

**Planificación de la Asignatura:** Control Avanzado y Automatismo

**Fecha:** 23/10/2024 13:02

**Código:** B0862

**Carrera:** Bioingeniería

**Departamento Académico:** Electrónica

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** luciano.schiaffino@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral 2º Cuatrimestre

**Carga Horaria Semanal:** 5 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 70 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Compensadores serie, de avance, retardo, combinados, aplicaciones. Lazos especiales de una entrada / salida (SISO), FeedForward, cascada. Su diseño. Lazos múltiples (MIMO), compensadores, desacoples.

Controladores Lógicos Programables (PLC), arquitectura, módulos, programación

**Competencias Genéricas:****TECNOLÓGICAS:**

CT1: Identificación, formulación y resolución de problemas de Bioingeniería. Nivel de dominio 2.

CT4: Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en Bioingeniería. Nivel de dominio 3.

CT5: Contribución a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. Nivel de dominio 2.

**SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES**

CS1: Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo. Nivel de dominio 2.

CS2: Fundamentos para una comunicación efectiva. Nivel de dominio 2.

CS5: Fundamentos para el aprendizaje continuo y autónomo. Nivel de dominio 3.

**Competencias Específicas:**

Se indica con (x) lo que específicamente de aborda como competencia específica en la asignatura:

CE1.1: Diseñar (x), calcular (x) y proyectar instalaciones, equipamientos (x) e instrumental de tecnología biomédica (x), procesamiento de señales biomédicas y sistemas derivados de biomateriales utilizados en el área de la salud. Nivel de dominio 3.

CE2.1: Proyectar (x), dirigir y controlar la construcción (x), operación (x) y mantenimiento de lo anteriormente mencionado (x). Nivel de dominio 2.

**Argumentación de aportes marcados en la matriz de competencias:**

El estudiante ingresa a cursar la materia con conocimientos y destrezas en el uso y aplicación de las herramientas de diseño básico de las estrategias de control (reguladores), como así también la dinámica de sistemas de primer, segundo y orden superior. Conoce la respuesta frecuencial de estos sistemas, el diseño de reguladores mediante métodos de lugar de raíces y frecuencial. En la asignatura profundiza el diseño de estrategias de control y amplía su conocimiento para su implementación digital. Asimismo se aportan los conocimientos y destrezas del estudio de los sistemas de control mediante el método de espacio de estados y se trabaja con controladores lógicos programables en un nivel de desarrollo intermedio.

Los equipos biomédicos poseen diversos sistemas de control por lo que desde la asignatura se aporta al desarrollo de conocimientos disciplinares, habilidades y procedimientos que permiten la comprensión, planteo y abordaje intermedio y avanzado de problemas vinculados a dichos lazos de control. Se trabaja con los estudiantes en problemas de sistemas de control y automatización contextualizados en equipos

biomédicos y situaciones reales de la práctica profesional donde se desarrolla un nivel avanzado de autonomía.

En cuanto a la formación de competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales antes detalladas la asignatura contribuye a las mismas mediante actividades sistemáticas de: a) trabajo grupal y aprendizaje colaborativo en todas las instancias de formación, b) con la utilización rúbricas como instrumento de evaluación que permiten a los estudiantes explicar y fundamentar ante el docente y los demás compañeros in situ sobre los circuitos diseñados las elecciones y caminos tomados para la resolución de situaciones problemáticas y de diseño, c) las puestas en común de resoluciones de problemas o de actividades integradoras (análisis y simulación de un trabajo científico de actualidad) donde el estudiante en forma individual debe expresarse con la terminología correcta y haciendo uso de las notaciones propias de la disciplina y además utilizando una oralidad adecuada.

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Tercer año

Control Básico

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

Segundo año

**Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:**

Segundo año

Control Básico

**Insercion de la Asignatura en el plan de Estudios:**

La materia “Control Avanzado y Automatismo” es optativa, pertenece al ciclo profesional de la carrera de bioingeniería, es de régimen cuatrimestral y se dicta en el sexto año como una materia electiva técnica de orientación Biomédica.

El estudiante ingresa a cursar la materia con conocimientos y destrezas en el uso y aplicación de las herramientas de diseño básico de las estrategias de control (reguladores), como así también la dinámica de sistemas de primer, segundo y orden superior. Conoce la respuesta frecuencial de estos sistemas, el diseño de reguladores mediante métodos de lugar de raíces y frecuencial y el conocimiento aportado por Electrónica No lineal. En “control avanzado y automatismo” amplía el uso de las técnicas de diseño a compensadores, los implementa en forma electrónica y se presentan las estrategias avanzadas de control. Asimismo se aportan los conocimientos y destrezas del estudio de los sistemas de control mediante el método de espacio de estados, control digital y se trabaja con controladores lógicos programables en un nivel de desarrollo intermedio y avanzado.

**Objetivo General:**

Que el alumno profundice las estrategias de control y automatismo completando los conocimientos y habilidades adquiridos en la asignatura Control Básico para su aplicación en la vida profesional.

**Objetivos Particulares:**

Cursando la asignatura "Control avanzado y automatismo" se pretende lograr los siguientes conocimientos, habilidades y actitudes:

**CONOCIMIENTOS:**

Compensadores: tipos, caracterización, funciones, diseño en un lazo de control, ajustes, circuitos que los caracterizan.

Control Digital: reducción de bloques, transformaciones entre el plano S y Z, diseño en el campo digital, implementación de controladores digitales

Representación y diseño en espacio de estados: representación de un sistema en las formas: controlable, observable, canónica diagonal y de Jordan, diseño de un sistema de control mediante realimentación de estado

Estrategias avanzadas de control: sistemas y controles de tiempo muerto, respuesta inversa, feedforward, sistemas de múltiples lazos, sistemas MIMO.

Controladores lógicos programables (PLC): tipos, lenguaje de programación, desarrollo de sistemas reales de control mediante PLC.

**HABILIDADES o DESTREZAS:**

Predecir la estabilidad de sistemas de bucle cerrado.

Ajustar y seleccionar adecuadamente los distintos tipos de compensadores para una consigna de diseño propuesta.

Diseñar sistemas de lazo cerrado en su conjunto empleando técnicas analíticas y experimentales avanzadas.

Realizar sistemas reales de control digital.

Realizar sistemas reales de control mediante controladores lógicos programables.

Realizar el diseño de un control mediante realimentación de estado.

Realizar búsquedas bibliográficas o en Internet sobre temas específicos.

Integrar y relacionar los distintos conceptos de la propia materia y de otras del plan de estudio ya cursadas.

Expresar y defender sus ideas, así como comunicarse con los docentes de la cátedra y los integrantes de su

grupo de trabajo.

**ACTITUDES:**

Desarrollar la capacidad de trabajo en grupo.

Desarrollar una actitud analítica y crítica de soluciones de los problemas referentes al control avanzado de sistemas.

Desarrollar en el alumno la capacidad de autoaprendizaje.

Desarrollar en el alumno estrategias que le permitan asumir riesgos y manejar su estrés personal.

Desarrollar el manejo numérico, de las computadoras, Internet y el uso del idioma inglés.

Desarrollar una actitud proactiva.

**Programa Analítico:**

## Unidad 1: Compensadores en bucle cerrado

1.1 Repaso general: estabilidad absoluta y relativa, respuesta frecuencial (diagramas de Bode y Nyquist) de sistemas, método del lugar de las raíces.

1.2 Error en estado estable: definición de los errores en sistemas de control para consigna y carga, constantes de error, ejemplos.

1.3 Compensadores: definición, ubicación en serie y paralelo, compensadores de adelanto, atraso y atraso-adelanto: estudio - caracterización temporal y frecuencial – diseño (por lugar de raíces y por Bode) - circuitos, diseño de lazos de control con compensadores.

## Unidad 2: Análisis y Diseño mediante Espacio de Estados

2.1 Introducción a variables de estado: definición, representación de un sistema lineal e invariante en el tiempo, matriz de transición de estado y matriz de transferencia, descripción de sistemas físicos mediante espacio de estados.

2.2 Representación de sistemas en el espacio de estados: forma controlable, forma observable, forma canónica diagonal y Jordan, otras transformaciones para la representación en estados de un sistema.

2.3 Diseño en el espacio de estados: controlabilidad y observabilidad de un sistema, diseño mediante realimentación de estado, diseño del error en estado estable por medio del control integral

## Unidad 3: Control Digital

3.1 Introducción al Control Digital: muestreo y retención, repaso de la transformada Z, teorías de muestreo en sistemas de control, reducción de diagramas de bloques digitales y mixtos, estabilidad de un sistema digital, transformaciones del plano Z al plano S, ecuaciones en diferencias.

3.2 Diseño de Controladores Digitales: errores en estado estable en un sistema digital, diseño de controladores en el plano S y su transformación al plano Z, diseño de controladores en el plano Z, simulación de sistemas digitales en bucle cerrado, implementación de un controlador digital, control digital en un sistema real.

## Unidad 4: Automatización e introducción a estrategias avanzadas de control

4.1 Controladores Lógicos Programables (PLC): definición, tecnologías, lenguajes de programación, reglas de programación, diseños de sistemas de control con PLC, simulación, control en bucle cerrado de sistemas reales con PLC.

4.2 Introducción a estrategias avanzadas de control: Compensador y sistemas con tiempo muerto, sistemas

y compensador de respuesta inversa, sistemas feedforward, controladores Fuzzy Logic, sistemas de múltiples lazos: ejemplos en cascada, sistemas MIMO: definición, interacción y desacople.

**Metodología Didáctica:**

La asignatura se desarrollará mediante clases de teoría y de prácticas, estas últimas depende la semana de cursado pueden ser clases de problema o de laboratorio. Las clases de teoría son semanales, principalmente expositivas incentivando permanentemente la participación activa del estudiante. La metodología de trabajo y el desarrollo de las clases de teoría están pensados de tal forma que permita generar una red de conocimiento en el estudiante mediante la explicación de teorías y herramientas básicas, su asociación con la bioingeniería y los conocimientos adquiridos en otras asignaturas. Se propone al estudiante el análisis de casos reales y su simulación en diferentes programas informáticos específicos utilizados para el control de sistemas.

Se incentiva durante las clases teóricas, de problemas y de laboratorio la participación activa del estudiante mediante preguntas o análisis de temas que ya han sido tratados en materias correlativas cursadas anteriormente o de conocimientos y herramientas tratados previamente en la misma asignatura. Sobre esta base se construyen y se aportan nuevos conocimientos y destrezas. Los contenidos de la materia están secuencialmente tratados y estratégicamente pensados de tal forma de generar una red de conocimientos donde todos los temas se vinculen entre sí permanentemente. En todas las clases se trabaja con ejemplos de sistemas de control en equipos médicos, tales como sistemas de control de temperatura y humedad en incubadoras, sistemas de control de nivel en instituciones para hemodiálisis, sistema de control de posición y velocidad en tomógrafos y resonadores magnéticos, automatización mediante controladores lógicos programables en equipos para esterilización, entre otros.

La metodología de trabajo en las clases de laboratorio y problemas es grupal, los docentes actúan como guías de grupo, aclarando dudas que surgen durante la resolución de problemas o laboratorios, haciendo a su vez preguntas al grupo que induzcan a las soluciones. Existen instancias de puesta en común en el pizarrón a medida que los grupos van resolviendo los ejercicios propuestos. Los laboratorios de control están siempre en el contexto de un sistema real vinculado a equipos médicos. Durante el desarrollo de los laboratorios los alumnos realizarán una defensa oral del diseño propuesto, los procedimientos utilizados, los resultados obtenidos y las limitaciones con las que se encontraron.

Para la unidad temática estrategias avanzadas de control se aplican técnicas de estudio autodirigido debiendo los alumnos realizar consultas bibliográficas, búsquedas en Internet y discutir los temas propuestos con el docente, generando hábitos de autoaprendizaje. Por grupo se realizará el análisis de una publicación científica (paper) que aborde alguna estrategia avanzada de control, realizando simulaciones de algunos desarrollos propuestos en el paper asignado mediante Simulink de Matlab. El estudio de la estrategia de control, su aplicación según el trabajo científico y los resultados de las simulaciones obtenidas son expuestas por grupo a los docentes de la asignatura y al resto de los estudiantes.

Distribución horaria de las clases de la asignatura:

a) Clases Teóricas (sólo segundo cuatrimestre):

Una (1) comisión los martes de 11 a 13 hs.

b) Clases Prácticas (sólo segundo cuatrimestre):

Una (1) comisión los días Miércoles de 13:30 – 16:30 hs.

c) Clases de Consultas: son semanales los Martes de 09:30 a 11:30 hs., Martes de 13 a 15 hs. y cuando no hay clases se agrega el horario de Martes de 16 a 18 hs.

**Formación Práctica:**

Esta asignatura está orientada a trabajar profundamente la formación práctica implementando sistemas de control analógicos y digitales aplicados a la Bioingeniería.

**Listado de Actividades de Formación Práctica:**

Problemas de Repaso Lugar de Raíces, Respuesta en Frecuencia y Transformada de Laplace: 1 clase

Problemas y aplicaciones de Compensadores: 2 clases

Problemas y aplicaciones de Control Digital: 2 clases.

Laboratorio de Compensadores y Control Digital: 2 clases

Problemas de Variables de Estado y Realimentación de Estado: 2 clases

Problemas con programación de PLC: 1 clase

Laboratorio Control lógico programable (PLC): 3 clases

Coloquio sobre estrategias avanzadas de Control: análisis y presentación de una publicación científica: 3 clases

**Intensidad de la formación práctica**

Detalle de la carga horaria total prevista para cada una de las siguientes actividades:

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 1: 0 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 2: 28 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 3: 10 horas

Horas totales de actividades de formación práctica: 48 horas

**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

La evaluación al estudiante será continua con instancias de evaluación formativa y sumativa. La asignatura tiene previsto un parcial y su recuperatorio para obtener la promoción. Corregido el parcial o recuperatorio se fijaran días y horarios para poder analizar los mismos con los estudiantes en forma individual posibilitando de esta forma que estas evaluaciones sumativas se orienten a un proceso formativo.

Los laboratorios de la asignatura son evaluados principalmente mediante rúbricas. De esta forma a medida que se va avanzando en el laboratorio la rúbrica permitirá a los estudiantes del grupo y docentes de la clase detectar los aspectos que deben ser reforzados y aquellos que se manejan adecuadamente. Los aspectos a mejorar podrán volverse a realizar y presentar en la misma clase o en una instancia posterior (recuperatorio del laboratorio). Las rúbricas serán publicadas previamente a la realización del laboratorio en el aula virtual de la asignatura. En particular la evaluación formativa permite lograr una realimentación al estudiante sobre la valoración que realiza el docente, de esta forma se aplica el propio concepto de control de sistemas a la metodología de evaluación de la asignatura.

La calificación final en los casos de promoción incluirá aspectos vinculados a las calificación en el parcial/recuperatorio, la valoración de los docentes en cuanto participación en clase y las evaluaciones de los laboratorios.

**Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:**

Examen Final para estudiantes en la condición de regular:

El examen final es la instancia donde el alumno integra toda la materia, razón por lo cual resulta sumamente importante. Las fechas de los mismos las aprueba el Consejo Directivo por medio del calendario académico.

Final para alumnos regulares: el examen consta en general de dos (2) ejercicios teórico-práctico que sintetizan e integran los conocimientos, herramientas y destrezas adquiridas por los estudiantes durante el cursado, su evaluación es de forma global, pudiendo para su resolución hacer uso de software específico. La duración estimada es de tres (3) horas. Se requiere un 60% como promedio de los 2 ejercicios para aprobar.

Final para alumnos libres: el examen consta en general de dos (2) ejercicios teórico-práctico que se aprueba con un 70% en promedio. Además se deberá rendir y aprobar un examen de práctica de laboratorio a elección de la cátedra y demostrar en forma oral conocimientos de la asignatura a través de una serie de preguntas globalizadoras.



**Condiciones de Regularidad :**

Los siguientes requisitos se requerirán a los alumnos para la PROMOCIÓN de la materia:

Aprobar el parcial o el recuperatorio con más de 70 %.

Tener 70 % de asistencia a las clases de la asignatura (de teoría y de práctica).

Aprobar la presentación de una publicación (paper) sobre estrategias avanzadas de control de sistemas.

Aprobar con más del 60%: todos los laboratorios y todos los informes de ejercicios por temas .

Los siguientes requisitos se requerirán a los alumnos para la REGULARIDAD de la materia:

Tener 70 % de asistencia a las clases de la asignatura (de teoría y de práctica).

Aprobar la presentación de una publicación (paper) sobre estrategias avanzadas de control de sistemas.

Aprobar con más del 60%: todos los laboratorios y todos los informes de ejercicios por temas.

**Cronograma de parciales durante el primer Cuatrimestre:**

---

**Cronograma de parciales durante el segundo Cuatrimestre:**

**Bibliografía Principal:**

KATSUHIKO OGATA.- “Ingeniería de Control Moderna”

Editorial: Prentice-Hall

Edición: Quinta

Año: 2010

ISBN 9788483226605

KATSUHIKO OGATA.- “Sistemas de Control en Tiempo Discreto”

Editorial: Pearson

Edición: Segunda

Año: 1996

ISBN 9688805394

NORMAN S. NISE – “Sistemas de Control para Ingeniería”

Editorial: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL S.A (CECSA)

Edición: Tercera

Año: 2004

ISBN 9702402549

BOLTON W. – “Ingeniería de Control”

Editorial: Alfaomega.

Edición: Segunda

Año: 2009

ISBN 9789701506363

BENJAMÍN KUO.- “Sistemas de Control Automáticos”

Editorial: Prentice-Hall

Edición: Séptima

Año: 1996

ISBN 9789688807231

**Bibliografía Complementaria:**

DORF R. – “Sistemas de Control Moderno”

Editorial: PEARSON ALHAMBRA.

Edición: Décima

Año: 2005

ISBN 9788420544014

ERONINI U.. – “Dinámica de Sistemas de Control”

Editorial: Thomson Learning.

Edición: Primera

Año: 2001

ISBN 9789706860415

DOMINGUEZ S. CAMPOY P., SEBASTIÁN J. M., JIMÉNEZ A. – “Control en el Espacio de Estados”

Editorial: Pearson

Edición: Segunda

Año: 2006

ISBN 9788483222973

FADALI SAM M. – “Digital Control Engineering”

Editorial: Elsevier

Año: 2009

ISBN 9780123744982

GEORGE STEPHANOPOULOS – “Chemical Process Control”

Editorial: Prentice Hall Int.

Edición: Tercera

Año: 1990

PORRAS CRIADO A., MONTANERO MOLINA A. – “Autómatas programables”

Editorial: McGraw- Hill

Edición: Primera

Año: 1990

VICENT LLADONOSA y FERRAN IBÁÑEZ – “ Programación de Autómatas Industriales Omrom”

Editorial: Marcombo

Edición: Primera

Año: 1995

**Equipo de Cátedra:**

Equipo de cátedra:( cargos, comisiones asignadas, cargas horarias y distribución de tareas en ambos cuatrimestres).

En el presente detalle se consignan las actividades que desarrolla el grupo docente en las siguientes asignaturas: Control fisiológico (Cuatrimestral - plan 2008 1/2 Doble dictado) y Control Avanzado y Automatismo (cuatrimestral - plan 2008 simple dictado en el segundo cuatrimestre).

**Equipo de Cátedra:**

Prof. Titular dedicación exclusiva: Dr. Bioing. Luciano Schiaffino

A cargo de las clases teóricas/coloquios de las materias de grado

Docencia en la Maestría de Ingeniería Biomédica de la UNER

Formación de recursos humanos a los Jefes de trabajos Prácticos y el Auxiliar de primera que integran el plantel docente de las asignaturas.

Preparación y evaluación de exámenes finales.

Presidente del tribunal examinador.

Clases de consultas.

JTP dedicacion exclusiva: Esp. Bioing. Alejandro Massafra

A cargo de 2 comisiones de practica semanales de las asignaturas de grado.

Docencia en la Especializacion en Ingeniería Clínica y Especializacion en Producto Médico.

Formacion de recursos humanos: auxiliares alumnos

Preparacion de nuevos practicos de laboratorio y guias de problemas.

Preparacion y correccion de parciales y de evaluaciones de seguimiento .

Integrante del tribunal examinador.

Clases de consultas.

JTP dedicacion exclusiva con afectacion de una carga horaria equivalente a una simple en Control: Dr.

Bioing. Esteban Osella

A cargo de 1 comision de practica semanal de las asignaturas de grado

Formacion de recursos humanos: auxiliares alumnos

Preparacion y correccion de parciales y de evaluaciones de seguimiento.

Realizando la Especializacion en Sistemas Embebidos de la FIUNER

Integrante del tribunal examinador

Clases de consultas

Auxiliar de primera dedicacion simple: Esp. Bioing. Carlos Rodolfo Ramirez

Apoyatura en 1 clases de practicas

Preparacion de nuevos trabajos de laboratorio.

Clases de consultas

Realizando la Maestria en Ing. Biomedica de la FIUNER.

Auxiliar de primera dedicacion simple: Ana Ines Aquino Silguero

Apoyatura en 1 clases de practicas

Preparacion de nuevos trabajos de laboratorio.

Clases de consultas

Auxiliares Alumnos: dos cargos a cubrir los cuales colaboran en las clases de problemas y de laboratorio.

**Actividades de Investigación Gestión y Extensión:**

Prof. Titular dedicación exclusiva: Dr. Bioing. Luciano Schiaffino

Actividades de investigación:

Co Director del Proyecto de Investigación (PID UNER 6193) "Estrategias de control eficiente en sistemas de rehabilitación motora"

Actividades de Formación:

Co Director de la tesis de doctorado de la Bioing. Sofía Poux (Becaria CONICET)

Director de tesis de Maestría del Bioing. Rodolfo Ramirez

Director y Evaluador de proyectos Finales que asigne la cátedra de Proyecto Final oportunamente

Actividades de gestión:

Integrante de la Comisión Directiva del Departamento Electrónica.

JTP dedicación exclusiva: Esp. Bioing. Alejandro Massafra

Actividades de investigación:

Elaboración y/o integración de un PID UNER que se presentará en la convocatoria marzo-abril 2022.

Actividades de gestión:

Integrante de la Comisión Directiva del Departamento Electrónica

JTP dedicación exclusiva con afectación de una carga horaria equivalente a una simple en Control: Dr. Bioing. Esteban Osella

Actividades de investigación:

Director del PID UNER 6193 "Estrategias de control eficiente en sistemas de rehabilitación motora"

---

**Requisitos de admisión para alumnos oyentes:**

Aprobar un examen nivelatorio inicial y entrevista con los contenidos de las asignaturas correlativas establecidas por plan de estudio. Se podrá exceptuar del examen y entrevista aquel interesado que certifique que dichos conocimientos fueron adquiridos en otra institución Universitaria.

---

**Infraestructura, equipamiento y recursos necesarios:**

Clases Teóricas/Coloquios:

Laboratorio de computación con capacidad para 20 alumnos con pizarra, caños proyector y software Matlab com toolbox de Control.

Prácticas:

Laboratorio 7 de Electrónica para las clases prácticas. Con computadoras en las cuales se pueda ejecutar Matlab.

Equipos requeridos para el dictado de clases de Laboratorio:

4 osciloscopios digitales completos (incluye 2 puntas de osciloscopio y 1 cable de alimentación por cada uno)

4 fuentes de alimentación de +/- 12 V

4 Generadores de Funciones

**Otros:**

Metodología de auto evaluación de la cátedra

La autoevaluación se realiza de dos formas:

Reuniones periódicas con el equipo de cátedra a fin de evaluar el desempeño del cursado y realizar los ajustes necesarios.

La asignatura realiza una encuesta anónima a los alumnos cuando finaliza el cursado, cuyos resultados permiten realizar un proceso de mejora continua. Los resultados de la encuesta serán informados en la memoria correspondiente de la asignatura.