

Sistema de Control de un Proceso Analítico

Proyecto Final de Laboratorio de Automatización
Profesora: Roxana Ramírez Herrera

Equipo:
María Fernanda Gutiérrez
Liliana Castro Guzmán
Alma Paulina Cedillo

Introducción

- ▶ El control automatizado de procesos permite:
 - ▶ Determinar las corrientes de los procesos
 - ▶ Obtener, procesar y comunicar información sobre la composición y estructura de la materia
 - ▶ Conocer el % de error que se tiene en el proceso
 - ▶ La validación y verificación de resultados, esto se logra a través de la calibración adecuada de los sensores y equipos en general.
- ▶ En el presente proyecto se utilizó el siguiente equipo de control de pH automatizado:
 - ▶ Amatrol's T-5554 (Analytical Process Control Learning System)
- ▶ Los objetivos del proyecto son:
 - ▶ Realizar el análisis del sistema de control de proceso analítico
 - ▶ Identificar los elementos del equipo (ejecutando pruebas para las soluciones químicas)
 - ▶ Comprender el control de la automatización del sistema usando el conocimiento y la información teórica obtenida durante el curso.



Figura 1. Amatrol T-5554

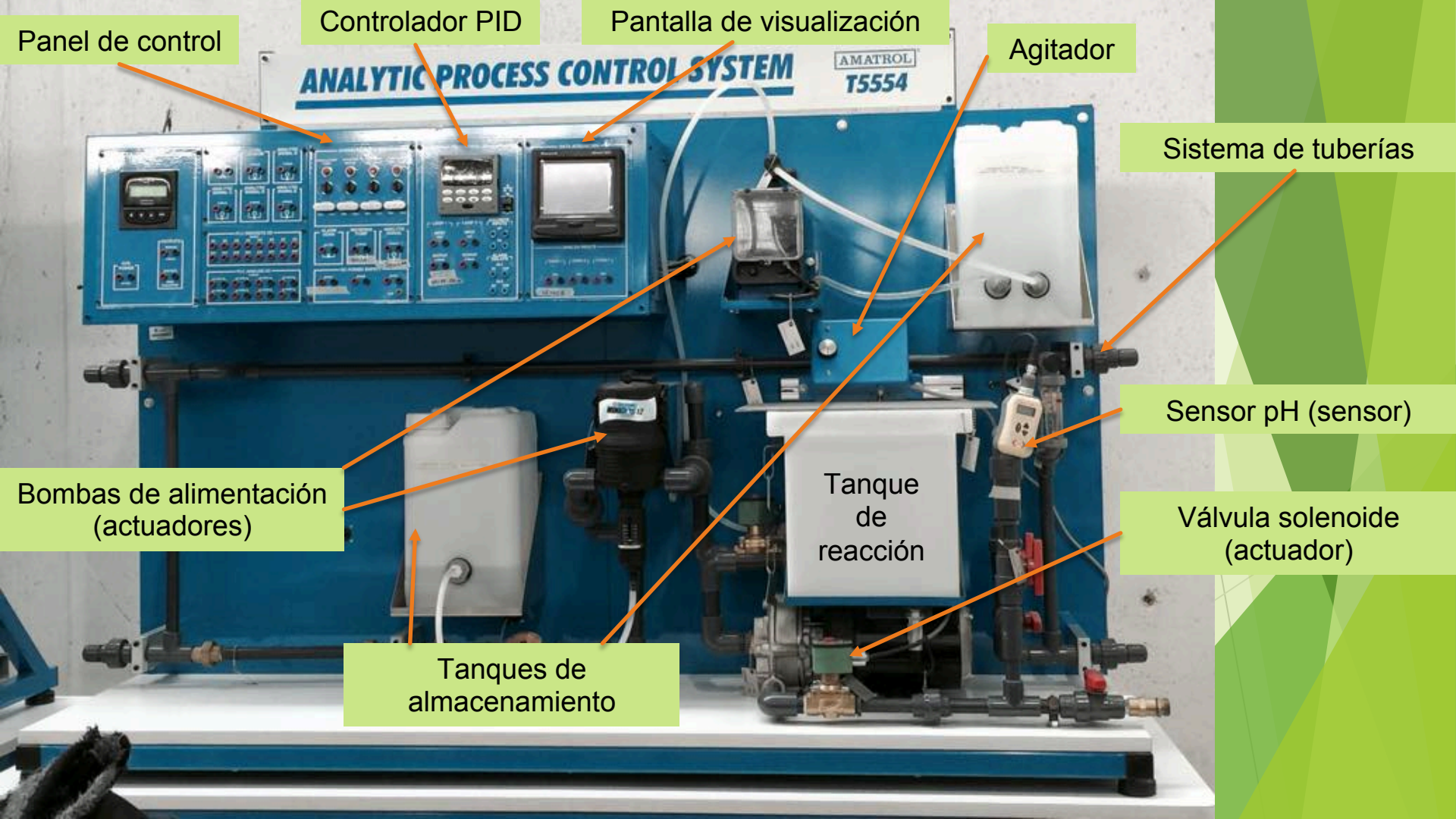
Planeación del proyecto

- ▶ Se realizó el desglose de las actividades así como un diagrama de Gantt
- ▶ Se determinaron los costos del equipo
- ▶ Se eligió a un líder de proyecto

Phase 3	17 days	10/04/15	04/05/15	Phase 2
Define electric process Closed Loop	3 days	10/04/15	14/04/15	
Design/implement PID controller	6 days	15/04/15	22/04/15	Define electric process Closed Loop
Final project questions	16 days	15/04/15	03/05/15	
Final Presentation	3 days	23/04/15	27/04/15	Design/implement PID controller
Final document	3 days	23/04/15	27/04/15	Design/implement PID controller
Weebly page submission	17 days	10/04/15	04/05/15	Phase 2

Task Name	Duration	Start	End	Predecessor
Phase 1	10 days	09/02/15	22/02/15	
Define the process	0.5 days	09/02/15	09/02/15	
Identify elements	2 days	09/02/15	11/02/15	Define the process
Estimate costs	7.5 days	11/02/15	21/02/15	Identify the elements
P&ID	3 days	11/02/15	16/02/15	Identify the elements
Phase 1 report	4.5 days	16/02/15	22/02/15	P&ID

Phase 2	34 days	23/02/15	09/04/15	Phase 1
Identify user's manual	2 days	23/02/15	24/02/15	
Define electric process Open Loop	15 days	25/02/15	17/03/15	
Sensors and actuators experiments	5 days	25/02/15	03/03/15	Identify user's manual
Outputs from Indicators and graphic tools	5 days	04/03/15	10/03/15	Sensors and actuators experiments
Open loop transfer function	5 days	11/03/15	17/03/15	Outputs from indicators and graphic tools
Initiate Weebly webpage	20 days	13/03/15	09/04/15	
Phase 2 report	5 days	03/04/15	09/04/15	
Phase 2 representation	5 days	03/04/15	09/04/15	



Panel de control

Controlador PID

Pantalla de visualización

Agitador

Sistema de tuberías

Sensor pH (sensor)

Válvula solenoide (actuador)

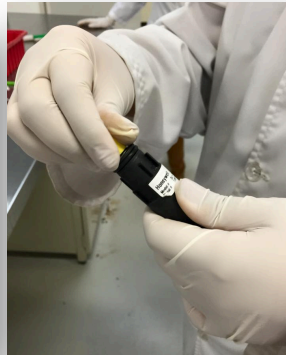
Tanque de reacción

Tanques de almacenamiento

Bombas de alimentación (actuadores)

Calibración del sensor

- ▶ Para lograr el control automatizado de manera correcta es necesario que el sensor de pH esté calibrado, esto se llevó a cabo de dos diferentes modos:
 1. Experimento en el laboratorio de química usando un multímetro
 2. Utilizando el potenciómetro digital



Figuras 2 y 3 . Material utilizado para calibrar en el laboratorio.

Figuras 4 y 5. Sensor dañado y potenciómetro digital.

Sistema de control de lazo abierto

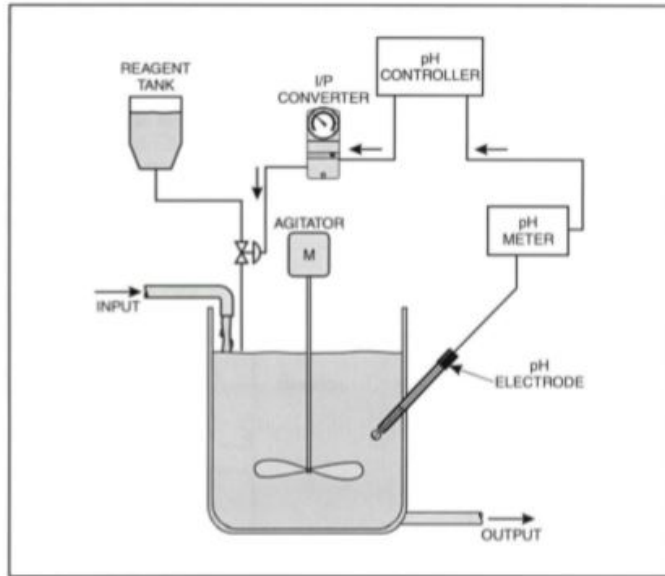


Figura 6 . Diagrama de la configuración de lazo abierto. (tomado del manual de usuario número 6)

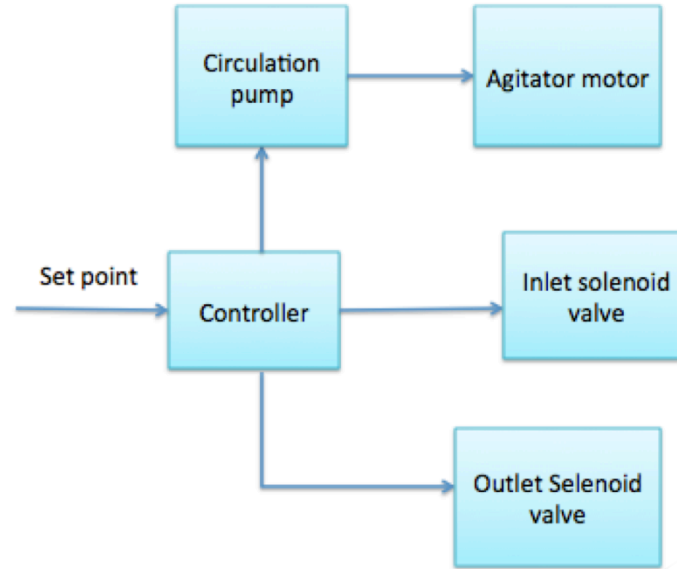


Figura 7. Diagrama de bloques para el lazo abierto

Curva de caracterización

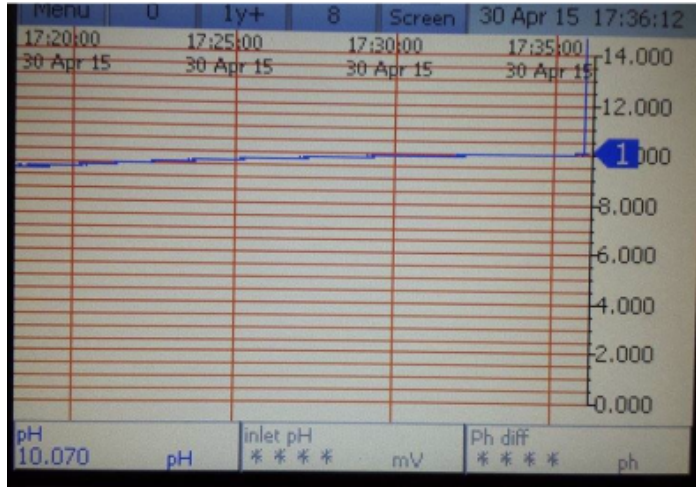


Figura 8. Curva de caracterización del sistema.

- ▶ En este tipo de método de sintonización de control del sistema este responde rápidamente a los cambios en el punto de ajuste, para realizarlo es necesario:
 - ▶ Sacar el sensor de pH del lugar original y ponerlo directamente en el tanque de reacción.
 - ▶ Esto permitirá al equipo empezar a construir la curva de caracterización.

El proceso debe estar en estado de equilibrio

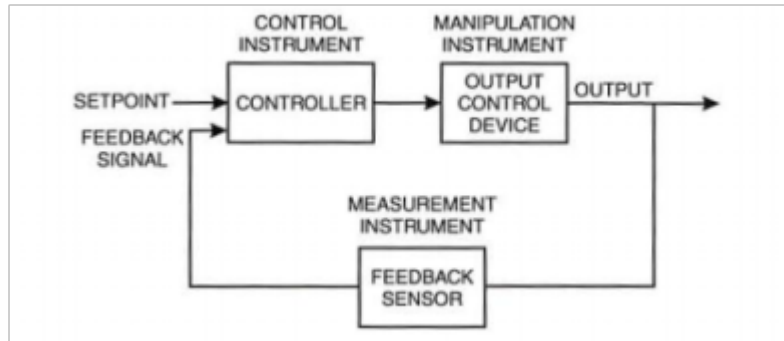
Un cambio en la salida del controlador se debe iniciar

Lo que provocará un cambio en la respuesta, la última se pueden grabar para obtener los valores necesarios

Sistema de control de lazo cerrado

Pero también tiene un sensor de realimentación que monitoriza la variable controlada y retroalimenta la señal al controlador.

A continuación, el controlador compara con el punto de referencia y ajusta su salida hasta que la señal de realimentación es igual al punto de ajuste establecido.



1. Tiene que ser establecido los parámetros para el control del pH.
2. Se tiene que establecer los parámetros necesarios para el control de nivel
3. En el contenedor se mide por un sensor de nivel que proporciona una señal analógica al controlador
4. Para salir del modo de configuración con la tecla de pantalla inferior y entrar en el punto de referencia para el loop del control de pH

Controlador PID

- ▶ Se obtuvieron los parámetros para el controlador
- ▶ Usando SIMULINK:
 - ▶ Se realizó la configuración de lazo cerrado con la función de transferencia
 - ▶ Se llevó a cabo una simulación con los parámetros calculados



Figura. Configuración de lazo cerrado para el sistema.

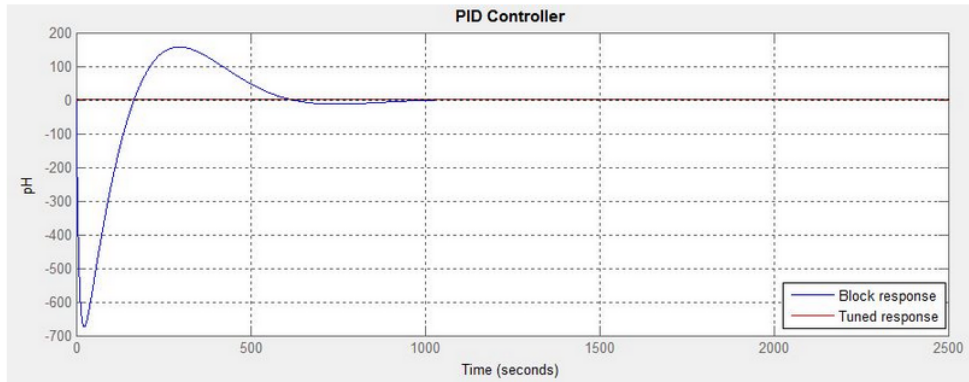


Figura. Respuesta después de usar los parámetros del PID.

$$G(s) = \frac{1.007}{541.8s + 1}$$

$$\xi = \frac{\sqrt{\ln(Mp)^2}}{\sqrt{\ln(Mp)^2 + \pi^2}} = \frac{\sqrt{\ln(0.15)^2}}{\sqrt{\ln(0.15)^2 + \pi^2}} = 0.5169$$

$$\omega_n = \frac{4}{t_s \xi} = \frac{4}{1083.6 \cdot 0.5169} = 7.1414 \times 10^{-3}$$

$$G_d(s) = \frac{5.010 \times 10^{-5}}{s^2 + 7.383 \times 10^{-3}s + 5.010 \times 10^{-5}}$$

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s}$$

$$G_{LA}(s) = \left[\frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \right] \left[\frac{1.007}{541.8s + 1} \right] = \frac{1.007[K_d s^2 + K_p s + K_i]}{541.8s^2 + 1}$$

$$G_{LC}(s) = \frac{1.007[K_d s^2 + K_p s + K_i]}{s^2(1.007K_d + 541.8) + s(1.007K_p + 1) + 1.007K_i}$$

$$s^2 + 7.383 \times 10^{-3}s + 5.010 \times 10^{-5} = s^2(1.007K_d + 541.8) + s(1.007K_p + 1) + 1.007K_i$$

$$1 = 1.007K_d + 541.8 \therefore K_d = -537.04$$

$$7.383 \times 10^{-3} = 1.007K_p + 1 \therefore K_p = -0.9857$$

$$5.010 \times 10^{-5} = 1.007K_i \therefore K_i = 4.9751 \times 10^{-5}$$