

## Sistema de control y monitoreo para Biorreactor con tecnología IoT

Mauro Escalante<sup>1</sup>, Diego Irusta<sup>1</sup> Gustavo Mercado<sup>2</sup>, Carlos Taffernaberry<sup>2</sup>, Ana Laura Diedrichs<sup>2</sup>, Sebastian Tobar<sup>2</sup>, Cristian Pérez Monte<sup>2</sup>, Eugenio Fisicaro<sup>3</sup>, Adrian Carmona<sup>3</sup>, Ana Lattuca<sup>4</sup>, Nelson Merino<sup>4</sup>, Néstor Manzur<sup>4</sup>, Antonio Álvarez<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Mendoza, UTN  
maurom.i.e12@gmail.com, diegomartinirusta@gmail.com

<sup>2</sup> gridTICs, Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Mendoza, UTN  
{gmercado, cartaffe, ana.diedrichs, mstobar, cfperez}@frm.utn.edu.ar

<sup>3</sup> Planta Piloto, Ingeniería Química, Facultad Regional Mendoza, UTN  
carmonaadrian34Q@gmail.com, ingenio@ingeniorecursos.com.ar

<sup>4</sup> Cátedra Proyecto Final, Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Mendoza, UTN  
ana.lattuca@docentes.frm.utn.edu.ar, nelson.merino@frm.utn.edu.ar,  
nestor.manzur@gmail.com, antonioalvarezabril@yahoo.com.ar

**Abstract.** El proyecto propone la implementación de un sistema de control y monitoreo para un biorreactor de mezclado en la planta piloto de Química de la UTN Facultad Regional Mendoza. Mediante un sistema de control, se mantendrán condiciones ambientales óptimas para que los agentes biológicos puedan sobrevivir y reproducirse. Se implementará la tecnología IoT y motes, como así también un monitoreo local y remoto, lo cual permitirá al usuario supervisar la reacción biológica y tomar acciones necesarias a través de la observación de gráficos, estadísticas, históricos, avisos y alarmas. El proyecto busca facilitar investigaciones científicas en la universidad, así como ser objeto de estudio para alumnos y docentes de diferentes áreas relacionadas. Además, se destaca la relevancia del uso de biorreactores en la industria, con potencial en el mercado. El formato del proyecto puede ser escalado a uno o más biorreactores de mayor tamaño, como los utilizados en la industria alimentaria, bebidas, química entre otras. Se realizará una transferencia de tecnología, proporcionando información del manejo, diseño, reconstrucción, reparación y ampliación del proyecto. Cabe destacar que el proyecto cuenta con el financiamiento del departamento de Química. Y soporte técnico por parte del personal de la planta piloto de Química y del grupo gridTICs.

**Keywords:** IoT, biorreactor, control, monitoreo, motes, transferencia de tecnología,

### Contexto

El presente trabajo está inserto en el Proyecto Final de Grado denominado “SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA BIORREACTOR CON IOT”, acreditado por la Cátedra Proyecto Final de la Carrera de Ingeniería de Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional y que se desarrolla en durante el año lectivo de 2023.

El trabajo final es llevado adelante por alumnos tesistas y con la supervisión de docentes de la cátedra. Mientras que el grupo GridTICs tiene las tareas de dirección

técnica, asesoramiento y provisión de laboratorios. Por otro lado, la Planta Piloto actúa como stakeholder y entidad de especificación de control bioquímico del biorreactor. Adicionalmente, la Planta Piloto, recibe el producido por este proyecto, y verifica su cumplimiento con las especificaciones.



**Figura 1** Sistema Biorreactor

## **1. Introducción**

En la planta piloto de ingeniería química, de nuestra facultad, existe la necesidad de poner en funcionamiento un biorreactor [1] de mezclado para estudiar diversas reacciones biológicas. Además, dicho biorreactor debe poder repararse, reproducirse y ampliarse en un futuro. ver Figura 1

Para ello implementaremos un sistema eficiente de control y monitoreo. basado en tecnología de IoT (Internet of Things - Internet de las Cosas) [2], posibilitando sus aplicaciones en la investigación, la educación y la industria. También se realizará una transferencia de tecnología para garantizar la escalabilidad y manejo del sistema. En la figura 2 se puede observar el diagrama en esquemático del sistema donde se muestran los componentes mecánicos, electrónicos, de comunicaciones e informáticos que forman el sistema.

### **1.1 Justificación del proyecto (Caso de Negocio)**

#### **1.1.1 Antecedentes del proyecto**

Este proyecto nace como iniciativa del Departamento de Química de nuestra Facultad con el objetivo de ampliar el estudio de reacciones biológicas. Sin embargo, con el paso de los años, el proyecto quedó obsoleto. Por tanto, vamos a reactivar esta iniciativa, ya que tiene un gran potencial para el futuro de la facultad y la posibilidad de escalar el proyecto en la industria. Además, consideramos que esto incentivará la aparición de proyectos interdisciplinarios cada vez más frecuentes en nuestra Facultad. Finalmente, creemos que la implementación de nuestro sistema de control y monitoreo resultará en un biorreactor totalmente funcional para su uso en el Departamento de Química.

## 1.1.2 Estado actual

Actualmente se cuenta con el tanque del biorreactor de mezclado y toda la estructura necesaria, un variador de frecuencia, un compresor y un motor de inducción, así como el espacio físico para llevar a cabo la instalación. Cabe mencionar que el biorreactor no está en funcionamiento y hasta la fecha nunca lo ha estado.

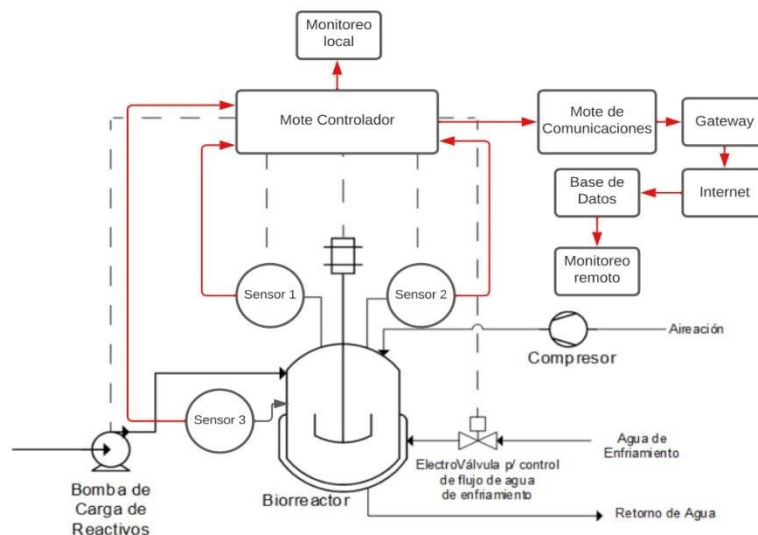


Fig. 2. Diagrama esquemático funcional del Sistema de control y monitoreo para Biorreactor

En cuanto al campo de aplicación, aunque nuestro proyecto no se implementará a nivel industrial, tiene el potencial de ser escalable a la industria con los cuidados y ajustes necesarios. En la actualidad, existen biorreactores en la industria que están conectados a sistemas SCADA o cuentan con interfaces HMI. Si bien hay biorreactores con conexión a internet y monitoreo remoto, no parecen ser muy comunes en este tipo de dispositivos. No se han encontrado registros del uso de IoT y motes en biorreactores, aunque no se descarta su existencia

## 1.1.3 Necesidad del negocio y definición del problema

Las necesidades a cubrir son las siguientes:

- Contar con una herramienta que permita el control inteligente del cultivo de agentes biológicos en la planta piloto del Departamento de Química de nuestra facultad.
- Implementar un sistema de monitoreo remoto con alarmas para gestionar las reacciones aleatorias y ahorrar tiempo al personal encargado.
- Establecer un sistema de monitoreo local.
- Mejorar la calidad de la educación en la facultad.
- Fortalecer el área de investigación de la facultad.

- Mejorar las instalaciones de la facultad.
- Contar con un medio para realizar el mantenimiento, reparación, reproducción y mejoras del biorreactor.

Específicamente, el problema que buscamos solucionar es la falta de un biorreactor funcional en la planta piloto del Departamento de Química de nuestra Facultad. Aunque contamos con la estructura del biorreactor, este no está en funcionamiento debido a la falta de instalación y de los sistemas de control, monitoreo y alarmas necesarios. Además, es necesario contar con un medio que permita llevar a cabo el mantenimiento, reparación, reproducción y mejoras del biorreactor.

Nuestro proyecto tiene como objetivo abordar este problema mediante la implementación de un sistema de control, monitoreo y alarmas, así como mediante la transferencia de tecnología necesaria para su funcionamiento.

## 2. Objetivo

Se busca realizar un sistema de control y monitoreo para las variables críticas de un Biorreactor. Las variables críticas principales que se buscan controlar y cambiar en el proceso son: la temperatura y el pH. Para ello se implementará un sistema de control implementado por microcontrolador. También se medirá oxígeno disuelto o potencial redox. Además para poder realizar el monitoreo remoto de dichas variables, a través de tecnologías de IoT.

Se realizará una transferencia de tecnología a través de un plan de documentación.

## 3. Descripción

Como se muestra en la figura 3 existen diferentes módulos que componen el sistema de control y monitoreo del biorreactor.

El sistema de control se basa en monitorear las variables críticas principales - temperatura y el pH- y actuar para mantener el rango programado mediante actuadores. Los actuadores serán una electroválvula para hacer circular el agua por el sistema intercambiador de calor, una bomba de reactivos para el pH y un compresor para mantener aireada la reacción con oxígeno. El sistema de control podría ser implementado mediante control PID e instalado en el denominado Mote 1 Controlador (ver fig 3). El Mote 1 es un sistema embebido compuesto por microcontrolador, memorias, sistemas de I/O y comunicaciones seriales locales. Este sistema embebido probablemente sea implementado por sistema Arduino Industrial [3] [4] y/o ESP 32 [5]. Este Mote tiene asociado el monitoreo local que se realizará a través de una pantalla LCD junto con un teclado. En pantalla LCD se mostrarán los valores de los parámetros sensados y el teclado funcionará para navegar por la pantalla y establecer los SetPoint de control

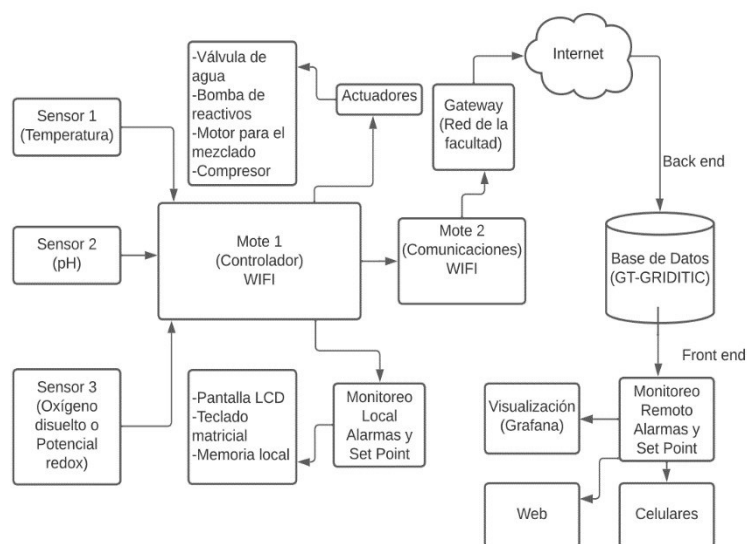
El monitoreo remoto se llevará a cabo mediante técnicas de IoT, es decir:

**Sensor-Mote-Comunicaciones-Almacenamiento-Visualización-Análisis**

Como se mencionó en el párrafo anterior, el esquema **sensor-mote** es realizado por el Mote 1 y se agrega un segundo dispositivo, denominado Mote 2 para implementar la etapa de comunicaciones. En este mote se instala un stack TCP/IP que permite implementar la comunicación IoT. Para la capa física y de enlace, se elige el estándar IEEE 802.11[6], aprovechando la red wifi disponible en las instalaciones de la Planta Piloto. Para las demás capas se prefieren los protocolos estándares recomendados por el IETF [7] para las tecnologías de IoT, tales como: 6lowpan (capa de Internet), udp (capa de transporte) y CoAP (Capa de aplicación).

La etapa de almacenamiento se implementa por un sistema de base de datos, denominado gridTICs-cloud y la etapa de visualización y análisis se implementa a través de un sistema dashboard [8] (a ser definido). Conformando, estas dos últimas etapas, un sistema backend/frontend. Por lo tanto los usuarios remotos podrán disponer de la información de monitoreo del biorreactor a través de la web.

Cabe destacar, que mediante el sistema de visualización también será posible modificar los puntos de ajuste del control del biorreactor de forma remota.



**Fig. 3.** Diagrama en bloques general del Sistema de control y monitoreo para Biorreactor

## Referencias

1. Biorreactor, <https://www.cytivalifesciences.com/en/us/news-center/what-is-a-bioreactor10001>, last accessed 2023/06/20
2. IoT, <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot/>, last accessed 2023/06/25
3. ARSHEEN MIR, R. SWARNALATHA, "IMPLEMENTATION OF AN INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEM MODEL USING AN ARDUINO" Journal of Engineering Science and Technology Vol. 13, No. 12 (2018) 4131 - 4144
4. Arduino Industrial - Industrial Shields [https://www.industrialshields.com/es\\_ES/industrial-automation-solutions-home-20220310-lp](https://www.industrialshields.com/es_ES/industrial-automation-solutions-home-20220310-lp), last accessed 2023/06/10

6. ESP32 Espressif, <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>, last accessed 2023/06/10
7. IEEE 802.11 WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS <https://www.ieee802.org/11/> last accessed 2023/07/20
8. Internet Engineering Task Force (IETF), <https://www.ietf.org/>, last accessed 2023/06/21
9. Dashboard, <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/que-es-un-dashboard>, last accessed 2023/06/21