



UNIVERSIDAD
POLITECNICA ZMG

DIVISIÓN ACADÉMICA DE
MECATRÓNICA

BIORREACTOR

Proyecto

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Mecatronica

PRESENTA:

Alcala Villagomé Mario.
Becerra Iñiguez Diego Armando.
Martinez Velazquez Lisbeth.
Murguía Chávez Nadia Sarahi.
Ramos Chávez Brayan Oswaldo.

Directores:

Ing. Moran Grabito Carlos Enrique
Ing. Razo Cerda Rosa María

Biorreactor.

Cinematica de Robots.
Ingenieria en Mecatrónica 7A

20 de septiembre de 2019

0.1. Problemática

Un biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, un bioreactor es un recipiente en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicas activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aeróbico o anaerobio. Estos biorreactores son comúnmente cilíndricos, variando en tamaño desde algunos mililitros hasta metros cúbicos y son usualmente fabricados en acero inoxidable.

Un biorreactor puede ser también un dispositivo o sistema empleado para hacer crecer células o tejidos en operaciones de cultivo. Estos dispositivos se encuentran en desarrollo para su uso en ingeniería de tejidos. En términos generales, un biorreactor busca mantener ciertas condiciones ambientales propias (pH, temperatura, concentración de oxígeno, etc.) al organismo o sustancia química que se cultiva. El diseño de los biorreactores es una tarea de ingeniería relativamente compleja y difícil. Los microorganismos o células son capaces de realizar su función deseada con gran eficiencia bajo condiciones óptimas. Las condiciones ambientales de un biorreactor tales como flujo de gases (por ejemplo, oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, etc.), temperatura, pH, oxígeno disuelto y velocidad de agitación o circulación, deben ser cuidadosamente monitoreadas y controladas.

Por lo general al momento de realizar un biorreactor estos cuentan con medidores manuales que deben ser monitoreados en un determinado tiempo pero constante por los laboratoristas, al ser un trabajo que se tiene que ser constante, el personal que se encarga del monitoreo de las mediciones tales como son el pH, temperatura, presión e incluso la liberación de la presión.

0.1.1. Objetivo General

Elaboración de un sistemas semi-automatizado para la toma de pH, temperatura y presión de un biorreactor así como la instalación de una valvula de liberación de presión controlada mediante estandares requeridos.

Objetivos del proyecto

- ◇ Modelado matematico de los sensores.
- ◇ Diseño y simulación del funcionamiento de los sensores dentro del biorreactor.
- ◇ Utilización de base de datos para el registro de datos arrojados por los sensores.
- ◇ Selección y elección de sensores y actuadores.

0.1.2. Justificación

La implementación de un sistema semi-automatizado dentro de un biorreactor es util, puesto que se puede tener un control y ordenamiento de los datos necesarios para el monitoreo de las medidas necesarias para el control y supervisión del proceso dentro del biorreactor, de esta manera el laboratorista tiene una mejor lectura de sus datos sin tener que estar la mayoría del tiempo tomando medidas, pues se pretende que el sistema ayude a que las lecturas sean más claras y con mayor accesibilidad de una base de datos para consultoria del estado del proceso.

0.1.3. Delimitación

Una de las limitaciones que se presentan es que los sensores tienen que ser especialmente de grado alimenticio, puesto que tendrán contacto con productos que se darán a consumo.

Además de que el biorreactor a donde va dirigido este proyecto, solo realiza cierto tipo de procesos, por lo que no es un biorreactor universal, debido a esto se requiere diseñar y adaptar sistemas para este biorreactor.

0.2. Cronograma de actividades

0.2.1. Matriz de posibles materiales y costos

Materiales	costo
Sensor de temperatura	300
Sensor de pH	820
Arduino	400
Sensor de presión	800
Electro valvula	250
Sensor de flujo de agua	300
Microcontrolador	500
Total	3,370

0.2.2. Matriz de roles

Signo	Leyenda
P	Responsabilidad
C	Colabora
I	Suministra información a los demás
MN	Mario Alcala Villagómez y Nadia Sarahi Murguía Chávez
DB	Diego Armando Becerra Iiguez y Brayan Oswaldo Ramos Chávez
LN	Lisbeth Martinez Velazquez y Nadia Sarahi Murguía Chávez

0.2.3. Diagrama Gantt

Actividades	MN	DB	LN	Fecha
Titulo del proyecto	P	C	I	16 al 20 septiembre
Planteamiento del problema	I	P	C	16 al 20 septiembre
Formular el Problema	I	C	P	16 al 20 septiembre
Objetivo general del proyecto	P	I	C	16 al 20 septiembre
Objetivos del proyecto	P	C	I	16 al 20 septiembre
Justificación	C	C	P	16 al 20 septiembre
Delimitación	C	I	P	16 al 20 septiembre
Matriz de posibles costos materiales	P	C	I	16 al 20 septiembre
Matriz de roles	I	C	P	16 al 20 septiembre
Diagrama de Gantt	P	I	C	16 al 20 septiembre
Explicación de la aportación de cada materia	C	P	I	16 al 20 septiembre
Desarrollo del proyecto	P	C	IP	-
Bibliografía	PI	CI	IP	-
Total P	7	2	6	-
Total C	3	8	3	-
Total I	4	4	6	-

0.3. Relación de materias

Materias de 7to	Detalles de la Aportación al proyecto
Inglés VII	Comprensión y Traducción de artículos, libros y manuales consultados.
Termodinámica	Análisis de temperatura para el manejo de sensores y el sensor de temperatura
Modelado de sistemas	Modelado matemático para el análisis para el uso de los sensores y sus respuestas
Administración y de proyectos	Gestión y organización, planeaciones y control de recursos económicos, materiales y humanos.
Cinemática de robots	Cálculo y especificaciones matemáticas para la correcta estructuración del biorreactor
Diseño y selección de materiales	Diseño y simulación de la estructura del biorreactor

Materias de 8vo	Detalles de la Aportación al proyecto
Ingles VIII	Comprensión y Traducción de articulos, libros y manuales consultados.
Diseño de sistemas mecatrónicos	Empleación de planeaciones, organización y estructuración de proyectos.
Ing. Asistida por computadora	Simulación del diseño y funcionamiento del biorreactor, tomando en cuenta el comportamiento de sus elementos.
Ingeniera de control	Instalación de un sistema de control para los sensores de temperatura, ph, presión.
Dinámica de robots	
Pro. sistemas embebidos	Utilización y programación de microcontroladores para el accionamiento de sensores
Sistemas de visin artificial	Instalación de un sistema de visión artificial para la inspección de calidad el producto
Adquisicin y procesamieto de señales	Visualización y obtención de seales analogicas, convertidas en digitales para su visualización dentro de un entorno digital

0.4. Introducción

Este proyecto nace de la necesidad de diseñar un sistema de monitoreo de variables (pH, temperatura, presión, liberación de presión) y una lectura digital usando un almacenamiento mediante el uso de base de datos visualizados desde una PC con una interfaz grafica para un bioreactor, dado que por un lado se podría contaminar el contenido del proceso dentro de la cámara del biorreactor, los sensores empleados en el interior de la cámara del biorreactor tienen que ser de grado alimenticio.

0.5. Desarrollo

0.5.1. Control de temperatura.

El sistema de control propuesto puede ser utilizado para el control de temperatura de biorreactores que pueden ser utilizados en el área de desarrollo, así como en el área de investigación en donde es necesario realizar el cultivo de microorganismos o el crecimiento de células o tejidos en condiciones controladas y en presencia de aire.

0.5.2. Sensor de temperatura

El control de temperatura se encargará de obtener las lecturas en un determinado tiempo previamente programado, que se reflejarán en la base de datos de acuerdo a esto, si la base de datos registra una lectura fuera de los parámetros se dará una alerta para activar y desactivar (encender y apagar) el refrigerador en el que se mete para controlar la temperatura en caso de ser elevada para el proceso que se lleva a cabo.

El tipo de sensor que se utilizó son los LM35 de empaquetado TO-92, los cuales nos dan una tensión de salida lineal, directamente proporcional a la temperatura medida en grados centígrados. Estos dispositivos entregan 10 [mV] por grado centígrado. Tiene un intervalo de acción que va desde los -55°C hasta los 150°C.

Los puntos por los que se seleccionó este dispositivo son su bajo precio, la lectura que nos ofrece, ya que es directamente proporcional a la temperatura censada y basta con polarizarla con una fuente sencilla para su funcionamiento.

El sensor de temperatura principal se encuentra en el tanque, este monitorea la temperatura del proceso en el exterior del biorreactor, si la temperatura no es la óptima, la PC activa y desactiva la refrigeración para retirar o proporcionar el calor necesario al interior del biorreactor.

En el interior del biorreactor se encuentra otro sensor de temperatura como centinela para monitorear que la temperatura de la mezcla en estudio sea la adecuada, también es necesario agitar esta mezcla para tener una lectura de temperatura correcta.

0.5.3. Determinación de los modelos matematicos.

Sistema de medición

El modelo didáctico de control cuenta con 2 sensores de temperatura, cada uno de ellos se usa para medir un punto específico, estos 2 puntos son: la temperatura externa y la temperatura interna. Para el rango de temperatura a trabajar se tiene una señal de voltaje que varía entre 230 [mV] y 1 [V], esta señal es necesario acondicionarla para obtener un rango de salida entre 0 y 5 V, el acondicionamiento de señal se muestra en la figura 1

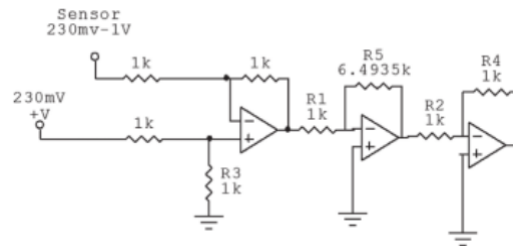


Figura 1: Circuito

Sistema de potencia

El elemento final de control trabaja con una alimentación de 120 [VAC] y una potencia de 100 [W].

Para el control de potencia se utilizara la activación del trigger de un triac. EL disparo del triac permite que pase corriente a la carga, este paso de corriente es controlado por fase como se muestra en la figura 2. El control del trigger se realiza por medio de un cambio en el voltaje de 0 a 5 [V], es decir, cuando se tiene 0 [V] el ángulo de disparo es de 0 y cuando se tiene 5[V] el ángulo de siparo es de 180.

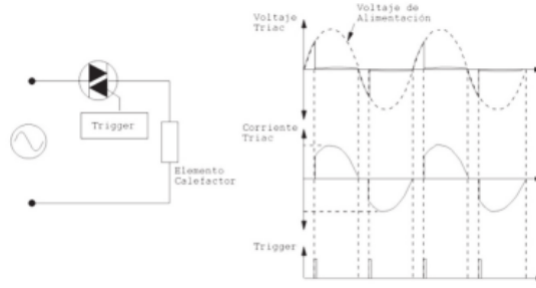


Figura 2: Circuito de potencia

Sistema de adquisición de adatos

Una vez acondicionados los 2 sensores se procede a desarrollar un método para adquirir los datos el cual es implementado en LabVIEW. El método de adquisición se muestra en la figura 3 realizado por medio de la tarjeta Raspberry Pi. El método de adquisición se utiliza la configuración de un canal como entrada analógica, se define el reloj para el muestreo, se muestrea continuamente hasta que usuario detiene el modo de adquisición, al final se guarda todo en un archivo y se limpian todas las tareas y procesos abiertos en el sistema operativo.

A. Técnica de identificación

La identificación de sistemas tiene por objeto obtener el modelo de un sistema dinámico a partir de datos experimentales, en los cuales se tienen en cuenta las variables de entrada, variables de salida y las posibles perturbaciones que afectan al sistema, para realizar una identificación es necesario realizar los siguientes pasos:

Recolección de datos: Primero se define qué variables se van a medir y cuáles van a ser las señales de entrada que afecten al sistema.

Selección del modelo: Se realiza a partir de un grupo de modelos, se elige el más adecuado y representativo del sistema.

Validación del modelo: La evaluación de la calidad del modelo se basa en determinar cómo se desempeña el modelo cuando se trata de reproducir con él los datos obtenidos experimentalmente, según el comportamiento del sistema se acepta o se rechaza el modelo seleccionado para la identificación.

B. Método de mínimos cuadrados

Este método es la base de distintos métodos paramétricos recursivos y no recursivos de identificación en el cual se trata de identificar los coeficientes θ_{ij} del sistema de ecuaciones propuesto en el modelo, estas ecuaciones se representan como un sistema lineal.

$$\hat{y}_1 = \hat{\theta}_{11}x_1 + \hat{\theta}_{12}x_2 + \dots + \hat{\theta}_{1r}x_n \quad (1)$$

$$\hat{y}_2 = \hat{\theta}_{21}x_1 + \hat{\theta}_{22}x_2 + \dots + \hat{\theta}_{2r}x_n \quad (2)$$

•
•
•

$$\hat{y}_r = \hat{\theta}_{r1}x_1 + \hat{\theta}_{r2} + \dots + \hat{\theta}_m x_n \quad (3)$$

Donde r es le número de salidas del sistema y n es el número de entradas al sistema.

La ecuación ?? se puede representar como:

$$y = X\theta \quad (4)$$

$$z = X\theta + v \quad (5)$$

Donde $z = [z(1)z(2)...z(n)]^T$ es el vector de salida estimada del sistema, $\theta = [\theta_0\theta_2...\theta_n]^T$ es el vector de parámetros para estimar , $X = [1\xi_1...\xi_n]$ e sla matriz de estados de la cual depende la señal de salida $v = [v(1)v(2)...v(n)]^T$ es el vector de la medición del error.

EL objetivo de este método de identificación es minimizar la suma del error cuadrático cometido en K medidas, para ello se define el error como la defirencia entre el valor medido y el estimado, y se busca minimizar el índice de comportamiento J :

$$J = \frac{1}{2}(z - x\theta)^T(z - x\theta) \quad (6)$$

El valor de θ que minimiza a $J(\theta)$ debe satisfacer que $\frac{\partial J}{\partial \theta} = 0$. Al derivar ?? se tiene:

$$\frac{\partial J}{\partial \theta} = -X^T z + X^T X \hat{\theta} = 0 \quad (7)$$

$$X^T z = X^T X \hat{\theta} \quad (8)$$

$$X^T(z - X\hat{\theta}) = 0 \quad (9)$$

Al despejar $\hat{\theta}$?? se obtiene el valor estimado $\hat{\theta}$:

$$\hat{\theta} = (X^T X)^{-1} X^T z \quad (10)$$

Con

$$E(v) = 0E(vv^T) = \sigma^2 I \quad (11)$$

C. Metodología propuesta

Para el desarrollo del medelo matem”atico aplicado al sistema de temperatura se siguieron los siguientes pasos: primero se modela el sistema aprtir de leyes físicas, una vez se tiene el modelo se detemrina los parámetros desconocidos y la dependencia de éstos con las variables del proceso; luego se toman los datos, para ello se debe

garantizar la calibración de los instrumentos; una vez se toman los datos se realizan la identificación de los parámetros desconocidos por el método de mínimos cuadrados. Los datos que arroja el método de mínimos cuadrados deben ser validados, para ello se toman nuevamente datos con una señal de excitación diferente a los datos tomados anteriormente, se comparan estos datos con el modelo y se calcula el índice de desempeño, el cual dirá si el modelo es confiable o hay que volver a estimar los parámetros.

Modelo matemático del sistema

En la tabla 1 se detallan las variables usadas en el modelo matemático.

Variable	Definición de las variables
H_e	Flujo de calor suministrado por el elemento de potencia
H_s	Flujo de calor al interior del módulo de temperatura
H_m	Flujo de calor en las paredes del módulo de temperatura
Q	Velocidad del flujo de calor en el sistema a controlar
R_th	Resistencia térmica del bombillo
k_1	Conductividad térmica $= 1/Rt$
C	Capacidad calorífica
M	Masa del cuerpo
c	Calor específico
T_a	Temperatura en el exterior del sistema (Temperatura ambiente)
T_s	Temperatura al interior del módulo de temperatura
T_h	Temperatura del elemento final de control (resistencia térmica)

Para obtener el modelo se tiene la ecuación de equilibrio térmico descrita.

$$H_e = H_s + H_m \quad (12)$$

Donde H_m es el flujo de calor en la pared del material del módulo de temperatura, el cual se da por convección, esta ley afirma que si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o gas, es casi seguro se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El calentamiento de un sistema cerrado mediante un elemento generador de calor no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto del sistema se dirija hacia el elemento generador de calor.

Donde H_s es el flujo de calor en el sistema al interior del módulo de temperatura, el cual se presenta por conducción, esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado). El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor, y se conocen como aislantes.

$$H_s = \frac{Q}{A} \quad (13)$$

$$Q = C \frac{d}{dt} T_s \quad (14)$$

La capacidad calorífica varía según la sustancia, en el caso de estudio la sustancia objeto de analisis es aire seco, el cual es el que circula al interior del módulo de temperatura. SU relación con el calor específico es: $C = M * c$, donde la masa del cuerpo es una relación entre el volumen y la densidad depende de la temperatura y de la presión.

El calor específico es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado, esta depende de la temperatura.

$$H_e = \frac{C}{A} \frac{d}{dt} T_s + \frac{(T_e - T_s)}{R_t} \quad (15)$$

Donde R_t es un parámetro que se encuentra por medio de identificación de sistemas paramétrica por el método de mínimos cuadrados.

Para la aplicación de la técnica de identificación se debe tomar datos del sistema, tanto de la temperatura del medio ambiente, en el elemento calefactor y en el sistema que se quiere modelar. Del modelo se detemrina las variables que afectan la resistencia térmica T_s , T_a , H_e . Primero se define la matriz de estados.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & \frac{T_e(1) - T_s(1)}{H_e(1)} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{T_e(n) - T_s(n)}{H_e(n)} \end{bmatrix}$$

Figura 3:

Segundo se define el vector de parámetros a estimar:

$$\theta_1 = [Rt \ 0 \ Rt(T_e - T_s)/(H_e)] \quad (16)$$

Tercero se define los vectores de las salidas estimadas, calculados a partir de los datos sensados.

$$z_2 = [Rt(1) \ Rt(2) \ ... \ Rt(N)]^T \quad (17)$$

Por último se calcula los parámetros a estimar con las siguientes ecuaciones:

$$\hat{\theta}_1 = (X^T X)^{-1} X^T z_1 \quad (18)$$