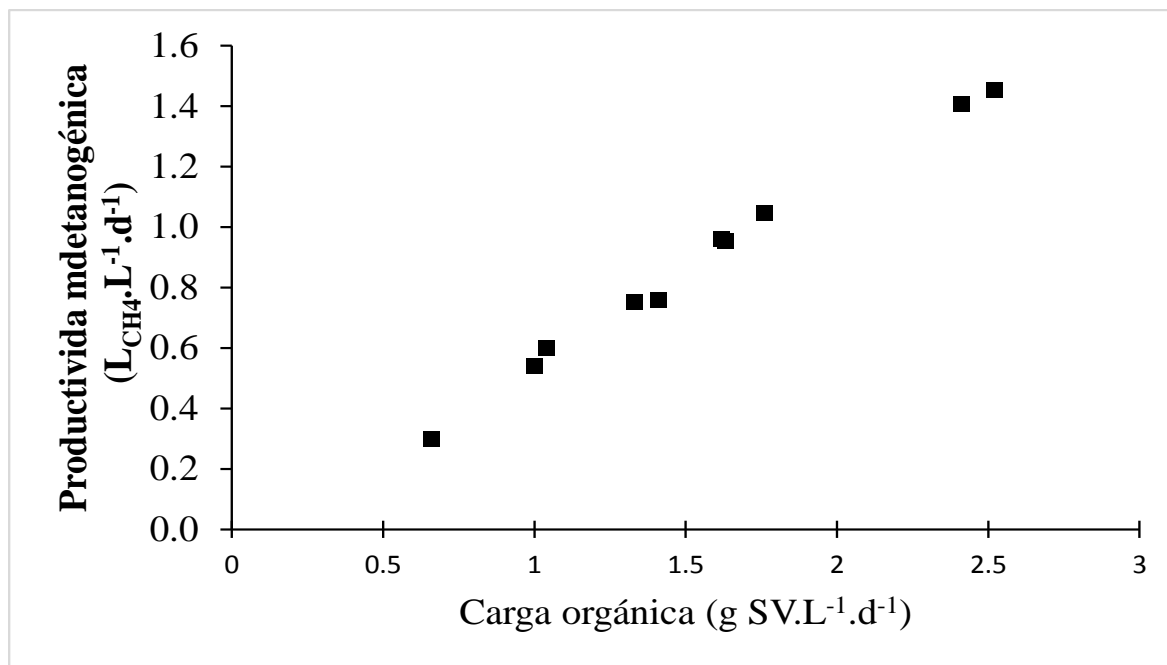


Figura 10. Productividad metanogénica en el RAFAELL con respecto a la carga orgánica.

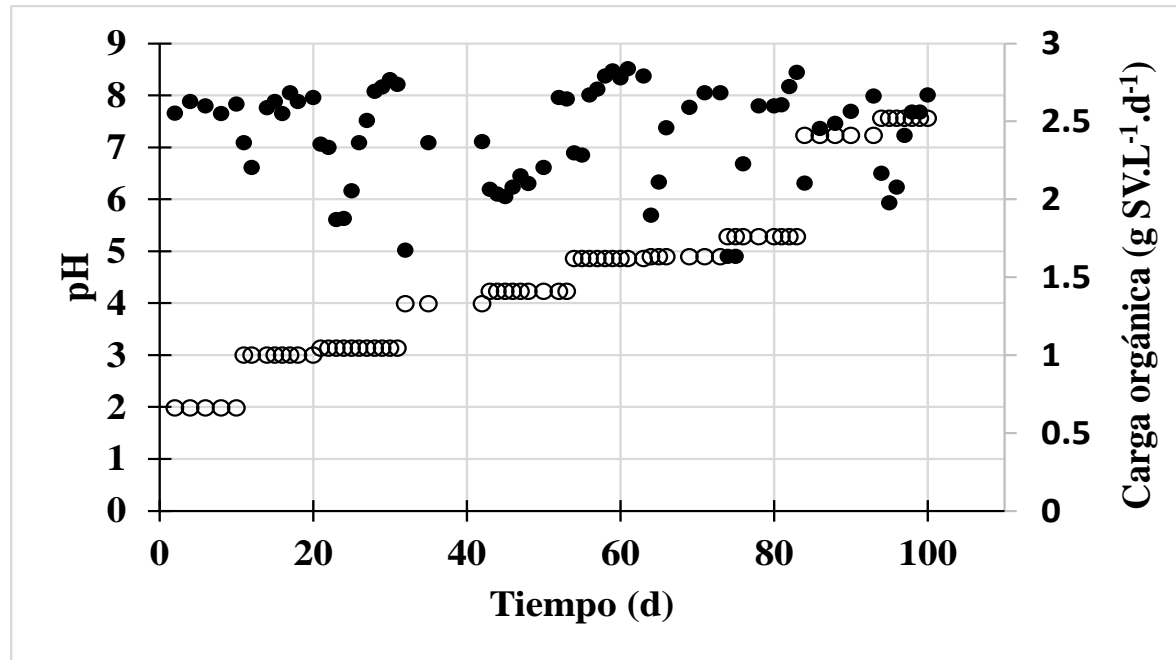


Figura 11. Comportamiento del pH (●) con respecto a la carga orgánica (O).



## CONCLUSIONES

- El RAFAELL fue diseñado considerando los aspectos bioquímicos de la digestión anaerobia de los RSO.
- El diseño permite mejorar la eficiencia del proceso, facilitando el control y operación del reactor.
- El reactor requiere un sistema de control de pH efectivo.
- Se debe establecer la máxima cantidad de RSOUOV que puede soportar el reactor.



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)