

<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>			
<b>P2 - PLANIFICACIÓN DE CÁTEDRA</b>			
<b>Asignatura:</b>	<b>Sistemas de Automatización</b>		
<b>Profesor Titular:</b>	<b>Ing. María Susana Bernasconi-</b>		
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería en Mecatrónica</b>		
<b>Año: 2023</b>	<b>Semestre: 5</b>	<b>Horas Semestre: 60</b>	<b>Horas/Semana: 4</b>

## 1. PROGRAMA ANALÍTICO, PROGRAMA DE EXAMEN, BIBLIOGRAFÍA

### **OBJETIVOS**

Que el alumno adquiera los conocimientos de base sobre sistemas de automatización, incluyendo el modelado de sistemas físicos continuos, en especial los servomecanismos, sus funciones de transferencia asociadas y modelos por ecuaciones de estado. Que comprenda los criterios de estabilidad y las técnicas usuales para el desarrollo de controladores, tanto digitales como analógicos. Que conozca los elementos del control de eventos discretos a través de la programación de controladores lógicos programables y su entorno de entradas y salidas.

### **CONTENIDOS**

#### **Unidad 1: INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN CONTINUOS**

- 1.A: Importancia del control automático.
- 1.B: Sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado.
- 1.C: Sistemas de control realimentados.
- 1.D: Características de un sistema de control.

#### **UNIDAD 2: MODELOS DE SISTEMAS, DIAGRAMA DE BLOQUES Y RESPUESTA DE SISTEMAS**

- 2.A: Modelado de sistemas rotacional-traslacional, electromecánicos e hidromecánicos.
- 2.B: Respuestas dinámicas de sistemas
- 2.C Bloques en serie y en paralelo.
- 2.D: Bloques con lazos de realimentación- Simplificación de diagramas de bloques.

#### **Unidad 3- MODELO POR ECUACIONES DE ESTADO**

- 3.A: Concepto de estado. Espacio de estados. Ecuación de estado
- 3.B: Diagrama de Flujo de señales. Formula de Mason
- 3.C: Solución de la ecuación de estado.
- 3.D: Movimiento en el espacio de estado.
- 3.E: Trayectorias y estabilidad.
- 3.F: Aplicaciones a distintos sistemas.

#### **Unidad 4 - CONTROLADORES**

- 4.A: Introducción.
- 4.B: Control proporcional. Control proporcional + integral. Control proporcional + derivativo.
- 4.C: Control PID. Ajuste, compensación e implementación de las leyes de control.
- 4.D: La ecuación característica y criterios de estabilidad.
- 4.E: Método de Sustitución directa, Criterio de Routh y Lugar de raíces

**Unidad 5: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA, DIAGRAMAS DE NYQUIST Y DIAGRAMAS DE BODE y LUGAR DE RAICES**

- 5.A: Introducción a la respuesta en frecuencia y justificación de “s” por “j $\omega$ ”.
- 5.B: Gráficas polares y rectangulares. Determinación experimental de la respuesta en frecuencia.
- 5.C: La estabilidad y la gráfica en coordenadas polares – Criterio de Nyquist. Relaciones gráficas en el plano GH, ejemplo de análisis de un sistema.
- 5.D: Representación sobre los diagramas de Bode y análisis de estabilidad sobre los diagramas de Bode.
- 5.E: Análisis de sistemas aplicando diferentes modos de control con el diagrama de Bode y las gráficas de Nyquist.

**Unidad 6 - INTRODUCCIÓN AL CONTROL DIGITAL Y A LA TRANSFORMADA “Z”**

- 6.A: Controladores basados en microprocesador, introducción.
- 6.B: Transformada Z.
- 6.C: Transformada Z inversa.
- 6.D: Funciones de transferencias en lazos continuos y muestreados.
- 6.E: Análisis del algoritmo PID digitalizado.
- 6.F: Estabilidad de sistemas muestreados.

**Unidad 7 - INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DISCRETOS**

- 7.A: El Controlador Lógico Programable (PLC) introducción.
- 7.B: Entradas / Salidas típicas, descripción.
- 7.C: Elementos de hardware y de software, diagrama escalera, lógica de contactos.
- 7.D: Temporizadores (a la conexión, a la desconexión), contadores.
- 7.E: Generación de pulsos y modulación por ancho de pulso y otros bloques integrados.
- 7.F: Ejemplos y aplicaciones más corrientes.

**BIBLIOGRAFÍA**

**Bibliografía básica**

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
W. Bolton	Mecatrónica- Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica 4° edición	Alfaomega	2010	2
K. Ogata	Ingeniería de control Moderna	Prentice Hall	2003 1993 1979	4 2 1
W. Bolton	Ingeniería de Control	Alfaomega	2001	9
K. Ogata	Ingeniería de Control Moderna	Pearson	1973 1974 1979 1993 2003 2010	2 1 1 3 5 1
Schneider Electric	Manual Twido	Disponible en Web		

### ***Bibliografía complementaria***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
E. Mandado Pérez y otros	Autómatas Programables	Thomson	2005	1
R. Piedrafita Moreno	Ingeniería de la Automatización Industrial.	Alfaomega	2004	5

### **Resultados de Aprendizaje que se espera logren los estudiantes:**

- Identifica ecuaciones de modelos SISO y MIMO para comprender los comportamientos de diferentes procesos en el entorno de referencia.
- Reconoce el comportamiento de los diferentes modos de control para hallar la mejor respuesta del lazo, ajustándose a las características de cada modelo, justificando el uso de los ajustes elegidos y dando una interpretación en el contexto del problema.
- Analiza las respuestas en frecuencia de distintos elementos dentro de un lazo de control con la finalidad de ajustar los parámetros PID en condición óptima.
- Experimenta con sistemas muestreados para identificar las respuestas obtenidas cuando se utilizan algoritmos digitalizados.
- Programa ejemplos sencillos con PLC para aplicar los elementos de hardware y software en lógica escalera.
- Opera los equipos didácticos de Laboratorio para lograr una respuesta optima del lazo de control utilizando los manuales e instructivos de manejo del equipo.
- Comprende los principios físicos en los que se basan los diferentes sensores que se utilizan en la Industria para medir variables como nivel, presión, caudal, temperatura.
- Selecciona adecuadamente los sensores y elementos de acción final según la aplicación industrial y el contexto donde instalarlo.

### ***Desarrollo de la Asignatura***

## **2. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

La metodología de enseñanza es teórica – práctica, presencial, y con algunas actividades programadas en forma virtual. En los laboratorios, los alumnos practican los conceptos desarrollados en la teoría, haciendo uso de equipos pedagógico especialmente desarrollados por los responsables del Laboratorio de Control. Lo anterior se complementa la resolución de problemas de cada una de las unidades que requieren no sólo la aplicación de los conocimientos propios de la asignatura sino también de las ciencias básicas y de las diversas tecnologías vinculadas a la mecatrónica.

<b>Actividad</b>	<b>Carga horaria por semestre</b>
Teoría y resolución de ejercicios simples	35
<b>Formación práctica</b>	
Formación Experimental – Laboratorio	15
Formación Experimental - Trabajo de campo	0
Resolución de problemas de ingeniería	10
Proyecto y diseño	0
<b>Total</b>	<b>60</b>

### 3. REGIMEN DE APROBACIÓN DE LA MATERIA

#### • Evaluación del Aprendizaje de Recursos.

Para evaluar los saberes conocer, saberes hacer y saberes ser en las actividades de laboratorio, se prevén exámenes breves individuales al finalizar las clases prácticas y la entrega de un informe por grupo que debe contener: los datos y resultados obtenidos, detalles del trabajo realizado, situaciones no esperadas y como fueron resueltas, y una instancia de investigación sobre otros sensores, instrumentos o equipos que serán definidos para cada grupo y cada actividad.

Resolución de evaluaciones en Moodle como instancia de autoevaluación de los aprendizajes y como evaluaciones parciales del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Un examen global presencial para promocionar si el estudiante cumple las condiciones establecidas en ***EVALUACIONES Y CONDICIONES PARA OBTENER LA PROMOCIÓN O REGULARIDAD***

#### **EVALUACIONES Y CONDICIONES PARA OBTENER LA PROMOCIÓN O REGULARIDAD**

Las condiciones para **aprobar la materia por promoción directa** son:

- el alumno debe tener aprobados:

a) el 100 % de las evaluaciones parciales con nota superior a 60%.

b) una evaluación global integradora aprobada con nota superior a 60%.

- la nota obtenida por el alumno al promocionar debe ser igual o superior a 60% y se calculará:

$$\text{Nota Promoción Directa} = 0.25 * \text{Promedio de parciales} + 0.75 * \text{Nota Global Integrador}$$

Las condiciones **para regularizar** la materia son:

-tener aprobadas las dos evaluaciones parciales con nota superior a 60%.

El examen final en este caso, consistirá en una evaluación oral según el programa de examen. La fecha tope para obtener la promoción directa o la regularidad será el 17 de junio de 2023.

**Para los alumnos que hayan obtenido la regularidad y no hayan podido aprobar la materia por promoción directa, la materia se aprobará rindiendo un examen final.**

El examen en esta modalidad consistirá, para los alumnos regulares, en un cuestionario con ejercicios prácticos y si la nota en esta instancia es 60% o superior, el estudiante pasará a la instancia de evaluación teórica. Se realizará un cuestionario con preguntas o desarrollos teóricos que también se debe aprobar con 60% o más.

Luego, en forma oral se realizará una instancia oral que profundizará los temas tratados en el cuestionario y se podrá preguntar sobre otros temas del programa.

Los estudiantes que rindan en condición de **ALUMNO LIBRE** (solo se considerará a **aquellos que cumplan las condiciones establecidas en la ORD N° 002/2021/CD Art A14 situaciones B, C y D (\*)**), deberán realizar previamente una evaluación escrita, sobre un tema y con fecha de entrega a acordar. Esta evaluación deberá aprobarse con 60% mínimo para poder acceder a la inscripción a la mesa de examen.

El examen final luego de aprobar la evaluación escrita previa, en esta modalidad consistirá en un cuestionario en aulaabierta con ejercicios prácticos y si la nota en esta instancia es 60% o superior, el estudiante pasará a la instancia de evaluación teórica. Se realizará un cuestionario con preguntas o desarrollos teóricos que también se debe aprobar con 60% o más. Luego, en forma oral se realizará una instancia oral que profundizará los temas tratados en el cuestionario y se podrá preguntar sobre otros temas del programa

(\*) La ORD. N° 002/2021-CD establece:

**I.2. ESTUDIANTE EN CONDICIÓN DE LIBRE EN ESPACIOS CURRICULARES ARTÍCULO A13.** Cada espacio curricular deberá especificar, en la Programación de la Asignatura, si admite o no la inscripción del estudiante en condición de libre para rendir en las convocatorias a exámenes finales del Calendario Académico. Aquellas asignaturas que lo admitan, deberán especificar en la Programación de la Asignatura las condiciones y/o pruebas especiales de suficiencia para todas o algunas de las condiciones de estudiantes libres definidas en el siguiente artículo.

**ARTÍCULO A14.** La condición de estudiante libre, en espacios curriculares de carreras de grado que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, conforme lo dispuesto por el Artículo 68 del EU, se da en alguna de las siguientes situaciones:

- A. Estudiante libre en el espacio curricular por no haber cursado la asignatura.
- B. Estudiante libre en el espacio curricular por insuficiencia; es decir, haber cursado la asignatura, y haber aprobado actividades específicas del espacio curricular declaradas en la Programación de la Asignatura, y que no se evalúan con posterioridad en el examen final, y no haber cumplido con el resto de las condiciones para alcanzar la regularidad.
- C. Estudiante libre en el espacio curricular por pérdida de regularidad (LPPR) por vencimiento de la vigencia de la misma y no haber acreditado la asignatura en el plazo estipulado en el Artículo A9.
- D. Estudiante libre en el espacio curricular por pérdida de regularidad (LPPR), por haber rendido CUATRO (4) veces la asignatura, en condición de estudiante regular, sin lograr su aprobación.

**ARTÍCULO A15.** El estudiante libre en un espacio curricular, en cualquiera de las condiciones previstas en el artículo precedente, podrá optar por cursar o recursar la asignatura para alcanzar la condición de estudiante regular, o rendir el examen final en condición de estudiante libre si el régimen de evaluación explicitado en la Programación de la Asignatura así lo prevé.

**ARTÍCULO A16.** Cuando el espacio curricular admita la condición, el estudiante libre dispone CUATRO (4) oportunidades para acreditarlo por examen final. De no lograrlo en alguna de las cuatro oportunidades, para acreditarlo, deberá cursar la asignatura según los términos y condiciones previstos en la Programación de la Asignatura.

**ARTÍCULO A17.** El estudiante libre en un espacio curricular que rinda examen final, cualquiera sea la instancia en la que esto ocurra, y cualquiera sea el resultado (aprobado o no aprobado), deberá ser calificado en la escala numérica.

• **Evidencias de Aprendizaje para cada Resultado de Aprendizaje.**

La fecha tope para obtener la promoción directa o la regularidad será el 17 de junio de 2023. Las fechas previstas para los exámenes parciales y el examen global, como sus recuperatorios, son:

Marzo, 29	1º Parcial
Abril, 12	Recuperatorio 1º Parcial
Abril, 26	2º Parcial
Mayo, 3	Práctico integrador grupal- Unidad 5
Mayo, 10	Recuperatorio 2º Parcial
Junio, 7	Global
Junio, 14	Recuperatorio Global

***Criterios de acreditación:***

- *Participación activa y pertinente en la clase*
- *Búsqueda de información adicional al contenido trabajado*
- *Entrega en tiempo y forma de los trabajos encomendados*
- *Compromiso y solidaridad con los acuerdos arribados en la tarea grupal*

**Criterios de evaluación:**

- *la coherencia en lo que se expresa en forma oral o escrita*
- *la consistencia u organicidad en el tratamiento o análisis de algún tema*
- *la organización lógica de los contenidos desarrollados*
- *la suficiencia en los argumentos que se aportan*
- *la relevancia de los antecedentes o de la información seleccionada*
- *la pertinencia de las hipótesis formuladas, de las fuentes de información consultadas, de las categorías de análisis utilizadas*
- *la claridad en el uso del lenguaje, de los juicios de valor, de la toma de decisiones pertinentes ante situaciones problemáticas hipotetizadas*
- *la precisión en el empleo del vocabulario o léxico específico de la disciplina*
- *la exhaustividad en la selección de los posibles argumentos que fundamenten alguna posición, en el análisis de un caso*

**4. EVALUACIONES PARCIALES**

Indicado en punto 3

**5. CONDICIONES PARA OBTENER LA PROMOCIÓN O REGULARIDAD**

Indicado en punto 3

**6. INASISTENCIAS**

Se establece la condición de 70% de asistencias para regularizar o promocionar.

**7. REGIMEN ESPECIAL PARA ALUMNOS RECURSANTES**

Los alumnos recursantes deberán cumplir con las mismas condiciones que un alumno que cursa por primera vez.

**Programa de examen**

El examen final se realizará a Programa abierto en la modalidad establecida en **EVALUACIONES Y CONDICIONES PARA OBTENER LA PROMOCIÓN O REGULARIDAD**

**8. CRONOGRAMA**

<b>FECHA</b>	<b>TEMA A DESARROLLAR</b>	<b>TIPO DE ACTIVIDAD</b>	<b>LUGAR DE DICTADO</b>
Marzo,8	Unidad 1: <b>INTRODUCCION- LAZO ABIERTO, CERRADO.</b>	Clase teórico-práctica	Aula
Marzo,15	Unidad 2: <b>MODELOS DE SISTEMAS, DIAGRAMA DE BLOQUES Y RESPUESTA DE SISTEMAS</b> <b>Mesas especiales</b>	Clase teórico-práctica	Aula
Marzo,22	Respuestas de 1° y 2° orden Ejercitación unidad 1 y 2	Clase teórico-práctica	Aula
Marzo,29	<b>1° Evaluación Unidad 1 y 2</b>		Aula
	Unidad 3 - <b>MODELO POR ECUACIONES DE ESTADO</b>	Clase teórico-práctica	Aula

Abril, 5	Unidad 3 - <b>MODELO POR ECUACIONES DE ESTADO</b>	Clase teórico-práctica	Aula
Abril, 12	Unidad 4: <b>CONTROLADORES</b>	<b>Recup 1° parcial</b> Clase teórico-práctica	Aula Laboratorio DETI I
Abril, 19	Unidad 4: <b>Estabilidad- Lugar de Raíces, Criterio de Routh, Método de Sustitución Directa- TP 2</b>	Clase teórico-práctica	Aula
Abril, 26	<b>2° Evaluación Unidad 3 y 4</b>	<b>Evaluación</b>	Aula
	Unidad 5: <b>TÉCNICAS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA, DIAGRAMAS DE NYQUIST Y BODE y LUGAR DE RAICES</b>	Clase teórico-práctica	
Mayo, 3	Unidad 5: <b>TÉCNICAS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA, DIAGRAMAS DE NYQUIST Y BODE y LUGAR DE RAICES</b> <b>Mesas especiales</b>	<b>Trabajo Practico Integrador</b>	
Mayo, 10	Unidad 5: <b>TÉCNICAS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA, DIAGRAMAS DE NYQUIST Y BODE y LUGAR DE RAICES</b>	Clase teórico-práctica <b>Recup 2° parcial</b>	Aula
Mayo, 17	Unidad 6 - <b>INTRODUCCIÓN AL CONTROL DIGITAL Y A LA TRANSFORMADA "z"- FUNCION DE TRANSFERENCIA PULSO G(Z)- Estabilidad de sistemas muestreados</b>	Clase teórico-práctica	Aula
Mayo, 24	Unidad 7 - <b>INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DISCRETO</b>	Clase teórico-práctica	Aula/ Laboratorio DETI I
Mayo, 31	Unidad 7- Practica con PLC	Clase teórico-práctica	Laboratorio DETI I
<b>Junio, 7</b>	<b>Evaluación global</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Aula</b>
Junio, 14	Recuperatorio Evaluacion global	Evaluación	Aula

Mendoza, 17 de febrero de 2023



Ing Maria Susana Bernasconi  
Profesor Titular