



**PROGRAMA ANALÍTICO**

**DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA**

**ASIGNATURA: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**CÓDIGO: 9141**

**AÑO ACADÉMICO: 2019**

**PLAN DE ESTUDIO: 1994**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**DOCENTE A CARGO:** Ing. Dídimo Zárate – Profesor Adjunto Exclusivo  
e-mail: dzarate@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 500

**EQUIPO DOCENTE:** Ing. Dídimo Zárate – Profesor Adjunto Exclusivo  
e-mail: dzarate@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 500  
Mg. Ing. Diego Muñoz – Jefe de Trabajos Prácticos Semi-Exclusivo  
e-mail: dmunoz@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 582  
Dr. Ing. Pablo De la Barrera – Jefe de Trabajos Prácticos Exclusivo  
e-mail: pbarrera@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 255  
Dr. Ing. Pablo Donolo – Ayudante de Primera Semi-Exclusivo  
e-mail: pdonolo@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 255

**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS:**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
9130	-
0405	-

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Semanales: 8

Totales → Teóricas: 50  
                  → Prácticas → Resolución de problemas: 40  
                                  → Laboratorio: 30  
                                  → Proyecto: -  
                                  → Trabajo de campo: -

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:** Obligatoria



## **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:**

Se trata de cubrir necesidades pertinentes al ámbito de la educación básica en la Ingeniería química. En tal sentido, los objetivos primordiales de la asignatura se relacionan, tanto con la comprensión de la naturaleza de los problemas de control, como con una aproximación sistemática hacia sus soluciones.

En relación a las metas enunciadas, se trabaja en torno a principios generales que permiten establecer que:

- el sujeto de estudio es el control de un proceso químico, con todas sus dificultades y desafíos;
- existe una gran diversidad de herramientas y metodologías de diseño con las que el alumno deberá estar familiarizado antes de intentar la resolución de un problema de control;
- diseñar un sistema de control no es solamente la resolución de un problema matemático, sino que involucra la aplicación de todos los conocimientos de ingeniería adquiridos en los años previos;
- para el diseño de cualquier esquema de control simple y efectivo, es esencial una comprensión profunda de los fenómenos físicos y químicos que tienen lugar en los procesos involucrados;
- el problema central a ser resuelto es seleccionar, en cada caso, la mejor de las diversas configuraciones alternativas de control posibles.

Además de los objetivos y principios generales enunciados, se aspira a que, en cada una de las partes en que se divide el programa se alcancen ciertos objetivos parciales, los que se enuncian junto con los contenidos analíticos.

## **CONTENIDOS:**

### **MODULO I: Elementos de Automatización para un Proceso Químico**

#### *Objetivos:*

- \* Que el alumno adquiera conocimientos acerca de qué se entiende por automatización de un proceso químico;
- \* que obtenga conocimientos básicos acerca del funcionamiento de los Controladores Lógicos Programables;
- \* que sea capaz de desarrollar programas para automatizar secuencias simples de automatización;
- \* que incorpore conocimientos básicos acerca de los diferentes sensores y actuadores que se utilizan para la automatización de procesos industriales.

#### *Contenidos:*

#### **1.- Elementos de Automatización: Controladores Lógicos Programables.**

- 1.1 Introducción
  - Contexto Histórico
  - Relés
- 1.2 Estructura y Operación.
  - Estructura interna de un PLC
  - Operación de un PLC
- 1.3 Conceptos de Programación.
  - Instrucciones Básicas
- 1.4 Criterios de Selección
  - Factores cuantitativos
  - Factores cualitativos
- 1.5 Sensores y Actuadores
  - Sensores o elementos de entrada
  - Actuadores o elementos de salida



*Contenidos Adicionales del Capítulo.*

El Conjunto de Instrucciones

- Instrucciones de enclavamiento
- Contadores
- Temporizadores
- Monoestables
- Control Maestro
- Manipulación de datos
- Instrucciones matemáticas

El Cableado Eléctrico

- Cableado de las entradas
- Cableado de las salidas
- Criterios de selección del tipo de entradas y salidas

**MODULO II: El Control de un Proceso Químico: Características y Problemas Asociados**

*Objetivos:*

- \* Que el alumno adquiera conocimientos acerca de qué es y qué implica el control de un proceso químico;
- \* que obtenga una base racional para el estudio de la asignatura;
- \* que sea capaz de describir las necesidades e incentivos de un control de procesos;
- \* que analice las características de un sistema de control y formule los problemas que deberán ser resueltos durante el diseño.

*Contenidos:*

*2.- Incentivos para el control de un proceso químico.*

- 2.1 Supresión de la influencia de las perturbaciones externas.
- 2.2 Asegurar la estabilidad del proceso.
- 2.3 Optimización de la performance de un proceso químico.

*3.- Aspectos del diseño de un sistema de control de procesos.*

- 3.1 Clasificación de las variables en un proceso químico.
- 3.2 Elementos de diseño de un sistema de control.
  - Formulación de los objetivos de control
  - Selección de las variables a medir
  - Selección de las variables manipuladas
  - Selección de la configuración de control
  - Diseño del controlador
- 3.3 Metodología de trabajo
- 3.4 Aspectos del control de una planta química completa

**MODULO III: Modelado del comportamiento estático y dinámico de un proceso químico.**

*Objetivos:*

- \* Que el alumno comprenda la necesidad de desarrollar un modelo matemático para conocer el comportamiento de un sistema, como paso previo al diseño de un controlador para un proceso químico;
- \* que sea capaz de adquirir una metodología de trabajo a fin de modelar un proceso utilizando las ecuaciones de balance;
- \* que reconozca el alcance y las dificultades del modelado matemático para su utilización en control de procesos.
- \* que se domine el método operacional de la transformada de Laplace como herramienta para la resolución de ecuaciones diferenciales.



**Contenidos:**

**4.- Desarrollo de un modelo matemático**

- 4.1. ¿Por qué necesitamos de modelos matemáticos para el control de procesos?
- 4.2. Variables de estado y ecuaciones de estado para procesos químicos.
- 4.3. Elementos adicionales del modelo matemático.
  - Ecuaciones de velocidad de transporte
  - Ecuaciones cinéticas
  - Relaciones de equilibrio de reacción y fase
  - Ecuaciones de estado
- 4.4. Tiempo muerto.
- 4.5. Dificultades del modelado.
  - Pobre conocimiento del proceso
  - Parámetros conocidos con poca precisión
  - Tamaño y complejidad del modelo

**Contenidos Adicionales del Capítulo.**

Ejemplos adicionales de Modelado Matemático

**5.- Consideraciones sobre el modelado con propósitos de control**

- 5.1. El modelo de *entrada - salida*.
- 5.2. Grados de libertad.
- 5.3. Grados de libertad y controladores de proceso.
- 5.4. Formulación del alcance del modelado en un control de proceso.
  - Objetivos de control
  - Las perturbaciones esperadas y su impacto
  - Fenómenos físico - químicos en un proceso
- 5.5. Linealización de sistemas no lineales
  - Linealización de sistemas de una variable
  - Variables de desviación

**6.- Transformada de Laplace**

- 6.1. Definición de la Transformada de Laplace.
- 6.2. Transformada de Laplace de algunas funciones básicas.
  - Función exponencial
  - Función rampa
  - Funciones trigonométricas
  - Funciones trasladadas
  - Función pulso unitario
  - Función impulso unitario
- 6.3. Transformada de Laplace de derivadas.
- 6.4. Transformada de Laplace de integrales.
- 6.5. Teorema del valor final.
- 6.6. Teorema del valor inicial.

**7.- Solución de ecuaciones diferenciales lineales mediante Transformada de Laplace**

- 7.1. Un ejemplo característico y el procedimiento de solución.
- 7.2. Transformada inversa de Laplace: Expansión de Heaviside.
  - Raíces reales y distintas del polinomio  $P(s)$
  - Raíces complejas y distintas del polinomio  $P(s)$
  - Raíces múltiples del polinomio  $P(s)$
- 7.3. Ejemplos de resolución de ecuaciones diferenciales lineales usando Transformada de Laplace.



**Contenidos Adicionales del Capítulo.**

- Números Complejos
- Introducción
- Definición
- Igualdad y desigualdad
- Adición y sustracción
- Producto y cociente
- Potencias y raíces
- La función exponencial
- Consideraciones sobre la representación vectorial de números complejos

**8.- Funciones de transferencia y los modelos de entrada – salida**

- 8.1. Función de transferencia de un proceso con una única salida.
- 8.2. Función de transferencia matricial de un proceso con múltiples salidas.
- 8.3. Polos y ceros de una función transferencia.
- 8.4. Análisis cualitativo de la respuesta de un sistema.

**MODULO IV: Análisis del comportamiento dinámico de los procesos químicos.**

**Objetivos:**

- \* que el alumno adquiera conocimientos sobre el comportamiento dinámico de los diversos procesos típicos ante cambios en la entrada y perturbaciones;

**Contenidos:**

**9.- Comportamiento dinámico de sistemas de primer orden**

- 9.1. ¿Qué es un sistema de primer orden?
- 9.2. Procesos modelados como sistemas de primer orden.
- 9.3. Respuesta dinámica de un proceso capacitivo puro.
- 9.4. Respuesta dinámica de un sistema con retardo de primer orden.
- 9.5. Sistemas de primer orden con constante de tiempo y ganancia variables.

**10.- Comportamiento dinámico de sistemas de segundo orden**

- 10.1. ¿Qué es un sistema de segundo orden?
- 10.2. Respuesta dinámica de los sistemas de segundo orden.  
Características de una respuesta subamortiguada.
- 10.3. Procesos multicapacidad como sistemas de segundo orden.  
Capacidades sin interacción.  
Capacidades interactuantes.
- 10.4. Procesos de segundo orden en sí mismos.
- 10.5. Sistemas de segundo orden originados por la presencia de controladores.

**11.- Comportamiento dinámico de otros sistemas de interés**

- 11.1. Sistemas multicapacitivos.(o de orden superior)
- 11.2. Dinámica de sistemas con tiempo muerto.  
Aproximación polinomial del tiempo muerto  
Aproximación de sistemas multicapacitivos
- 11.3. Dinámica introducida por los ceros de una Función Transferencia
- 11.4. Dinámica de sistemas con respuesta inversa.

**MODULO V: Análisis y diseño de sistemas de control realimentado.**

**Objetivos:**

- \* Que se discuta la noción de lazo de realimentación;
- \* que se conozcan los elementos físicos necesarios para la implementación de lazos realimentados;



- \* que se identifiquen los modos básicos de control realimentado y su efecto en la respuesta de un proceso químico;
- \* que analicen las características de estabilidad de un sistema con control y se visualice el procedimiento de diseño de un controlador apropiado para un sistema dado.

*Contenidos:*

*12.- Introducción al control realimentado.*

- 12.1. Concepto de control realimentado.
- 12.2. Tipos de controladores.
  - Controlador Proporcional.
  - Controlador Proporcional – Integral.
  - Controlador Proporcional – Integral - Derivativo.
- 12.3. Variantes en algoritmos de control PID.
  - Forma paralela de controladores PID.
  - Forma serie de controladores PID.
  - Equivalencia entre formas paralelo y serie.
  - Forma expandida de controladores PID.
- 12.4. Elementos básicos de los controladores realimentados.
  - Funciones adicionales de los controladores PID.
  - Realimentación positiva y realimentación negativa.

*13.- El equipamiento de los sistemas de control de procesos.*

- 13.1. Elementos físicos de un sistema de control.
- 13.2. Dispositivos de medición (sensores).
  - Sensores de flujo.
  - Sensores de presión
  - Sensores de temperatura.
  - Analizadores de composición.
- 13.3. Transductores.
- 13.4. Elementos de Control final.

*14.- Comportamiento dinámico de procesos con control realimentados*

- 14.1 Diagrama en bloques y respuesta de lazo cerrado.
- 14.2 Efecto del controlador proporcional sobre la respuesta de lazo cerrado de un proceso.
  - Sistemas de primer orden.
  - Sistemas de segundo orden.
- 14.3. Efecto de la acción de control integral.
- 14.4. Efecto de la acción de control derivativa.
- 14.5. Efecto compuesto de las acciones de control.
  - Efecto del controlador PI
  - Efecto del modo PID

*15.- Análisis de la estabilidad de sistemas realimentados.*

- 15.1. La noción de estabilidad.
- 15.2. La ecuación característica.
- 15.3. Criterio de estabilidad de Routh - Hurwitz.
- 15.4. Análisis mediante el método del lugar de las raíces.
  - Condiciones de ángulo y amplitud.
  - Reglas generales para la construcción de los lugares de las raíces.
  - Efecto de la adición de polos a la función de transferencia de lazo abierto.
  - Efecto de la adición de ceros a la función de transferencia de lazo abierto.

*16.- Diseño de controladores realimentados.*

- 16.1. Reseña de los problemas de diseño.



- 16.2. Criterios de performance simple.
- 16.3. Criterio de performance de la integral en el tiempo.
- 16.4. Selección del tipo apropiado de controlador realimentado.  
El caso del controlador de dos posiciones
- 16.5. Sintonía de controladores.  
Método de la curva de reacción del proceso (Cohen y Coon).  
Método de Ziegler – Nichols.  
Método de Tyreus – Luyben.  
Método de prueba y error en línea.

17.- *Análisis de la respuesta en frecuencia de procesos lineales*

- 17.1. Respuesta de un sistema de primer orden ante una entrada sinusoidal.
- 17.2. Característica de respuesta en frecuencia de un sistema lineal genérico.
- 17.3. Diagramas de Bode.  
Sistema de primer orden.  
Proceso capacitivo puro.  
Sistema de segundo orden.  
Sistema de tiempo muerto puro.  
Sistemas en serie.  
Controladores realimentados.
- 17.4. Diagramas de Nyquist.  
Sistema de primer orden.  
Sistema de segundo orden.  
Sistema de tercer orden.  
Proceso capacitivo puro.  
Controladores realimentados.

18.- *Diseño de sistemas de control realimentado usando técnicas de respuesta en frecuencia.*

- 18.1. Criterio de estabilidad de Bode.
- 18.2. Margen de ganancia y margen de fase.
- 18.3. Criterio de estabilidad de Nyquist.

19.- *Identificación experimental de sistemas.*

- 19.1. Conceptos fundamentales.
- 19.2. Métodos directos.
- 19.3. Método de identificación mediante relé realimentado.

**MODULO VI: *Análisis y diseño de sistemas de control avanzado.***

*Objetivos:*

- \* Que se visualice que existen situaciones en las que no puede ser aplicado el control realimentado clásico para lograr una respuesta deseada en un sistema dado;
- \* que el alumno posea una visión global de las técnicas de control avanzado más difundidas en la industria.

*Contenidos:*

20.- *Sistemas de control realimentado con grandes tiempos muertos o respuesta inversa*

- Introducción
- Procesos no lineales
- Procesos "acoplados" (con interacción)
- Dinámica problemática
- Perturbaciones problemáticas



- 20.1. Procesos con tiempos muertos grandes.
- 20.2. Compensación del tiempo muerto.
- 20.3. Control de sistemas con respuesta inversa.
  - Control PID simple
  - Compensador de respuesta inversa

21.- *Control por avanacción (feedforward) y control de relación*

- 21.1. Lógica del control por avanacción.
- 21.2. El problema de diseño de controladores de avanacción.
- 21.3. Aspectos prácticos del diseño de controladores por avanacción.
  - Diseño de controladores por avanacción de estado estacionario.
  - Diseño de controladores por avanacción con dinámica simple.
  - Controladores por avanacción físicamente irrealizables.
  - Sintonía de controladores por avanacción.
- 21.4. Control por avanacción - realimentación.
- 21.5. Control de relación.

22.- *Control adaptivo y control inferencial.*

- 22.1. Control Adaptivo.
  - Control Adaptivo Diagramado o Programado
  - Control Auto - Adaptivo
- 22.2. Control inferencial.

### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

La asignatura tiene una extensión temporal de un cuatrimestre, con una carga horaria semanal de 8 (ocho) horas, dividida en dos clases de 4 (cuatro) horas de duración cada una. Las clases son del tipo teórico - práctico, en las que se desarrollan los conceptos teóricos de una unidad, para luego ejecutar actividades prácticas relacionadas, en las que se pone énfasis en la comprensión global y conceptual del problema planteado más que en la obtención de resultados numéricos.

Las actividades prácticas de papel y lápiz se complementan con las prácticas de simulación, en las que se utiliza software dedicado al análisis de sistemas de control, así como prácticas de laboratorio, tanto en el Laboratorio de Control del Dpto. de Electricidad y Electrónica, como en la Planta Piloto del Dpto. de Tecnología Química.

La discusión, tanto de la teoría como de los problemas planteados, sigue una metodología de tipo interactiva en la cual los docentes asisten a los alumnos.

### **MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

#### **Durante el cursado**

La evaluación de los contenidos desarrollados se realiza de tres modos complementarios:

- en forma permanente, durante el desarrollo de las clases.
- en forma escrita a través de la presentación de informes sobre lo realizado en los prácticos de Simulaciones y Laboratorio.
- en forma escrita a través de la ejecución de tres exámenes parciales teórico-prácticos, al finalizar el *módulo III* (comprende los capítulos 2 a 11), al promediar el *módulo IV* (comprende los capítulos 12 a 16) y al finalizar el *módulo V* (comprende los capítulos 17 a 22).

Aquellos estudiantes que, además de asistir a más del 80 % de las actividades de cátedra y aprobar los Informes de Prácticos de Simulación y Laboratorio, alcancen en cada una de estas evaluaciones una nota





igual o superior a 5 (cinco) puntos, adquieren el derecho a rendir el examen final de la asignatura como alumnos regulares.

Aquellos estudiantes que, además de asistir a más del 80 % de las actividades de cátedra y aprobar los Informes de Prácticos de Simulación y Laboratorio, obtengan un promedio de 7 (siete) puntos en las evaluaciones previstas, sin registrar instancias evaluativas con notas inferiores a 5 (cinco) puntos, tendrán derecho a rendir un coloquio integrador cuya aprobación permite promocionar la asignatura.

Se prevé, en el cronograma, una instancia de recuperación por cada uno de los exámenes parciales ordinarios.

La nota obtenida en estas instancias de recuperación reemplaza, en todos los casos, a la nota obtenida en el respectivo parcial.

### Exámenes finales

La evaluación final de los contenidos difiere de acuerdo a la condición final de cursada; así, el examen de los estudiantes *promocionales* consiste en un coloquio integrador oral individual en que el alumno debe demostrar conocimiento conceptual integral de los contenidos de la asignatura. Los estudiantes *regulares* deben aprobar, para acceder a la mencionada instancia oral, un examen escrito de resolución de problemas de la parte práctica de la asignatura. Los estudiantes *libres* deben aprobar, para acceder al examen de resolución de problemas, un práctico de simulaciones en PC con contenidos relacionados a lo visto en las clases denominadas "Prácticos de Simulación". El práctico descrito para los alumnos libres es la única actividad a desarrollar en la fecha del examen de la asignatura, mientras que los estudiantes regulares desarrollan su examen al día siguiente, junto a los libres que correspondiere.

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

#### AÑO 2019

<i>Fecha</i>	<i>Actividad</i>
12 de Marzo	Presentación de la asignatura, Capítulo 1
15 de Marzo	<i>Práctico de Simulaciones 1</i>
19 de Marzo	Capítulo 2, Capítulo 3 y <i>Laboratorio de Control</i>
22 de Marzo	Capítulo 4, Capítulo 5 y Res. de problemas
26 de Marzo	Capítulo 6, Capítulo 7 y Res. de problemas
05 de Abril	Capítulo 8, Capítulo 9 y Res. de problemas
	Capítulo 10 y Res. de problemas
09 de Abril	Capítulo 11 y Res. de problemas
12 de Abril	<i>Práctico de Simulaciones 2</i>
16 de Abril	Capítulo 12, Capítulo 13 y Res. de problemas
19 de Abril	<b>Primer Parcial</b>
23 de Abril	Capítulo 14 y Res. de problemas
XX de Abril	<b>Recuperatorio del primer Parcial</b>
26 de Abril	Capítulo 15 y Res. de problemas
03 de Mayo	Capítulo 16 y Res. de problemas
07 de Mayo	Capítulo 17 y Res. de problemas
10 de Mayo	<i>Práctico de Simulaciones 3</i>
14 de Mayo	<b>Segundo Parcial</b>
XX de Mayo	<b>Recuperatorio del segundo Parcial</b>
17 de Mayo	Capítulo 18 y Res. de problemas



21 de Mayo	Capítulo 19, Capítulo 20 y Res. de problemas
24 de Mayo	<i>Práctico de Simulaciones 4</i>
28 de Mayo	Capítulo 21 y Res. de problemas
31 de Mayo	<i>Práctico de Simulaciones 5</i>
04 de Junio	Capítulo 22 y Res. de problemas
07 de Junio	<i>Práctico de Simulaciones 6</i>
11 de Junio	
18 de Junio	
21 de Junio	<b>Tercer Parcial</b>
XX de Junio	<b>Recuperatorio del tercer Parcial</b>

Los recuperatorios de los parciales se tomarán respetando la secuencia indicada en el cronograma; sin embargo, las fechas están supeditadas a la disponibilidad de aulas adecuadas y al cumplimiento de lo prescripto en el Régimen de Estudiantes. En todos los casos se tomarán en horarios no coincidentes con los de las clases normales.

#### **HORARIOS DE CLASES:**

**Lunes de 13 a 17 h.** (Aula 1 de la PPI)

**Jueves de 14 a 18 h.** (Aula de Informática de la FI)

#### **HORARIOS DE CONSULTA:**

Los días y horarios de las clases de consulta, por parte de cada uno de los docentes de la asignatura, se acuerdan en cada ocasión con el/los alumnos que lo soliciten.

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

##### **Básica:**

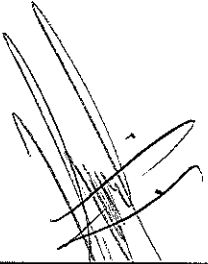
Apunte de la cátedra, elaborado en base a toda la bibliografía citada como complementaria.

##### **Complementaria:**

<b>Título</b>	<b>Autor/s</b>	<b>Editorial</b>	<b>Año de Edición</b>	<b>Ejemplares Disponibles</b>
Chemical Process Control	Stephanopoulos, G	Prentice-Hall	1984	3 (tres)
Essentials Of Process Control	Luyben, M y Luyben, W	Mc. Graw Hill	1997	0 (cero)
Process Control, Modelling, Design and Simulation	Wayne Bequette B.	Prentice-Hall PTR	2003	
Process Dynamics and Control	Seborg, D. E; Edgar, T. F.; Mellichamp, D. A.	Wiley & Sons Inc.	2004	0 (cero)
Process Control Systems	Shinsky, F.G.	Mc Graw- Hill	1988	0 (cero)
Elements of Computer Process Control With Advanced Control Applications	Desphande, P.B.; Ash, R.H.	Instruments Society of America.	1981	0 (cero)
Ingeniería de Control Moderno.	Ogata, K.	Pearson-Prentice-Hall Inc.	2003	6 (seis)
Control Systems Engineering	Nise, N.S.	J. Wiley & Sons Inc	2011	
Instrumentación Industrial	Creus Solé, A.	Marcombo.	1985 - 1989	2 (dos)

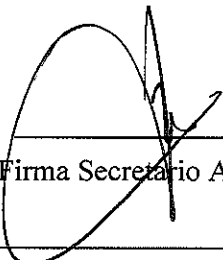


Instrumentación y Control Avanzado de Procesos.	Acedo Sanchez, J.	Diaz de Santos.	2006	0 (cero)
Computer Control of Industrial Processes	Bennett, S. y Linkens, D.	IEE	1982	
Introducción a MATLAB	Sigmon, K.	Dpto. of Mathematics University of Florida.	1992	
Process Systems Analysis and Control.	LeBlanc, S.E. Coughanowr, D. R.	Mc Graw- Hill	2009	
Controladores Lógicos Programables	Bozzutto, A.	F.I.-U.N.R.C.		
Sistemas Digitales de Control de Procesos	Szklanny, S. Beherends, C.	Ed. Control	2006	
Ecuaciones para Controladores PID Universales	Alfaro Ruiz, V.M.	Rev. Univ de CostaRica	2002	
Control de Procesos. Conceptos Básicos, Terminología y Técnicas	Marinsecu, V.F. Godfrid, C.A.	Ed. Control	1993	



---

Firma Docente Responsable



---

Firma Secretario Académico