

# Sistema de control para reactor experimental de Digestion Anaeróbica

**Alín Ramón Rolán**, FRBB UTN, alinrolan@yahoo.com.ar

**Ivan Marzullo**, FRBB UTN, ivanmarzu\_1@yahoo.com.ar

**Patricia Benedetti**, FRBB UTN, pbenedet@criba.edu.ar

**Guillermo Friedrich**, FRBB UTN, gfried@frbb.utn.edu.ar

**Resumen**— Este artículo describe un desarrollo interdisciplinario de un *Reactor experimental de digestión anaeróbica* entre el Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental y un proyecto final de carrera de Ingeniería Electrónica de la FRBB-UTN.

Este consiste en un sistema de control y monitoreo, en el cual se miden parámetros no eléctricos tales como temperatura, pH y presión, los cuales son almacenados en una tarjeta de memoria con fecha y hora, para luego ser utilizados en estudios posteriores.

La información en tiempo real es plasmada tanto, en un display TFT touch donde el usuario, además, accede al control de una bomba de homogenización, como a través de una página web embebida que permite el acceso remoto a los datos.

El hardware fue desarrollado como un soporte (motherboard) para la placa de desarrollo STM32F4 discovery, donde ésta se acopla junto con los periféricos de entrada (sensores) y salida (actuadores, memoria, display y comunicación ethernet).

La placa de desarrollo utiliza un micro controlador de la familia Cortex, modelo M4, el cual permite, procesar, plasmar, almacenar, transmitir y controlar los parámetros captados. Se trabaja con un reloj, secundario, de tiempo real que garantiza los tiempos de toma de datos, tanto en fecha como en hora.

**Palabras clave**— *Reactor anaeróbico, biogás, monitoreo, CortexM4, RTC, ethernet.*

## 1. Introducción

Basados en la placa de desarrollo *Stm cortex M4 discovery*, este sistema proporciona mediciones de pH, temperatura y presión de biogás, almacenamiento en tarjeta SD, interfaz usuario con pantalla TFT touch y transmisión vía Ethernet.

Las mediciones se realizan sobre un reactor de digestión anaeróbica que fue construido en la *FRBB UTN* para estudiar distintas problemáticas en el tratamiento de residuos agroindustriales de la zona de influencia de Bahía Blanca. La digestión anaeróbica es usada para el tratamiento natural de residuos orgánicos, su potencial de desarrollo ha sido reposicionado a partir de la actualidad de los procesos sustentables que desarrollen energías alternativas, así como la reducción de los procesos de liberación de CO<sub>2</sub>.

El reactor produce biogás (una mezcla metano y dióxido de carbono) en ausencia de oxígeno, en este desarrollo la producción es sensada constantemente, con lo cual puede ser

consultada vía online de manera continua. Los datos, además, son almacenados en una tarjeta de memoria SD para estudios estadísticos.

La estabilización anaeróbica permite, además de generar biogás, reciclar los sólidos residuales en forma de biofertilizante orgánico, el cual posee un alto contenido de nutrientes.

Este sistema ofrece una solución bio-sustentable, ya que la utilización de energías renovables resulta de suma importancia para la sociedad actual debido a la búsqueda de independencia respecto al petróleo y sus derivados. El reactor a escala ofrecería energía suficiente para satisfacer demandas de energía térmica y eléctrica de varias familias.

## **2. Sistema de control**

Mediante un software embebido en lenguaje C, se realizan los procesamientos de datos que, mediante sensores, son leídos en tiempo real desde el Reactor. Se los debe adecuar para que respondan al parámetro que se pretende sensar.

La información puede ser consultada tanto por un display TFT touch de 3.2 pulgadas como vía internet, en ambos casos la información es refrescada para que el usuario tenga información actualizada del estado del sistema.

Además es necesaria la utilización de un reloj de tiempo real o RTC, con el cual se cuenta con la fecha y hora de las mediciones efectuadas, que luego serán almacenadas en una tarjeta de memoria SD para realizar estudios estadísticos.

La homogeneización dentro del reactor es necesaria para el proceso de generación de biogás, se usa para este fin una bomba de recirculación que cada cierto tiempo recircula el contenido, ésta actúa de forma automática con ese tiempo pre seteado para obtener el mezclado deseado.

Este sistema está diseñado para poder ser escalado a un sistema de mayores proporciones, donde los automatismos serán necesarios para el correcto funcionamiento. Con lo cual, en el diseño del hardware se tienen previstos los puertos de lectoescritura para tener la posibilidad de agregar más sensores o actuadores.

### **2.1 Lectura de los parámetros no eléctricos**

Estos provienen de los sensores que realizan las lecturas físicas que intervienen en el proceso son convertidos a formato digital mediante los conversores AD incluidos en el micro controlador.

La conversión se realiza con una resolución de 12bits tanto para el sensor de temperatura como el de pH y presión.

#### **2.1.1 PT100**

El sensado de temperatura se realiza mediante una resistencia de coeficiente variable positivo con los cambios, es decir que, a 0°C se tiene una impedancia de 100 Ohm's la cual va subiendo paulatinamente con el aumento de temperatura.

Este sensor es de índole industrial, viene con su borne de compensación de temperatura y su cabezal roscado, el cual se aprovecha para hacer de sello y no tener pérdidas de biogás.

### 2.1.2 pH

Se utiliza un electrodo de vidrio, el cual presenta un cambio de impedancia al variar la acidez de la solución que se mida; se lo implementa mediante un hardware asociado al sensor, el cual presenta una variación de tensión que representa la de pH.

El calibrado se realiza mediante soluciones buffer de pH 4,7 y 10,0 con los cuales se comprueba el funcionamiento dentro del rango del que se pretende trabajar.

### 2.1.3 Presión

Es necesario medir este parámetro puesto que nos da información de cuál es la producción de biogás en el tiempo. Se utiliza un presóstato, con el cual se mide el rango de presión estimado para el reactor de 60 litros, el gas generado es depositado en un contenedor hermético al vacío.

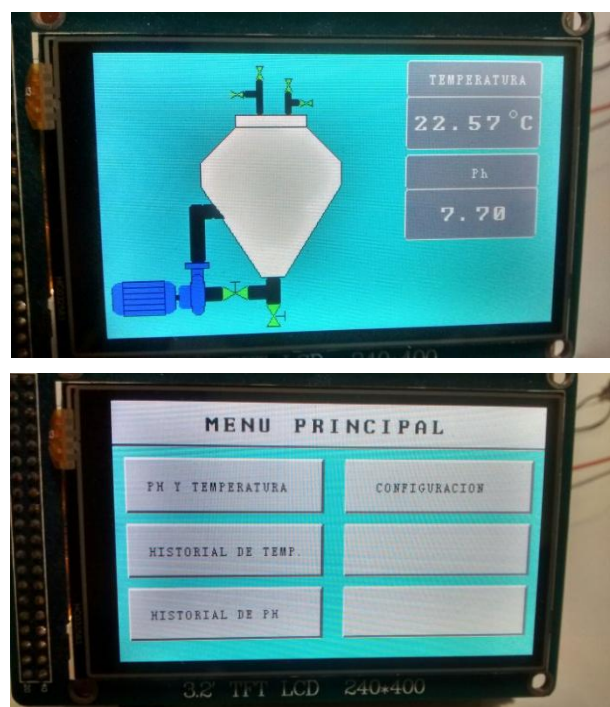
## 2.2 Muestra de la información

### 2.2.1 Display TFT Touch

Esta pantalla a color y táctil permite otorga una interfaz intuitiva al usuario, de manera tal que el interactuar con el sistema sea ameno.

Se muestra la información ya procesada de las mediciones que se toman y se plasman de forma tal de que se asemeje a un sistema SCADA.

El control táctil permite generar accesos virtuales a los diferentes menús, minimizando el uso de botones y controles externos.



### **2.2.2 Comunicación Ethernet**

Está basada en TCP, conteniendo una página web embebida, la cual puede ser consultada para adquirir las mediciones en tiempo real y en cualquier terminal conectado a internet; esto posibilita el acceso remoto puesto que estos sistemas suelen estar en campo.

### **2.2.3 Almacenamiento en tarjeta de memoria SD**

Los parámetros leídos son almacenados en un archivo contenido en la tarjeta de memoria; estos datos se almacenan en lapsos de tiempo predefinidos y con la información de la fecha y hora de cuando se efectuaron.

Mediante un RTC o reloj de tiempo real se arbitran los tiempos de grabado, éste utiliza una batería que lo alimenta de forma tal que ante un corte de energía el sistema no pierda los datos de fecha y hora que acompañan las mediciones en el archivo.

## **2.3 Manejo de periféricos externos**

### **2.3.1 Manejo de bomba de homogeneización**

Se dispone de una bomba centrífuga que, mediante tiempos definidos por el RTC, recircula el contenido del tanque para mantenerlo homogéneo a lo largo del proceso y evitar acumulaciones de sustrato.

### **2.3.2 Manejo de electro válvulas**

En el diseño del sistema de control se prevé el escalado del reactor a uno de mayores dimensiones, con lo cual se contempla en el diseño una reserva de entradas y salidas analógicas y digitales que permitan en un futuro la total autonomía del sistema.

## **3. Resultados**

### **3.1 Diagramas en bloque.**

Los siguientes diagramas de flujo muestran el sistema global y el de control respectivamente, la figura 1 representa los bloques que componen el reactor de digestión anaeróbica, el cual una vez que se lo completa con el sustrato elegido se lo considera un sistema cerrado.

La figura 2 esquematiza el lazo de monitoreo y control, comprende los periféricos de entrada y salida, así como los de almacenaje de información y comunicación.

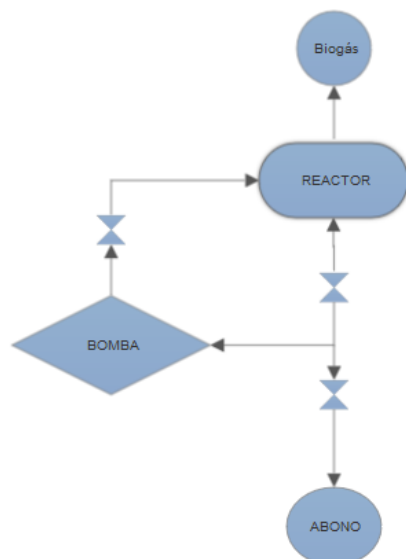


Figura 1.

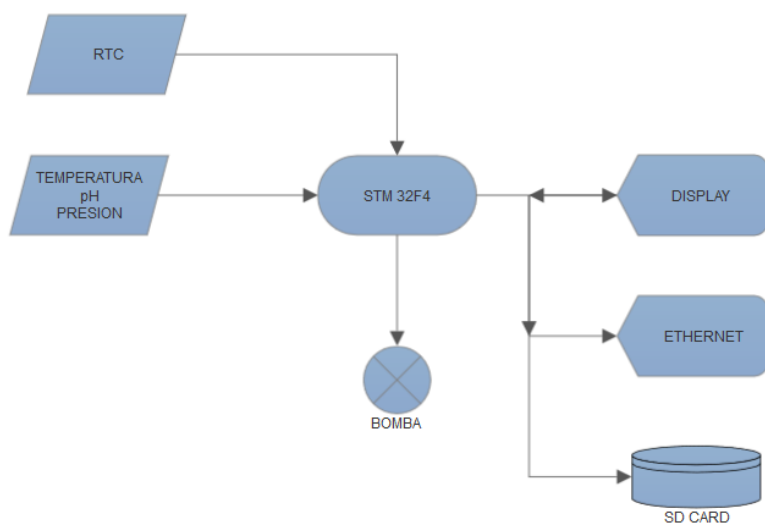
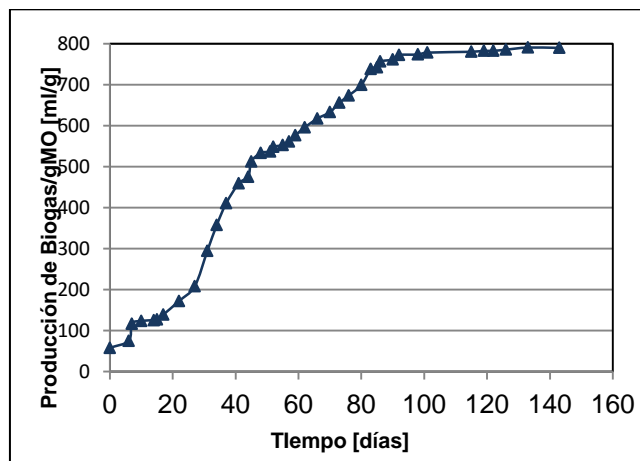
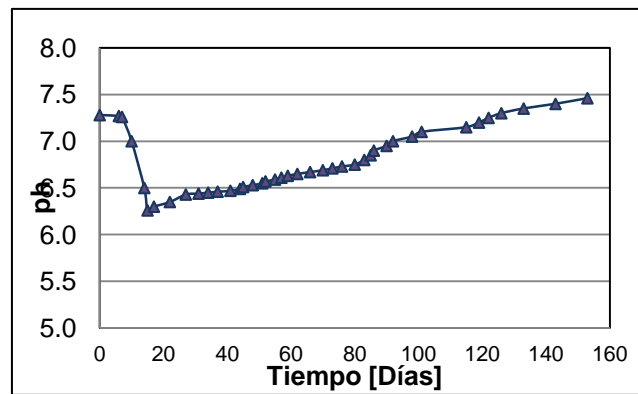


Figura 2.

Se pueden obtener gráficos para la temperatura en función del tiempo y para el pH en función del tiempo, Figura 3 y Figura 4 respectivamente.



*Figura 3*



*Figura 4*

En la figura 5 se observa el tanque y soporte del reactor, en el cual se efectúa el proceso de digestión anaeróbica y su monitoreo.



*Figura 5.*

## 4. Conclusiones

Este trabajo permitió hacer un desarrollo interdisciplinario, vinculando un grupo de investigación consolidado con alumnos de Ingeniería Electrónica, en su trabajo final de carrera.

Se logra una integración entre todos los involucrados de tal manera de manejar un “vocabulario” que todos puedan entender y así avanzar en los problemas que se iban presentando durante el desarrollo del proyecto.

Es una buena propuesta trabajar sobre problemas reales ya que les permite a los alumnos tener una visión más realista del su futuro trabajo como profesionales.

## 5. Referencias

- [1] *Definitive Guide to ARM Cortex-M3*: Joseph Yiu, Second Edition.
- [2] “*Anaerobic Digestión of Activated Sludges from Malting Wastewaters*”.
- [3] “*Producción de biogás a partir del exceso de barros del tratamiento de efluentes de una maltería de cebada*”. XXII Congreso Interamericano de Ing. Química, V Congreso Argentino de Ing. Química. 67-045. ISSN: 1850 3519 V, ISSN: 1850 353. 11 pág – Trabajo 07c-469. 1-4/10/06. Bs. As. Argentina. (H. Campaña, P. Benedetti, A. Prieto, P. Linquiman).
- [4] “*Anaerobic Digestión of Activated Sludges from Malting Wastewaters*”, (H. Campaña, P. Linquiman, A. Prieto, P. Benedetti) pag 195 Proceedings. Sequencing Batch Reactor Technology – 4th Conference – 7-10/04/08 – Universidad de la Sapienza – Roma – Italia.
- [5] “*Evolución de microorganismos presentes en la producción de biogás. Estudio de las variaciones de calidad y cantidad de sustrato*”. H. Campaña, M. Uribe, P. Benedetti, A. Airasca. XXXII. Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. 15-18/11/10. Cafayate, Salta. Publicado Revista Averma, ISSN 0329-5184, Volumen 14. Páginas 659-663. Año 2010. Publicado en actas, memorias, Volumen: 2 Página: 156 Año: 2010
- [6] “*Propiedades fisicoquímicas y fitotóxicas de lodos de maltería estabilizados por digestión anaeróbica aplicados en enmienda de suelos*”, Campaña, Domingo Horacio; Benedetti, Patricia; Uribe Etchevarría, Milena. International Congress about soils and organic matter from waste. “Between Waste Framework Directive and New Spanish Waste Lay”. Valladolid, 17th and 18th. Vol: 3 pp: 475 - November 2010.
- [7] “*Digestión anaeróbica de efluentes de maltería utilizando un Reactor Secuencial Discontinuo*”, Horacio Campaña, Patricia Benedetti, Sebastián Fiotto. VI Congreso Argentino de Ingeniería Química”, Mar del Plata” - 26 al 29 de Septiembre de 2010. ISSN: 1850-3500, páginas 72 y 73.
- [8] “*Determinación del tiempo de retención en un reactor anaeróbico para optimizar la generación de biogás a partir de la digestión de barros activados residuales*”. H. Campaña, P. Benedetti, A. Airasca, S. Fiotto. XXXIV Congreso de ASADES. 4 al 7 de Octubre de 2011. Río Hondo. Publicado Revista Averma, ISSN 0329-5184, Volumen 15. Año 2011. pag 655- 662
- [9] “*Evaluación técnico económica del tratamiento anaeróbico de los efluentes de un tambo de la provincia de Buenos Aires, Argentina*”, Claudia Dido, Franco Mieres, Gustavo Rinaldi, Patricia Benedetti, Horacio Campaña, Avances en Ciencias e Ingeniería - ISSN: 0718-8706

Av. cien. ing.: 4(4), 65-74 (Octubre/Diciembre, 2013). Recibido: 12/08/2013 - Evaluado: 07/10/2013 - Aceptado: 11/11/2013. [http://www.exeeedu.com/publishing.cl/av\\_cienc\\_ing/](http://www.exeeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/)

[10] “*Onion waste treatment preliminary anaerobic research data*”, III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais 12 a 14 de março de 2013 – São Pedro – SP. Horacio Campaña; Patricia Benedetti; Ariel Airasca; Andrea Mairosser. Anais: III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais (III Sigera).

[www.sbera.org.br/3sigera/obras/ag\\_sis\\_07\\_PatriciaBenedetti.PDF](http://www.sbera.org.br/3sigera/obras/ag_sis_07_PatriciaBenedetti.PDF). (ISBN 978-85-7035-160-9).