



**Ministerio de Cultura y Educación**  
**Universidad Nacional de San Luis**  
**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias**  
**Departamento: Ingeniería de Procesos**  
**Area: Procesos Químicos**

**(Programa del año 2015)**

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Instrumentación y Control	Ing. Química	6/97- 2/03	2015	2° cuatrimestre
Instrumentación y Control	Ing. en Alimentos	Ord.C .D.01 4/11	2015	2° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
RODRIGUEZ, MARIA LAURA	Prof. Responsable	P.Adj Semi	20 Hs
GALETTI, AGUSTIN ESTEBAN	Prof. Colaborador	P.Adj Semi	20 Hs
OVIEDO, OSVALDO RUBEN	Responsable de Práctico	A.1ra Simp	10 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	4 Hs	4 Hs	Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoria con prácticas de aula	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
19/08/2015	20/11/2015	15	120

### IV - Fundamentación

Cualquier ingeniero que opere o diseño una planta de industrial debe tener unos conocimientos mínimos de automatización de procesos. Un adecuado sistema de control automático permite operar una planta de manera económica, segura y cumpliendo con las normativas de cuidado del medio ambiente.

Para poder automatizar un proceso es necesario poder medir algunas variables y tomar medidas sobre otras.

La Instrumentación y Control de Procesos tiene como propósito fundamental el análisis, diseño y automatización de procesos en diversos sectores de la industria.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

- a) Capacitar al alumno para desarrollar las siguientes actividades en el campo del control automático:
- Comprender en detalle el comportamiento dinámico de los procesos en el estado transitorio
  - Plantear, diseñar y especificar correctamente estrategias sencillas de control.

- Analizar y entender estrategias más complejas propuestas por especialistas.
  - Diagnosticar y resolver problemas sencillos del control de una planta en operación.
  - Participar en la gestión de adquisición de un sistema de control.
- b) Consolidar una formación básica a partir de la cual el alumno pueda especializarse en la materia.

## **VI - Contenidos**

### **TEMA 1: Introducción al control de procesos**

#### **1.1 Introducción**

1.2 Ejemplo introductorio:

1.2.1 Control por realimentación

1.2.2 Control anticipativo

1.3 Definiciones y conceptos básicos relativos a los sistemas de control de procesos:

1.3.1 Variable de proceso

1.3.2 Punto de consigna

1.3.3 Variable manipulada

1.3.4 Variable de perturbación.

1.4 Señales e instrumentos de un sistema de control de proceso:

1.4.1 Sensor

1.4.2 Transmisor

1.4.3 Controlador

1.4.4 Actuador o elemento final de control.

1.5 Niveles de control de procesos:

1.5.1 Control regulatorio básico, CRB

1.5.2 Control regulatorio avanzado, CRA

1.5.3 Control multivariable, CM

1.5.4 Optimización en línea, OL

1.6 Diseño del sistema de control

### **TEMA 2: Modelización del comportamiento dinámico de procesos**

2.1 Introducción

2.2 Consideraciones generales acerca del modelado matemático de procesos:

2.2.1 Principios fisicoquímicos

2.2.2 Grado de detalle

2.2.3 Consistencia

2.2.4 Concepto de régimen nominal de operación.

2.3 Ecuaciones de conservación y tipos de modelos:

2.3.1 Formulación de modelos de parámetros globalizados

2.3.2 Formulación de modelos de parámetros distribuidos

### **TEMA 3: Análisis de la dinámica de procesos en el dominio del tiempo**

3.1 Introducción

3.2 Linealización de modelos dinámicos de procesos

3.3 Sistemas lineales de primer orden

3.4 Sistemas de segundo orden

3.5 Sistemas de orden superior

### **TEMA 4: Análisis dinámico en el dominio de Laplace: Función de transferencia**

4.1 Introducción

4.2 La transformada de Laplace

4.3 Resolución de ecuaciones diferenciales lineales

4.4 Funciones de transferencia de modelos entrada-salida

4.5 Análisis cualitativo del comportamiento dinámico de un sistema y concepto de estabilidad

## 4.6 Diagramas de bloques

### **TEMA 5: Análisis dinámico en el dominio de la frecuencia: Respuesta en frecuencia**

5.1 Introducción

5.2 Respuesta en frecuencia

5.3 Diagramas de Bode de sistemas simple

5.3.1 Ganancia estática

5.3.2 Integrador puro

5.3.3 Retardo de primer orden

5.3.4 Adelanto de primer orden

5.3.5 Tiempo muerto o retardo puro

5.3 Respuesta en frecuencia de sistemas constituidos por varias funciones de transferencia en serie

### **TEMA 6: Modelos Dinámicos empíricos para control de procesos**

6.1 Introducción

6.2 Metodología general

6.3 El método de la curva de reacción

6.4 Métodos estadísticos

### **TEMA 7: Control por realimentación**

7.1 Introducción

7.2 Instrumentación de un lazo simple de control

7.3 Controladores analógicos PID

7.4 Controladores digitales

7.5 Selección de las acciones de control

### **TEMA 8: Análisis Dinámico y diseño de lazos de realimentación**

8.1 Introducción

8.2 Diagrama de bloques y respuesta de un lazo simple de control

8.3 Criterios de estabilidad en lazo cerrado

8.4 Efecto de las acciones básicas de control sobre la respuesta en lazo cerrado

### **TEMA 9: Sintonización de controladores PID**

9.1 Introducción

9.2 Sintonización de controladores de realimentación

9.3 Criterios de calidad de respuesta

9.4 Selección del tipo de controlador

9.5 Métodos de sintonización de controladores

### **TEMA 10: Control regulatorio avanzado: Control de procesos con grandes tiempos muertos.**

10.1 Introducción

10.2 El problema de control de procesos con elevado tiempo muerto

10.3 El Predictor de Smith

10.4 El predictor de Smith y los errores de modelado

10.5 El Predictor PI

10.6 Control de procesos con respuesta inversa

### **TEMA 11: Control regulatorio avanzado: Control con variables auxiliares**

11.1 Control en cascada

11.2 Control anticipativo

11.3 Control selectivo o control con restricciones

11.4 Control de gama partida

### **TEMA 12: Control por computadora y Control secuencial de procesos**

12.1 Introducción

- 12.2 Ventajas e inconvenientes del control por computadora
- 12.3 Funciones de las computadoras en el control y supervisión de procesos
  - 12.3.1 Adquisición y tratamiento de datos
  - 12.3.2 Monitorización y supervisión
  - 12.3.3 Telemando
  - 12.3.4 Control
- 12.4 Estructuras actuales de los sistemas de control por computador. Buses de campo (fiel bus)
- 12.5 Control secuencial de procesos
  - 12.5.1 Introducción
  - 12.5.2 Ejemplo ilustrativo
- 12.6 Autómatas programables o Controladores lógicos programables (PLC)
  - 12.6.1 Estructura de un PLC
  - 12.6.2 Lenguajes de programación
  - 12.6.3 Programación GRAFCET: Ejemplo aplicado al control de un proceso

### **TEMA 13: Introducción a la instrumentación de procesos químicos**

- 13.1 Introducción
- 13.2 El proceso de medida
- 13.3 Clasificación de los instrumentos de medida
- 13.4 Definiciones y conceptos básicos
- 13.5 La transmisión de la medida
- 13.6 Calibrado
- 13.7 Diagramas de tuberías e instrumentos, P&ID (piping and instrument diagram)

### **TEMA 14: Medidores de temperatura**

- 14.1 Introducción
- 14.2 Factores involucrados en la medición de la temperatura
  - 14.2.1 Medición de temperatura en sólidos
  - 14.2.2 Medición de temperatura en fluidos
- 14.3 Clasificación de los sensores de temperatura:
  - 14.3.1 Termopares
  - 14.3.2 Termoresistencias
  - 14.3.3 Termistores
  - 14.3.4 Pirómetros de radiación
- 14.8 Selección del sensor de temperatura

### **TEMA 15: Medidores de presión y nivel**

- 15.1 Introducción
- 15.2 Conversión mecánica-eléctrica
  - 15.2.1 Galgas extensiométricas
  - 15.2.2 Potenciómetros
  - 15.2.3 Transductores capacitivos e inductivos
  - 15.2.4 Transductores piezoeléctricos
- 15.3 Elementos primarios para la medida de presión
- 15.4 Medidores de nivel
- 15.5 Medida del nivel de sólidos

### **TEMA 16 Medidores de caudal**

- 16.1 Introducción
- 16.2 Medidores de presión diferencial
- 16.3 Medidores de impacto
- 16.4 Medidores lineales
- 16.5 Medidores de inserción
- 16.6 Medida de caudal másico con medidores volumétricos
- 16.7 Medidores de caudal másico

16.8 Selección de los medidores de caudal

### **TEMA 17: Elementos finales de control: válvulas de regulación automática**

17.1 Introducción

17.2 Válvulas de control

17.2.1 Válvulas de globo o asiento

17.2.2 Válvulas de mariposa

17.2.3 Válvulas de bola

17.3 Componentes de una válvula de control

17.3.1 Cuerpo y componentes internos

17.3.2 Materiales constructivos

17.3.3 Actuadores

17.3.4 Accesorios de válvulas de control

17.4 Características de caudal de las válvulas de regulación

17.5 Dimensionamiento de válvulas de control

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Práctico 1: Introducción a MatLab

Práctico 2: Modelado de procesos dinámicos

Práctico 3: Análisis de la dinámica de procesos en el dominio del tiempo

Práctico 4: Modelado empíricos de procesos

Práctico 5: Diseño de lazos de control

Práctico 6: Sintonización de controladores PID

## **VIII - Regimen de Aprobación**

### **METODOLOGÍA DE DICTADO Y APROBACIÓN DE LA ASIGNATURA**

#### **METODOLOGÍA:**

La metodología adoptada para el dictado de las clases es teórico-práctica. Los principales aspectos serán los siguientes:

- Se explicarán al comienzo de cada clase los conceptos esenciales de cada tema.
- Los alumnos tendrán total libertad para solicitar aclaraciones cuando las explicaciones no sean lo suficientemente claras.
- Los docentes mostrarán a los alumnos la solución de problemas modelo que den lugar a la aplicación de los conceptos introducidos en clase. Luego serán seleccionados otros problemas para resolución por parte de los alumnos de manera que posibiliten la ejercitación de los conceptos, y la resolución de los problemas que los incluyen.
- Se implementarán trabajos prácticos.

#### **REGIMEN DE REGULARIDAD:**

Condiciones para promocionar el curso:

Sólo podrán acceder a este régimen los alumnos que cumplan con las condiciones que estipula el régimen de correlatividades para cursar la asignatura y que se encuentren debidamente inscriptos en este curso.

- Condiciones para regularizar el curso:

- 1) Asistencia al 70% de las actividades presenciales programadas (70% de las clases teóricas y 70% de las clases prácticas).
- 2) Aprobación del 100% de las evaluaciones teórico-prácticas, con una calificación de al menos 7 (siete) puntos.

Exámenes parciales: 2 exámenes parciales más un trabajo integrador.

Los alumnos tendrán opción a 2 (dos) recuperatorios por cada parcial (Ord. CS 32/14)

- Condiciones para aprobar el curso:

Accederán al examen final en condiciones de alumno regular los que sean reconocidos en tal situación en la asignatura por sección alumnos. El examen final podrá ser oral u escrito, y podrá comprender cualquier contenido del programa analítico de la materia.

El régimen de Promoción sin examen final no está estipulado en la materia.

Régimen de Promoción con examen final para Alumnos Libres:

Sólo podrán acceder a este régimen los alumnos que registraron su inscripción anual en el período establecido y aquellos que estén comprendidos en alguna de las siguientes opciones:

- a. Los alumnos que se inscribieron en el curso como promocionales o regulares y no cumplieron con los requisitos estipulados en el programa.
- b. Los alumnos no inscriptos para cursar, que cumplen con las correlativas requeridas para rendir el curso.
- c. Los alumnos que han regularizado el curso, pero que no rindieron la asignatura en el plazo establecido. Nota: También será de aplicación toda otra norma vigente para esta categoría de alumnos como la que exige haber regularizado al menos una asignatura de su carrera en el año académico en el que se inscribe para rendir (Ordenanza Rectoral N° 11/83).

Características de las evaluaciones libres:

- El examen versará sobre la totalidad del último programa, contemplando los aspectos teóricos y prácticos del curso.
- El examen constará de una instancia referida a los Trabajos Prácticos previa al desarrollo de los aspectos teóricos, que se realizará el día fijado para el Examen Final.
- La modalidad del examen final podrá ser escrita u oral de acuerdo a como lo decida el tribunal evaluador.
- El alumno que pretenda rendir un examen libre deberá consultar previamente con el responsable de la asignatura. Este requisito es indispensable para programar las actividades de evaluación prácticas y teóricas.

## IX - Bibliografía Básica

[1] Control e instrumentación de procesos químicos – Pedro Ollero de Castro – Eduardo Fernández Camacho – Editorial Síntesis – 1997.

[2] Chemical Process Control - George Stephanopoulos - Prentice Hall International

[3] Process systems analysis and control, Donald R. Coughanowr, Lowell B. Koppel, McGraw-Hill 1965

## X - Bibliografía Complementaria

[1] Handbook of Chemical Engineers, Capítulo 8 “Process Control”, McGraw- Hill

[2] Practical Process Control for Engineers and Technicians Wolfgang Altmann, Elsevier 2005

[3] Process modeling, simulation and control for chemical engineers, William L. Luyben, McGraw-Hill, 1996

## XI - Resumen de Objetivos

Capacitar al alumno para desarrollar actividades inherentes al campo del control automático, basadas en el análisis dinámico de procesos y en el planteo y diseño de estrategias de control.

## XII - Resumen del Programa

TEMA 1: Introducción al control de procesos

TEMA 2: Modelización del comportamiento dinámico de procesos

TEMA 3: Análisis de la dinámica de procesos en el dominio del tiempo

TEMA 4: Análisis dinámico en el dominio de Laplace: Función de transferencia

TEMA 5: Análisis dinámico en el dominio de la frecuencia: Respuesta en frecuencia

TEMA 6: Modelos Dinámicos empíricos para control de procesos

TEMA 7: Control por realimentación

TEMA 8: Análisis Dinámico y diseño de lazos de realimentación

TEMA 9: Sintonización de controladores PID

TEMA 10: Control regulatorio avanzado: Control de procesos con grandes tiempos muertos. Control con variables

TEMA 11: Control regulatorio avanzado: Control con variables auxiliares

TEMA 12: Control por computadora y Control secuencial de procesos

TEMA 13: Introducción a la instrumentación de procesos químicos

TEMA 14: Medidores de temperatura

TEMA 15: Medidores de presión y nivel

TEMA 16 Medidores de caudal

TEMA 17: Elementos finales de control: válvulas de regulación automática

### **XIII - Imprevistos**

Cuando por razones de fuerza mayor no pudiera dictarse la teoría de las unidades temáticas se entregará material (apuntes o bibliografía). Las prácticas podrán autoadministrarse a partir de las guías correspondientes. En ambos casos existirá la posibilidad de supervisión o consulta a los docentes de la asignatura.

### **XIV - Otros**

--