



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
 Departamento: Ingeniería  
 Área: Automatización

(Programa del año 2009)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 22/02/2010 11:47:21)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Instrumentación y Control	Ing. Química		2009	2° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
AOSTRI, CARLOS AMADO	Prof. Responsable	P.Adj Semi	20 Hs
HORCAJO, ELOY MIGUEL	Responsable de Práctico	A.1ra 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
0 Hs	5 Hs	3 Hs	0 Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
08/08/2009	24/11/2009	15	120

### IV - Fundamentación

En Procesos de naturaleza dinámica siempre ocurren cambios en el tiempo, es en el ingeniero prioridad tanto; capacidad de pronosticarlos, como de tomar medidas acertadas de control a partir de esos hechos físicos que se manifiesten. El objetivo del control automático es mantener en valores preelaborados y dentro de rangos sustentables las variables físicas manipuladas a efectos de tener las variables controladas en los valores de consigna predeterminados.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Que el futuro profesional

- Adquiera conocimientos básicos de la automación e instrumentación, estructurados desde la óptica de la teoría clásica en lo relativo al análisis y diseño de los sistemas de control.
- Sea capaz de comprender, estudiar, analizar funcionamientos de componentes de un sistema de control a efectos de su selección, reemplazo ú ajuste.
- Tenga movimientos hacia el conocimiento de nuevas tecnologías, y cómo se incorporan al campo de la automatización.

### VI - Contenidos

**Unidad I “INTRODUCCION A INSTRUMENTACION Y CONTROL”**

-Tareas Ingenieriles en Instrumentación y Control en la Industria. Definiciones Conceptuales, terminologías, símbolos utilizados en planos de instrumentación y control. Propiedades de un sistema, sensores, transductores, detectores y

actuadores. Perturbaciones en Instrumentación y Sistemas de Control Industriales Sistemas de control digital.

-Bloques y esquemas físicos funcionales. Sistemas estáticos y dinámicos; modos de control, continuos, discontinuos y por programas. Tipos de lazo: abiertos y cerrados; en cascada y anticipativos. Realimentación positiva ó negativa. Sistemas abiertos y cerrados. Medios, límites y universo de un sistema termodinámico bajo control. Sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas.

- Ecuaciones diferenciales que rigen dinámicas de sistemas de control: ordinarias totales, parciales, lineales y no lineales.

## **Unidad II “HERRAMIENTAS MATEMATICAS BASICAS PARA SISTEMAS DE CONTROL”**

-Impulsiones típicas temporales de un sistema de control, revisión de Transformada de Laplace, soluciones de ecuaciones diferenciales, utilización del programa matlab. Soluciones de ecuaciones diferenciales de coeficientes constantes de: 1° orden, 2° orden y orden superior, con y sin condiciones iniciales.

-Conceptos de atenuación, coeficiente de amortiguamiento crítico y efectivo, amortiguamiento Infra/sobre/crítico. Frecuencia natural de oscilación y amortiguada. Tiempos de: retardo, establecimiento, sobreimpulso, establecimiento. Máximo sobreimpulso. Repaso cálculo matricial, introducción a variables de estado.

## **Unidad III “MODELOS MATEMATICOS DE SISTEMAS FISICOS DINAMICOS (Plantas, sensores y sistemas de control)”**

-Modelos de sistemas físicos dinámicos de parámetros concentrados, lineales e invariables en el tiempo.

-Mecánicos de: translación, rotación, y palancas. Motores y redes eléctricas. Tanques receptores de líquidos con y sin interacción. Sistemas hidráulicos, térmicos, y neumáticos.

-Transductores: electro-neumáticos, electro-mecánicos, neumo-hidráulicos. Sistemas de retardo de tiempo, actuadores: válvula a diafragma neumática y electromagnética. Servo motores de C.C..

-Funciones de transferencia en variable de Laplace salida/entrada de cada uno de los temas, ubicación en plano s complejo de polos y ceros de las transferencias, ecuaciones características, órdenes de sistemas.

- Sistemas físicos dinámicos no lineales. Técnicas de linealización

## **Unidad IV “MODELIZACIÓN DE SISTEMAS EN PROCESOS CONTINUOS”**

Intercambiadores de calor con y sin cambio de fase. Sistemas de control de plantas de vapor. Control de bombas y compresores. Control de reactores continuos. Control de pH. Control de Evaporadores y Secadores. Control de composición por mezclado

## **Unidad V “MODELIZACIÓN DE PROCESOS PARTICULARES”**

- Dinámica de sistemas compresibles de mezclado y de reacción % .

- Dinámica de fluidos incompresibles en circulación. % .

- Dinámica de sistemas dinámicos de parámetros distribuidos &

## **Unidad: VI”SENSORES, TRANSDUCTORES, Y DETECTORES a”**

- Definiciones, tipos y aplicaciones en la medición de: temperatura, caudal, presión, nivel, otras variables controladas de sistemas de control de procesos.

- Detectores de luz, detectores de metales ferrosos y no ferrosos, detectores de proximidad, detectores de campos magnéticos. Piezodetectores.

-Galgas extensométricas.

- Características estáticas y dinámicas. Errores dinámicos y estáticos. Precisión, alcance, rango, resolución, sensibilidad. Linealidad. Calibración.

## **Unidad VII “ACCIONES BASICAS DE CONTROL, CONTROLADORES b ”**

- Controladores: on-off, on-off de tiempo variable, on-off de banda muerta variable, funcionamientos y aplicaciones.

- Controladores neumáticos auto-operados, proporcional + integral + derivativo, relevadores neumáticos con escape y sin escape a atm. Relevadores neumáticos amplificadores Válvulas operadas neumáticamente.

- Controladores hidráulicos, proporcionales, proporcional+integral, servo motor-hidráulico.

## **Unidad VIII “DIAGRAMAS DE BLOQUES, DIAGRAMAS DE FLUJO DE SEÑALES DE SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROLADORES, ESTABILIDAD b ”**

- Construcción de diagramas en bloques con funciones de transferencia y diagramas de flujo de Señales. Condiciones iniciales no nulas para sistemas L.I.T. Controladores modo: proporcional, integral y derivativo. Respuestas de sistemas de

control al impulso, escalón, rampa y aceleración .Excitaciones combinadas de las mismas. Criterio de Estabilidad de Routh-Hurwitz.

### **IX “ANÁLISIS DE ERROR EN SISTEMAS DE CONTROL, RESPUESTA EN FRECUENCIA”**

- Coeficientes de error estático: de posición ( $K_p$ ), [entrada: escalón unitario], de velocidad ( $K_v$ ), [entrada: rampa unitaria] ( $K_v$ ), de aceleración ( $K_a$ ) [entrada: parábola unitaria]. Coeficientes de error dinámico (Realimentación unitaria negativa): de posición ( $k_1$ ), de velocidad ( $k_2$ ), de aceleración ( $k_3$ ) Criterios de error (índices de error de comportamiento): cuadrático integral, cuadrático producto integral de tiempo, absoluto integral, absoluto producto integral del tiempo. Efectos de añadir polos y ceros a funciones de transferencia. Representación en módulo y fase en función de la frecuencia de una transferencia de un Sistema de Control, Representaciones de Bode. Estabilidad relativa, márgenes de ganancia y fase.

### **Unidad: X “ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL POR LUGAR DE RAICES (R.L.) “**

Diagrama del lugar de raíces, condiciones de módulo y ángulo, en función de la ganancia  $K$  del sistema. Idem, cuando varía un parámetro del mismo. Reglas generales de construcción de los grafos, resolución por mano, como también utilizando programa matlab. Ejemplos típicos de configuración de polos y ceros, sistemas con retardo de transporte. Lugares geométricos de sistemas, a frecuencia natural, frecuencia amortiguada, atenuación, amortiguación, constante. Diseño de Sistemas Control por (R.L.), Métodos generales de compensación, en adelanto y retraso. Utilización de circuitos electrónicos (Amp.Op.). Ídem, utilizando la técnica de respuesta en frecuencia.

### **XI “ACTUADORES Y AUXILIARES EN SISTEMAS DE CONTROL”**

- Válvulas de control: tipos, cuerpos, asientos, accesorios y obturadores. Servomotores de accionamiento.  
- Bombas tipos: de pistón, centrífugas, rotativas, características estacionarias y dinámicas; curvas de altura de impulsión vs. Gasto. Instrumentación de las mismas.\*#&  
- Compresores: de pistón, y escalonados; rotativos; axiales, curvas de presión vs. Gasto. Instrumentación de los mismos.\*&  
- Ventiladores centrífugos, características y curvas operativas &  
\* Sistemas de Control de Procesos, F.G. Shinsky, McGraw Hill, Ed. 1996  
#Instrumentación Industrial, A. Creus, 6° Ed., Marcombo.  
&Mecánica Aplicada, R. Thibaut, Ed. J. Monteso.

### **XII “CONTROL APLICADO a”**

- Transferencia de calor en intercambiadores de calor  
- Generación de Vapor aplicado a la generación de energía eléctrica.  
- Destilación.  
- Secado.  
- Control de pH.  
- Reactores Continuos.  
Calibración de sensores, transductores y ajuste de controladores.

### **XIII “PANORAMA DEL CONTROL AVANZADO”**

- Control: multivariable, óptimo, adaptativo, predictivo, redes neuronales, de lógica difusa, en el espacio de estados.  
- Control mediante realimentación de estado.  
- Control óptimo cuadrático, análisis de estabilidad en sistemas de control de Liapunov.

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

Trabajo Practico N 1 : Resolución de problemas: a) obtención de modelos matemáticos de los sistemas, b) obtención de la función de transferencia.

Trabajo practico N2: realizar las acciones de control a los modelos dinámicos del Trabajo práctico N1.

Trabajo Practico N3: Ejercicios de aplicación correspondiente a la unidad VIII.

Trabajo Practico N4: Ejercicios de aplicación correspondiente a la unidad IX y X. (Ejercicios con simulación con Matlab).

Trabajo Practico N5: Ejercicios de aplicación correspondiente a la unidad XI.

## VIII - Regimen de Aprobación

Para acceder a la condición de regular el alumno deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- 1- Acreditar el 80% de asistencia a los trabajos prácticos de aula y 100% de los laboratorios.
- 2- Tener aprobada la totalidad de los trabajos prácticos, los cuales deberán ser presentados en la semana posterior de la finalización del mismo. Las carpetas podrán realizarse en grupos no mayor de 5 alumnos.
- 3- Tener aprobado los informes de laboratorio.
- 4- Aprobar dos evaluaciones parciales o sus correspondientes recuperatorios.

Los alumnos que trabajen tendrán una recuperación global de acuerdo a la reglamentación vigente.

Para la aprobación de la asignatura se realizara mediante un examen oral o escrito individual que tiene la siguiente modalidad: En el caso de ser oral se selecciona tres temas de las diferentes Unidades del Programa Analítico, de las cuales el alumno deberá exponer uno y luego el tribunal lo evalúa en los restantes. En el caso de ser escrito se seleccionan dos temas de las diferentes Unidades del Programa Analítico que tendrá que desarrollar.

Para aprobar la asignatura en condición de alumno libre, el alumno tendrá que rendir primero un examen escrito sobre resolución de problemas cuya temática será la correspondiente al programa de trabajos prácticos de la materia y desarrollar alguno de los Laboratorios. Solo si aprueba dichos exámenes podrá rendir el examen oral o escrito individual que tendrá las mismas características que para un alumno que lo hace en condición de regular.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] Process system analysis and control, Coughanowr, Donald R. Koppel, Lowell B. Edición 01 ed. 1965 New York Mc Graw-Hill
- [2] Process control, Harriott, Peter, Edición 01 ed. 1964 New York Mc Graw Hill
- [3] Control automatico de procesos, Teoria y practica, Smith, Carlos Corripio, Armando B. Edición 01 ed. 1996 Mexico Limusa/ Noriega
- [4] Signals and systems. Oppenheim, Alan, Willsky, Alan W, Nawab, S. Hamid, Edición 02 ed. 1997 Englewoods cliffs (USA) Prentice Hall

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] Ingeniería de Control Moderna, 3° Ed. 1998, Ogata, Katsuhiko, P. Hall
- [2] Sistema de Control Automático, 7° Ed.: 1996, Kuo, Benjamin C. Prentice Hall.
- [3] Instrumentación Industrial, 6° Ed. 1997, Marcombo, Creus Sole, Antonio
- [4] Sistemas de Control de Procesos, Ed.: 1996, F.G. Shinskey, Tmo's Iy II Mc. Graw-Hill
- [5] Mecánica Aplicada, Ed. 1974, Ing. R. Thibaut, J. Monteso Edcns
- [6] Dinámica de Sistemas de Control, Cpryt: 2001, Uronini Umez-Eronini. Thomson Learning
- [7] Sistemas de Control para Ingeniería, 3° Ed. 2006, N. Nise, CECSA
- [8] Process Control, 1964. P. Harriot, Mc Graw Hill

## XI - Resumen de Objetivos

Que el futuro profesional

- Adquiera conocimientos básicos de la automatización e instrumentación, estructurados desde la óptica de la teoría clásica en lo relativo al análisis y diseño de los sistemas de control.
- Sea capaz de comprender, estudiar, analizar funcionamientos de componentes de un sistema de control a efectos de su selección, reemplazo u ajuste.
- Tenga movimientos hacia el conocimiento de nuevas tecnologías, y cómo se incorporan al campo de la automatización.

## XII - Resumen del Programa

Unidad I "INTRODUCCION A INSTRUMENTACION Y CONTROL"

- Tareas Ingenieriles en Instrumentación y Control en la Industria. Definiciones Conceptuales, terminologías, símbolos utilizados en planos de instrumentación y control. Propiedades de un sistema, sensores, transductores, detectores y actuadores. Perturbaciones en Instrumentación y Sistemas de Control Industriales Sistemas de control digital.
- Bloques y esquemas físicos funcionales. Sistemas estáticos y dinámicos; modos de control, continuos, discontinuos y por

programas. Tipos de lazo: abiertos y cerrados; en cascada y anticipativos. Realimentación positiva ó negativa. Sistemas abiertos y cerrados. Medios, límites y universo de un sistema termodinámico bajo control. Sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas.

- Ecuaciones diferenciales que rigen dinámicas de sistemas de control: ordinarias totales, parciales, lineales y no lineales.

## Unidad II “HERRAMIENTAS MATEMATICAS BASICAS PARA SISTEMAS DE CONTROL”

-Impulsiones típicas temporales de un sistema de control, revisión de Transformada de Laplace, soluciones de ecuaciones diferenciales, utilización del programa matlab. Soluciones de ecuaciones diferenciales de coeficientes constantes de: 1° orden, 2° orden y orden superior, con y sin condiciones iniciales.

-Conceptos de atenuación, coeficiente de amortiguamiento crítico y efectivo, amortiguamiento Infra/sobre/crítico. Frecuencia natural de oscilación y amortiguada. Tiempos de: retardo, establecimiento, sobreimpulso, establecimiento. Máximo sobreimpulso. Repaso cálculo matricial, introducción a variables de estado.

## Unidad III “MODELOS MATEMATICOS DE SISTEMAS FISICOS DINAMICOS (Plantas, sensores y sistemas de control)”

-Modelos de sistemas físicos dinámicos de parámetros concentrados, lineales e invariables en el tiempo.

-Mecánicos de: translación, rotación, y palancas. Motores y redes eléctricas. Tanques receptores de líquidos con y sin interacción. Sistemas hidráulicos, térmicos, y neumáticos.

-Transductores: electro-neumáticos, electro-mecánicos, neumo-hidráulicos. Sistemas de retardo de tiempo, actuadores: válvula a diafragma neumática y electromagnética. Servo motores de C.C..

-Funciones de transferencia en variable de Laplace salida/entrada de cada uno de los temas, ubicación en plano s complejo de polos y ceros de las transferencias, ecuaciones características, órdenes de sistemas.

- Sistemas físicos dinámicos no lineales. Técnicas de linealización

## Unidad IV “MODELIZACIÓN DE SISTEMAS EN PROCESOS CONTINUOS”

Intercambiadores de calor con y sin cambio de fase. Sistemas de control de plantas de vapor. Control de bombas y compresores. Control de reactores continuos. Control de pH. Control de Evaporadores y Secadores. Control de composición por mezclado

## Unidad V “MODELIZACIÓN DE PROCESOS PARTICULARES”

- Dinámica de sistemas compresibles de mezclado y de reacción % .

- Dinámica de fluidos incompresibles en circulación. %.

- Dinámica de sistemas dinámicos de parámetros distribuidos &

## Unidad: VI”SENSORES, TRANSDUCTORES, Y DETECTORES a”

- Definiciones, tipos y aplicaciones en la medición de: temperatura, caudal, presión, nivel, otras variables controladas de sistemas de control de procesos.

- Detectores de luz, detectores de metales ferrosos y no ferrosos, detectores de proximidad, detectores de campos magnéticos. Piezodetectores.

-Galgas extensométricas.

- Características estáticas y dinámicas. Errores dinámicos y estáticos. Precisión, alcance, rango, resolución, sensibilidad. Linealidad. Calibración.

## Unidad VII “ACCIONES BASICAS DE CONTROL, CONTROLADORES b ”

- Controladores: on-off, on-off de tiempo variable, on-off de banda muerta variable, funcionamientos y aplicaciones.

- Controladores neumáticos auto-operados, proporcional + integral + derivativo, relevadores neumáticos con escape y sin escape a atm. Relevadores neumáticos amplificadores Válvulas operadas neumáticamente.

- Controladores hidráulicos, proporcionales, proporcional+integral, servo motor-hidráulico.

## Unidad VIII “DIAGRAMAS DE BLOQUES, DIAGRAMAS DE FLUJO DE SEÑALES DE SISTEMAS DE CONTROL y

## CONTROLADORES, ESTABILIDAD b ”

- Construcción de diagramas en bloques con funciones de transferencia y diagramas de flujo de Señales. Condiciones iniciales no nulas para sistemas L.I.T. Controladores modo: proporcional, integral y derivativo. Respuestas de sistemas de control al impulso, escalón, rampa y aceleración .Excitaciones combinadas de las mismas. Criterio de Estabilidad de Routh-Hurwithz.

## IX “ANALISIS DE ERROR EN SISTEMAS DE CONTROL, RESPUESTA EN FRECUENCIA”

- Coeficientes de error estático: de posición ( $K_p$ ), [entrada: escalón unitario], de velocidad ( $K_v$ ), [entrada: rampa unitaria] ( $K_v$ ), de aceleración ( $K_a$ ) [entrada: parábola unitaria]. Coeficientes de error dinámico (Realimentación unitaria negativa): de posición ( $k_1$ ), de velocidad ( $k_2$ ), de aceleración ( $k_3$ ) Criterios de error (índices de error de comportamiento): cuadrático integral, cuadrático producto integral de tiempo, absoluto integral, absoluto producto integral del tiempo. Efectos de añadir polos y ceros a funciones de transferencia. Representación en módulo y fase en función de la frecuencia de una transferencia de un Sistema de Control, Representaciones de Bode. Estabilidad relativa, márgenes de ganancia y fase.

## Unidad: X “ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL POR LUGAR DE RAICES (R.L.) “

Diagrama del lugar de raíces, condiciones de módulo y ángulo, en función de la ganancia  $K$  del sistema. Idem, cuando varía un parámetro del mismo. Reglas generales de construcción de los grafos, resolución por mano, como también utilizando programa matlab. Ejemplos típicos de configuración de polos y ceros, sistemas con retardo de transporte. Lugares geométricos de sistemas, a frecuencia natural, frecuencia amortiguada, atenuación, amortiguación, constante. Diseño de Sistemas Control por (R.L.), Métodos generales de compensación, en adelanto y retraso. Utilización de circuitos electrónicos (Amp.Op.). Ídem, utilizando la técnica de respuesta en frecuencia.

## XI “ACTUADORES Y AUXILIARES EN SISTEMAS DE CONTROL”

- Válvulas de control: tipos, cuerpos, asientos, accesorios y obturadores. Servomotores de accionamiento.  
- Bombas tipos: de pistón, centrífugas, rotativas, características estacionarias y dinámicas; curvas de altura de impulsión vs. Gasto. Instrumentación de las mismas.\*#&  
- Compresores: de pistón, y escalonados; rotativos; axiales, curvas de presión vs. Gasto. Instrumentación de los mismos.\*&  
- Ventiladores centrífugos, características y curvas operativas &  
\* Sistemas de Control de Procesos, F.G. Shinsky, McGraw Hill, Ed. 1996  
#Instrumentación Industrial, A. Creus, 6° Ed., Marcombo.  
&Mecánica Aplicada, R. Thibaut, Ed. J. Monteso.

## XII “CONTROL APLICADO a”

-Transferencia de calor en intercambiadores de calor  
-Generación de Vapor aplicado a la generación de energía eléctrica.  
- Destilación.  
- Secado.  
- Control de pH.  
- Reactores Continuos.  
Calibración de sensores, transductores y ajuste de controladores.

## XIII ”PANORAMA DEL CONTROL AVANZADO”

- Control: multivariable, óptimo, adaptativo, predictivo, redes neuronales, de lógica difusa, en el espacio de estados.  
- Control mediante realimentación de estado.  
- Control óptimo cuadrático, análisis de estabilidad en sistemas de control de Liapunov.

**XIII - Imprevistos**

--

**XIV - Otros**

--

**ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA**

<b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b>	
	<b>Profesor Responsable</b>
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	