



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**

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

# Title: Diseño y control de un biorreactor tipo batch para la generación de biogás

**Authors:** Alejandro LINARES ENRÍQUEZ, Marco Antonio LÓPEZ SÁNCHEZ, Pablo CABALLERO TORRES

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2017-02  
**BCIERMIMI Classification (2017):** 270917-0201

**Pages:** 19  
**Mail:**

**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

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			

- **Resumen.-** El presente trabajo describe la implementación en cada una de las etapas del diseño de los elementos principales de un bioreactor. Se establece el modelo matemático para la determinación de las variables y parámetros más importantes, así como se describe el diseño mecánico del sistema, sus componentes y parámetros críticos de funcionamiento como pH, humedad y temperatura, se presenta el diseño de la interface para el control de temperatura, además se sintetiza el diseño electrónico y la programación del bioreactor.

- **Introducción**

El uso del biogás es siempre la parte final de un proceso de tratamiento de residuos en el que la componente ambiental resulta siempre prioritaria. En primer lugar los sistemas de gestión del residuo biodegradable suponen la implementación de medidas que evitan las afecciones al medio.

- El uso de la bioenergía en nuestro país representa el 8% del consumo de energía primaria.
- Existe un gran potencial energético biomásico ya que los recursos bioenergéticos representan entre el 54% y 80% de la oferta interna bruta de energía primaria.
- En México el 53% de la basura que se genera es orgánica y 47% inorgánica, esta última se clasifica en reciclable y no reciclable. De este total 64% se depositó en rellenos sanitarios.

- **Desarrollo**

Al diseñar un bioreactor se debe de tener en cuenta las características del proceso a realizar, asegurar las condiciones necesarias para el crecimiento de los microorganismos y la obtención del producto final deseado. Se enfatiza en las necesidades para el control de los parámetros tales como homogeneidad, temperatura, pH y concentración inicial de glucosa.

- La temperatura influye no solo en las bacterias productoras de metano sino también en las bacterias productoras de ácidos. Por lo tanto las fluctuaciones en la temperatura pueden ser ventajosas para ciertos grupos y desventajosas para otros.

- Otro factor importante es la suficiente alcalinidad que es esencial para el adecuado control del pH. La alcalinidad sirve como un amortiguador que previene los cambios rápidos en el pH. La actividad enzimática (o el desempeño digestivo) es influenciado por el pH. Una actividad enzimática aceptable de bacterias productoras de ácidos ocurre por encima de 5.0 pH, pero una actividad enzimática aceptable de bacterias productoras de etanol no ocurre por debajo de 6.2 pH.

- El pH en un digestor anaeróbico inicialmente decrecerá con la producción de ácidos volátiles. Sin embargo, como las bacterias productoras de metano consumen los ácidos volátiles y la alcalinidad es producida, el pH del digestor incrementa y después se estabiliza.

- En un digestor anaeróbico operado apropiadamente un pH de entre 6.8 y 7.2 ocurre a medida que los ácidos volátiles son convertidos a metano y dióxido de carbono. El pH de un sistema anaeróbico es significativamente afectado por el contenido de dióxido de carbono del biogás.

- Existen diversas formas para mantener la temperatura deseada en el interior del reactor, de acuerdo con la ley de la termodinámica existen tres formas de transferir o recibir calor de un cuerpo a otro “conducción, convección y radiación”.
- La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre partículas.

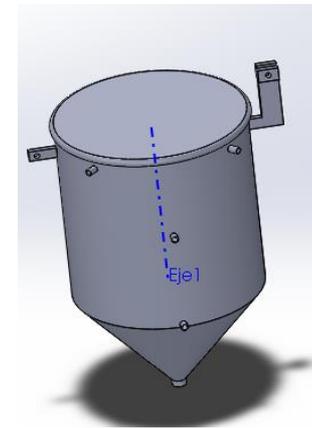
- La rapidez o razón de conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geotérmica de este, su espesor y el material de que este hecho, así como la diferencia de temperatura a través de él.
- La razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de esta y el área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa, es decir:
- $$Q_{cond} = KA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

## Normas

- Los recipientes sujetos a presión representan riesgos muy altos para la industria y sus trabajadores y por tanto son sujetos de lineamientos normativos estrictos y precisos, basados en la NOM-020- STPS-2011 y normas internacionales aplicables.

- El prototipo cuenta con un recipiente donde se va a hervir agua, la cual contiene un termómetro, un biorreactor que cuenta con un manómetro, un sensor de pH y sensor de humedad.

- **Diseño mecánico**
- El diseño mecánico se realizó en el software solidworks, como se muestra en las figuras que corresponde al biorreactor y al recipiente calentador de agua.

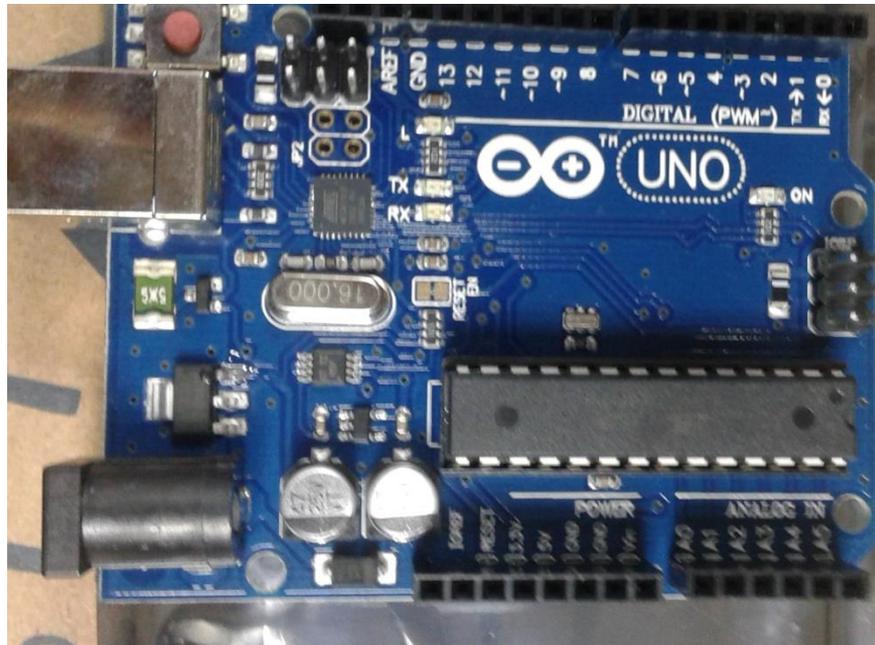


## Resultados

- En la parte de la integración del sistema se tiene la conexión del recipiente y del biorreactor así como la integración del serpentín y de la bomba que servirá para la recirculación del agua que calentará en núcleo del biorreactor.

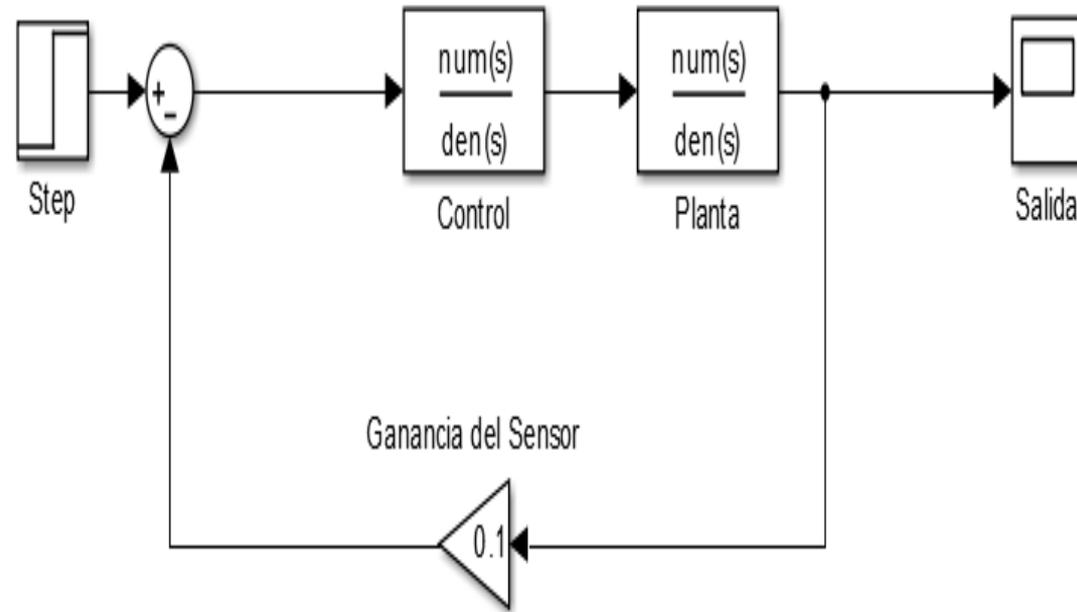


Con el Arduino uno se generara la programación para monitorear la presión, pH, temperatura y humedad en el biorreactor.

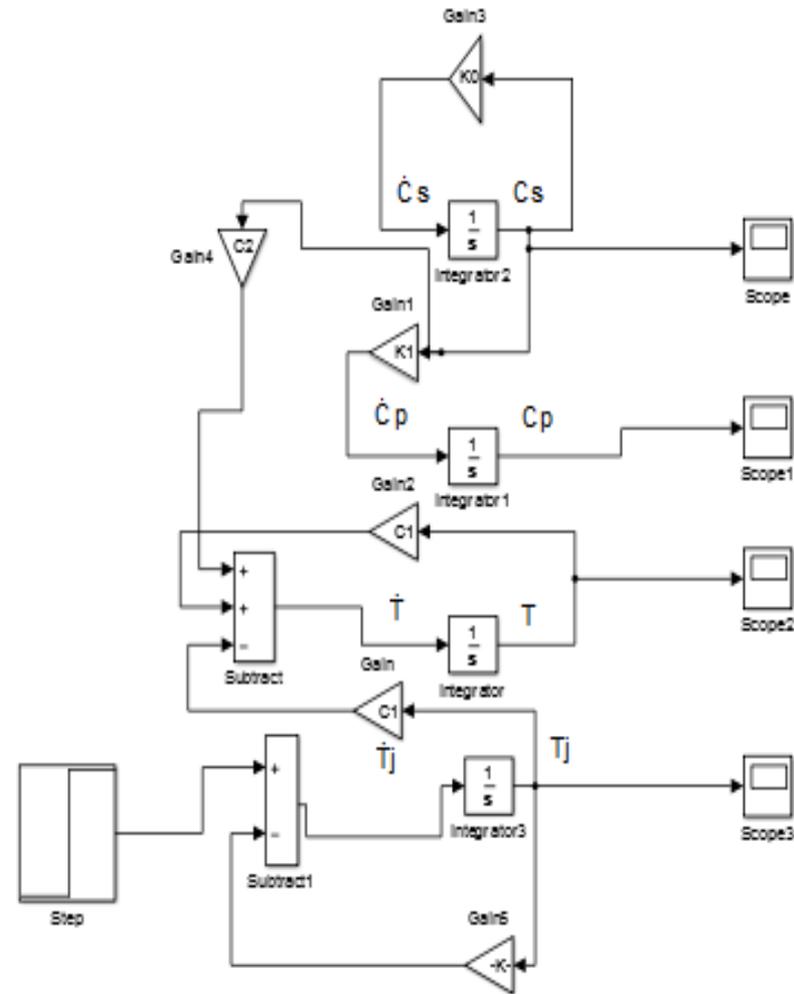


- Tarjeta de adquisición de datos y el controlador.
- El sistema de control desarrollado está integrado principalmente por un (PIC) microcontrolador 16f1938, cuenta con pines para la conexión del programador y una entrada de alimentación de 5 volts y un push botton para Reset.

- En la figura se muestra una simulación en un diagrama simulink con un control tipo PI, proporcional integral.



- De igual manera se realiza un diagrama en variables de estados en simulink para comprobar las respuestas en las diferentes salidas del sistema. Como se muestra en la figura.



## Conclusiones

- El análisis permite establecer el diseño y construcción del bioreactor, obteniéndose los resultados en el prototipo del bioreactor, las simulaciones representan la operación, el funcionamiento y el control del sistema.
- Con la aplicación de las técnicas de control moderno PI se logra estabilizar el sistema en su parte estable y en su parte transitoria, donde el parámetro a controlar es la temperatura deseada por la importancia en el bioreactor, este tipo control es de los más utilizados en estos tipos de procesos.



**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)