



Universidad Nacional de Misiones



PARTE A

SISTEMAS DE CONTROL 2 CICLO LECTIVO 2025

ET-445

PLAN DE ESTUDIO: 2013	DICTADO:
CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA	2do CUATRIMESTRE
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELECTRÓNICA y COMPUTACIÓN	
DÍAS/HORARIOS DE CLASE: MIÉRCOLES de 8 a 11 hs y de 15 a 19 hs	
DÍAS/HORARIOS DE CONSULTA: JUEVES/15 a 19 hs y VIERNES/14 a 18 hs	
CREDITO HORARIO TOTAL: 105 horas	
CREDITO HORARIO SEMANAL PRESENCIAL: 7 horas	
CREDITO HORARIO SEMANAL NO PRESENCIAL:	

PARTE A.1

CONTENIDOS MÍNIMOS

Señales y sistemas discretos. Sistemas continuos versus sistemas discretos. Acciones básicas de control en tiempo discreto (rediseño digital). Análisis y diseño clásico de sistemas de control en el dominio del tiempo discreto. Criterios de estabilidad. Diseño de sistemas de control discreto en el espacio de estado. Observadores de estado.

PARTE A.2

EQUIPO DOCENTE

APELLIDO Y NOMBRE/S: BOTTERÓN FERNANDO	
CARGO Y DEDICACIÓN: Profesor Titular/Exclusiva	CORREO: botteron@fio.unam.edu.ar
FUNCIÓN: Responsable de Asignatura	CEL.: 3755-15-681505

APELLIDO Y NOMBRE/S: AGUIRRE GABRIEL YONATAN	
CARGO Y DEDICACIÓN: Profesor Asociado/Simple	CORREO: gabrielaguirre@fio.unam.edu.ar
FUNCIÓN: Responsable de trabajos prácticos y de laboratorios.	CEL.: 3755-15-375310

APELLIDO Y NOMBRE/S: MOGLIA, FRANCISCO SOCRATES	
CARGO Y DEDICACIÓN: Auxiliar Alumno Ayudante de Trabajos Prácticos/Simple	CORREO: moglia.f.s@gmail.com
FUNCIÓN: Atención a consultas de los alumnos en las clases de prácticas y de laboratorio y confección de módulos didácticos de aprendizaje.	CEL.: 3772-15-500940



Universidad Nacional de Misiones



PARTE B

MODELO FORMACIÓN POR COMPETENCIAS

PARTE B.1

PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA - opcional ¹

Breve descripción de la importancia de la asignatura dentro de la estructura del plan de estudios de la carrera, y relación de la misma con el Perfil del Egreso

En las últimas tres décadas, el análisis y diseño de sistemas de control que operan con datos discretos e implementados en sistemas digitales, ha experimentado significativos avances. El uso de estos sistemas se impuso con notoriedad y adquirió mucha importancia en la industria, dado el gran avance impulsado en el campo de los dispositivos digitales programables. Las técnicas de control diseñadas en tiempo discreto e implementadas digitalmente, son preferidas hoy en día a las técnicas diseñadas en tiempo continuo e implementadas con circuitos analógicos. Tal preferencia se debe, en primer lugar, a la facilidad de implementación y a la flexibilidad de actualización de la estrategia de control, y, en segundo lugar, a la disponibilidad de una variedad significativa de microcontroladores y procesadores digitales de señales, con periféricos de entrada y de salida dedicados, para el control de todo tipo de actuador industrial. Además, debe tenerse en cuenta que la mayoría de los procesos, principalmente los industriales, son complejos, con un manejo de un conjunto significativo de variables de entrada y de salida, haciendo que los sistemas programables con memoria resulten una solución mucho más eficiente que las analógicas en muchos aspectos.

Debido a lo antes mencionado, es que resulta de fundamental importancia que el alumno adquiera los conocimientos relacionados a esta disciplina en forma adecuada. Esto implica una tarea por parte de la cátedra conformada por: la presentación de la teoría de control en tiempo discreto, acompañada de la simulación numérica (herramienta fundamental del diseño de controladores discretos), la práctica de diseño a través de la solución de problemas de ingeniería y las experiencias de laboratorio con sistemas que presenten aproximaciones a los que el ingeniero electrónico encontrará en la vida profesional.

Es importante resaltar que esta es un área que evoluciona en forma constante con un elevado volumen de producción científica con soluciones reales a problemas reales. Estos nuevos conocimientos deben ser cuidadosamente revisados, seleccionados y volcados en los programas académicos de forma que estos se mantengan actualizados, para así actualizar al alumno que deberá enfrentar, como ingeniero, los desafíos que se le propongan.

¹ Esta presentación **es opcional para el docente**, aunque aporta en la comprensión de la asignatura dentro de la estructura de la carrera.



PARTE B2

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RA 1 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Determina] + [la frecuencia de muestreo apropiada] + [para poder diseñar el controlador adecuado de un sistema en lazo cerrado que cumpla con las especificaciones de desempeño de régimen transitorio y permanente del sistema de control] + [utilizando los fundamentos físico-matemáticos de los sistemas muestreados]

RA 2 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Diseña] + [controladores clásicos en el dominio de tiempo discreto para sistemas lineales e invariantes en el tiempo] + [para cumplir con las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y que a su vez proporcione facilidad de implementación y flexibilidad de actualización del sistema de control] + [mediante una adecuada selección de la frecuencia de muestreo y aplicando la técnica de rediseño digital].

RA 3 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Diseña] + [estructuras de controladores obtenidos en el dominio de tiempo discreto para sistemas lineales e invariantes en el tiempo] + [que permiten modelar las dinámicas inherentes a los sistemas de datos muestreados para hacer cumplir las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y que sean fácilmente realizables en un dispositivo digital programable] + [a partir del conocimiento con elevada certeza del modelo muestreado del proceso a controlar y una conveniente selección de la frecuencia de muestreo].

RA 4 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Diseña] [estrategias de control de procesos en tiempo discreto modelados en el espacio de estado] [para cumplir de forma precisa con las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y conseguir minimizar en determinados casos, la energía involucrada en el proceso de control] [aplicando la técnica de realimentación de estados y utilizando softwares específicos de simulación matemática]

PARTE

MATRIZ DE TRIBUTACION - opcional²

Completar las Matrices de Tributación de la asignatura a las competencias específicas y genéricas egreso, utilizando la escala que se indica.

- A (Alto) La asignatura tributa directamente a la Competencia de Egreso.
- M (Medio) La asignatura sirve de medio o fundamento o relación próxima a la Competencia de Egreso.
- B (Bajo) Cuando la asignatura da cuenta de alguna parte de la Competencia de Egreso
- N (Nulo) Sin Tributación.

² La Matriz de Tributación es opcional para las asignaturas del primer año.

Competencias de Egreso Específicas de la Carrera de Ingeniería Electrónica				
	A	M	B	N
AR1. Diseñar, proyectar y calcular sistemas, equipos y dispositivos de generación, transmisión, y/o procesamiento de campos y señales, analógicos y digitales; circuitos integrados; hardware de sistemas de cómputo de propósito general y/o específico y el software a él asociado; hardware y software de sistemas embebidos y dispositivos lógicos programables; sistemas de automatización y control; sistemas de procesamiento y de comunicación de datos y sistemas irradiantes.				
CE1.1. Diseñar, proyectar y calcular sistemas, equipos y dispositivos de generación, transmisión y/o procesamiento de campos y señales analógicos y digitales; circuitos integrados; hardware de sistemas de cómputo de propósito general y/o específico y el software a él asociado; hardware y software de sistemas embebidos y dispositivos lógicos programables; sistemas de automatización y control; sistemas de procesamiento y de comunicación de datos y sistemas irradiantes, para brindar soluciones óptimas de acuerdo a las condiciones técnicas, legales, económicas, humanas y ambientales.	X			
CE1.2. Plantear, interpretar, modelar y resolver los problemas de ingeniería descriptos.	X			
CE1.3. Plantear, interpretar, modelar, analizar y resolver problemas, diseño e implementación de circuitos y sistemas electrónicos.	X			
CE1.4. Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas digitales.			X	
CE1.5. Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas para la generación, recepción, transmisión, procesamiento y conversión de campos y señales para sistemas de comunicación				X
CE1.6. Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas de control.	X			
CE1.7. Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas electrónicos aplicados a la generación, manejo, amplificación, procesamiento, instrumentación y acondicionamiento de energía eléctrica y señales de distinta naturaleza.		X		
AR2. Proyectar, dirigir y controlar la construcción, implementación, mantenimiento y operación de lo mencionado anteriormente.	A	M	B	N
CE2.1. Proyectar dirigir y controlar la construcción, implementación, mantenimiento y operación de lo mencionado anteriormente.		X		
AR3. Validar y certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de los sistemas mencionados anteriormente.	A	M	B	N
CE3.1. Validar y certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de los sistemas mencionados anteriormente.			X	
AR4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en su actividad profesional.	A	M	B	N
CE4.1. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en la actividad profesional de acuerdo con la normativa vigente.			X	
Competencias Genéricas Tecnológicas	A	M	B	N
CG1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	X			
CG2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.		X		
CG3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.			X	
CG4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	X			
CG5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones.		X		
Competencias Genéricas Sociales, Políticas y Actitudinales	A	M	B	N
CG6. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	X			
CG7. Comunicarse con efectividad.	X			
CG8. Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.		X		
CG9. Aprender en forma continua y autónoma.	X			
CG10. Actuar con espíritu emprendedor.		X		



Universidad Nacional de Misiones



PROGRAMA ANALÍTICO

UNIDADES TEMÁTICAS DE LA ASIGNATURA

Explicitar el Programa Analítico completo de la asignatura.

UNIDAD 1: Introducción a los sistemas de control digital

Ventajas y desventajas del uso del control digital respecto al control analógico. Señales en sistemas de control digital. Diagrama en bloques de un sistema de control digital. Ejemplos de aplicación. Tipos de computadoras digitales y consideraciones para su selección. Tiempos inherentes a la implementación digital de un sistema de control. Determinación de la frecuencia de muestreo en sistemas de control en lazo cerrado.

UNIDAD 2: Muestreo de señales y sus efectos en sistemas de control

Repaso sobre el muestreo y la reconstrucción de señales. Adquisidores de muestras. Conversión A/D. Mantenedor de orden cero (ZOH) y su función en un sistema de control digital. Dinámica aproximada del ZOH. Efectos del ZOH sobre las señales muestreadas y el desempeño de los sistemas de control digital en lazo cerrado. Efectos del ZOH sobre los sistemas de control en lazo cerrado.

UNIDAD 3: Análisis de sistemas muestreados

Relación entre los planos s y z . Región deseada de polos de lazo cerrado en el plano z . Respuesta en el tiempo de sistemas discretos. Aproximaciones matemáticas de funciones de transferencia en tiempo continuo: Aproximaciones de Euler: Forward (por defecto) y Backward (por exceso). Transformación Bilineal o de Tustin. Aproximación invariante al escalón. Mapeo de diferencias. Errores en estado estacionario de sistemas de tipo 0, 1, 2 y mayores. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados.

UNIDAD 4: Diseño de controladores discretos en el plano z

Método de rediseño digital (RD). Compensación del ZOH en la respuesta de controladores obtenidos por RD. Diseño de controladores utilizando el lugar geométrico de las raíces (LGR) en el plano z . Controladores modelados y diseñados a partir del modelo muestreado del proceso: Controladores de respuesta de tiempo mínimo (deadbeat). Controladores predictivos: OSAP (One Sampled Ahead Preview); OSAP modificado; PID. Principio del modelo interno para sistemas discretos LIT de una entrada una salida (SISO): controladores resonantes. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados.

UNIDAD 5: Diseño de controladores discretos en el espacio de estado

Modelo de espacio de estado (EE) en tiempo discreto. Aproximación de Euler del modelo de EE. Modelado en el espacio de estado del tiempo de atraso de la implementación digital. Concepto de Controlabilidad de sistemas en tiempo discreto. Técnica de diseño de reubicación de polos. Diseño de sistemas seguidores para plantas de tipo 0 y de tipo 1 (sistema servo). Concepto de Observabilidad de sistemas en tiempo discreto. Observadores de estados.



Universidad Nacional de Misiones



PARTE C

ACCIONES

Acciones a llevar adelante durante el desarrollo de la asignatura por **docentes y estudiantes** para asegurar la formación de los **resultados de aprendizaje previstos**.

PARTE C.1

DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

Describir brevemente el desarrollo de la asignatura a lo largo del periodo acreditado (cuatrimestral o anual). **Argumentar** el enfoque adoptado, así como las modalidades de trabajo que se seleccionarán considerando el **Aprendizaje Centrado en el Estudiante**.

Los estudiantes se inician en esta asignatura adquiriendo y comprendiendo los saberes mediante las clases suministradas por el docente responsable (en la mayoría de los casos) y complementadas por el jefe de trabajos prácticos en algunos temas específicos. Todo el material de las clases mencionadas, las cuales son acompañadas por programas de simulación matemática, está disponible en el aula virtual. Además, la cátedra tiene a disposición en el aula virtual videos de las clases de cada unidad temática, como así también de otros temas adicionales que el docente incorpora con el objetivo de complementar conocimientos. El objetivo específico de estas clases grabadas, es que los estudiantes puedan consultarlas en el momento que dispongan y puedan volver a analizar con más tiempo lo presentado en la clase presencial y obtener una mejor comprensión de los temas abordados.

Como se mencionó, las clases van siempre acompañadas de ejemplos prácticos, en la medida de lo posible de casos reales que pueden encontrar en la práctica profesional, los cuales son analizados y evaluados utilizándose softwares de simulación orientados al área de sistemas de control. Se trata siempre de obtener una participación de los estudiantes mediante preguntas, en cuanto a poder verificar el grado de comprensión que van adquiriendo con los conceptos vertidos.

En cuanto a las clases de trabajos prácticos (o resolución de problemas) y actividades de laboratorio, siempre se hace una exposición previa sobre los problemas presentados en una guía que deben ser abordados, la metodología de desarrollo, de análisis y de presentación de la información. Se incentiva a una participación de cada alumno, haciendo que desarrolle una parte de uno de los problemas planteados, tarea que puede tener que hacerla utilizando el pizarrón o la computadora utilizando el software de simulación específico, mostrándole a sus compañeros los pasos del desarrollo, siempre bajo la guía del JTP y/o ayudante de cátedra. De esta forma se consigue que aprovechen mejor el tiempo presencial en el aula y logran avanzar mucho más que si se los deja trabajando solos.

Tanto en las actividades de resolución de problemas como en las actividades de laboratorio, el trabajo es en forma grupal (mínimo 2 alumnos y máximo 4, lo cual dependerá de la cantidad de alumnos que cursen en forma regular) tratándose de que los grupos estén conformados siempre que sea posible, por 2 alumnos.

Las guías de problemas a resolver para una determinada guía de trabajos prácticos y las guías de las actividades de laboratorio, se encuentran en formato PDF en el aula virtual. Se les pide a los estudiantes la presentación de un informe para cada actividad de laboratorio, para el cual la cátedra posee una plantilla modelo disponible en el aula virtual. Tales informes tienen indicadas fechas de presentación, en las cuales, una vez cumplidas, el estudiante debe subirlos al aula virtual a través de una tarea creada para tal fin; con el objetivo de que el cuerpo docente pueda evaluarlos.



Las actividades de resolución de problemas, no se basan únicamente en la resolución propiamente dicha, sino que también va acompañada de interrogantes o cuestiones que deben responderse en función del análisis obtenido de la resolución y de la evaluación que el alumno hace de los resultados obtenidos en la simulación. El planteo de tales cuestionamientos (los cuales se formulan también en las actividades de laboratorio) tiene el objetivo de que el alumno aprenda a emitir una opinión de forma clara, precisa y sucinta; relatando los resultados que aparecen en los gráficos que obtiene de la simulación como resultado de la resolución del problema, identificando y justificando resultados esperados, errores que puedan haber surgidos y mejoras que puedan realizarse.

De esta forma el cuerpo docente puede valorar el conocimiento que el estudiante va incorporando de los temas tratados en las clases teórico-prácticas; la forma de redactar y las formas en la que se expresa para transmitir una idea, o sea, el nivel que posee para la comunicación escrita.

En cuanto a las actividades de laboratorio, antes de iniciarse la actividad propiamente dicha, se les pide a los alumnos que respondan un cuestionario simple de 4 o 5 preguntas las cuales están relacionadas con la guía de laboratorio y el tema abordado en la clase teórico-práctica. Este cuestionario procura que el alumno se tome el tiempo antes de venir al laboratorio, de leer la guía y estar al tanto de qué se trata la actividad y qué es lo que tiene que realizar, evitándose así retrasos en la realización de la misma. Dicho cuestionario debe ser aprobado, en caso contrario se le asigna al estudiante, $\frac{1}{2}$ asistencia.

Todo lo anterior se complementa en la medida de lo posible, con una visita a una industria de la zona, en la cual los estudiantes pueden incorporar algunos conocimientos adicionales relacionados a los sistemas de control para complementar con situaciones reales, los temas tratados en la asignatura.

En cuanto a la evaluación del desempeño del estudiante, la misma se realiza en base a los resultados obtenidos de la resolución de problemas y los informes de actividades experimentales en laboratorio. La evaluación se complementa, además, con pruebas escritas parciales las cuales en algunos temas son puramente de carácter práctico y en otros temas son una conjunción de temas teórico-prácticos. Además, se tiene en cuenta la participación de cada estudiante en las clases prácticas y de laboratorios, el porcentaje de asistencia a las mismas y el cumplimiento en la entrega de los informes mencionados.

Además, los grupos deben desarrollar un proyecto del tipo integrador, en el cual se les propone aplicar técnicas de control digital a un prototipo definido al inicio de las clases; y lo deben llevar a cabo durante el cuatrimestre en curso. Este trabajo permite al alumno fijar los conceptos y ejercitar mediante la implementación en primera persona, experimentando errores y aprendizajes sobre el hardware y software en cuestión; en todo momento tienen asistencia de los docentes de la cátedra ya que el trabajo lo realizan en el tiempo especificado para trabajos prácticos. El resultado final es un documento en formato de informe de la Jornada de Ingeniería (JIDETEV) y una exposición oral donde presenten los métodos, resultados y las conclusiones del desarrollo.

Resta indicar que las actividades no presenciales que los estudiantes deben realizar, están relacionadas básicamente con el autoaprendizaje realizado en base al material suministrado por la cátedra y disponible en el aula virtual y en base a las clases en video mencionadas. A esto se le suma el tiempo de desarrollo en la resolución de los ejercicios que no hayan conseguido plantear en la clase presencial y la realización de los informes de laboratorio. El alumno está sustentado también por la tutoría que ofrece el responsable de cátedra, el jefe de trabajos prácticos y docentes auxiliares, rentados y ad-honorem. Estos intervalos de tiempo que el alumno puede utilizar para realizar consultas sobre las actividades prácticas y de laboratorio, deben ser tenidas en cuenta como actividad no presencial, porque se dan fuera del horario asignado a la carga horaria de la asignatura en el plan de estudio.



Universidad Nacional de Misiones



DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Indicar en una **tabla**³ identificas **actividades y Resultados de Aprendizaje**, cantidad de clases, con un orden secuenciado, estimación de tiempo (horas) de trabajo presencial (HP) y no presencial (HNP) del estudiante. Considerar situaciones de Integración. Indicación de la carga total de trabajo del estudiante.

Resultados de Aprendizaje	Actividades	Cantidad de Clases	Horas Presenciales	Horas No Presenciales
RA1	Presentación del equipo docente y de la asignatura. Objetivos de la asignatura y metodología de trabajo. Ventajas del uso del control digital respecto al control analógico. Señales en sistemas de control digital. Diagrama en bloques de un sistema de control digital. Ejemplos de aplicación. Tipos de computadoras digitales para sistemas de control. Consideraciones para la selección de una computadora digital. Procesamiento de señales en un sistema de control digital. Tiempos inherentes a la implementación digital de un sistema de control. Representación en tiempo discreto entrada-salida y en el espacio de estado. Repaso sobre el muestreo y la reconstrucción de señales. Adquisidores de muestras. Conversión A/D. Mantenedor de orden cero (ZOH). Mantenedor de orden uno (FOH). Mantenedor de orden fraccionario. Efectos del ZOH sobre las señales muestreadas. Aproximación del ZOH. Efectos del ZOH sobre los sistemas de control en lazo cerrado. Ejemplos con sistemas en LC. Determinación de la frecuencia de muestreo en sistemas de control en lazo cerrado.	4	14	6
RA2	Relación entre los planos s y z. Región deseada de polos de lazo cerrado en el plano z. Respuesta en el tiempo de sistemas discretos. Aproximaciones	4	24	8

³ Cada docente optará por diseñar su propia tabla o utilizará los ejemplos que existen de la primera planificación.

	matemáticas de funciones de transferencia en tiempo continuo. Aproximaciones de Euler: Forward (por defecto) y Backward (por exceso). Transformación Bilineal o de Tustin. Regiones de estabilidad de las aproximaciones. Aproximación invariante al escalón. Mapeo de diferencias. Errores en estado estacionario para entradas en escalón, rampa e hipérbola de sistemas de tipo 0, 1, 2 y mayores. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados. Rediseño digital. Modelos continuos aproximados versus modelos obtenidos en tiempo discreto. Lugar de las raíces en el plano z. Diseño clásico de controladores discretos utilizando el lugar de las raíces en el plano z: Controladores P, PD, PI, PID, de adelanto de fase, de atraso de fase y adelanto-atraso de fase. Clase especial: PLC (Controladores Lógicos Programables).			
RA3	Controladores modelados y diseñados en el dominio de tiempo discreto: Controladores de respuesta de tiempo mínimo (deadbeat). Controlador predictivo OSAP (One Sampled Ahead Preview) y OSAP modificado. Controladores PI, PD y PID predictivos. Principio del modelo interno para sistemas discretos LIT de una entrada una salida (SISO): Convertidores Resonantes y Acciones de Control Repetitivas.	6	26	10
RA4	Modelo de espacio de estado en tiempo discreto. Aproximación de Euler. Solución de la ecuación de estado en tiempo discreto. Modelado en el espacio de estado del tiempo de atraso de la implementación digital. Conceptos de Controlabilidad y Observabilidad de sistemas en tiempo discreto. Técnica de diseño de reubicación de polos por realimentación de estados. Diseño de sistemas seguidores para plantas de tipo 0 y de tipo 1 (sistema servo). Ejemplo de	10	41	16



Universidad Nacional de Misiones



	aplicación. Observadores de estados de orden completo. Observadores de estados de orden reducido. Ejemplos de aplicación.			
--	---	--	--	--

PARTE C.3

AULA VIRTUAL - opcional⁴

Breve descripción de la estructura del Aula Virtual especificando las actividades mediadas a través de la misma.

--

PARTE C.4

INTENSIDAD DE LA FORMACIÓN PRÁCTICA

Indicación y descripción de las actividades destinadas a la **formación práctica**, haciendo referencia a las **competencias** que contribuyen al desarrollo de este tipo de actividades.

Requerimientos y/o instrumental propio o no (instrumental Físico, virtual, remoto o simulación)

Describir los aspectos relativos a la seguridad, el impacto social y la preservación del medio ambiente en los casos que corresponda

TIPO DE ACTIVIDAD DE FORMACION PRACTICA DENTRO DE ESPACIOS Físicos DE FI-UNaM	CANTIDAD Hs
Espacio Físico (aula- taller, campo u otro): Aula-Taller de Electrónica PA (Planta Alta) del Departamento de Ingeniería Electrónica. ACTIVIDADES DE DISEÑO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA	20
Para esta actividad se requiere un espacio con mesas, sillas y computadoras de escritorio, las cuales se utilizan para auxiliar a los alumnos que necesiten utilizar los programas de simulación matemática utilizados en la asignatura. También se requiere de cañón para proyección audiovisual de la información suministrada por la cátedra y de los videos tutoriales preparados por el equipo de cátedra. Estas actividades son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo Práctico N°1: Determinación de la frecuencia de muestreo de diferentes tipos de señales en sistemas prácticos reales utilizando PSIM. • Trabajo Práctico N°2: Aproximación de Controladores Diseñados en Tiempo Continuo. Diseño y Simulación de Controladores en Tiempo Discreto utilizando el Lugar Geométrico de las Raíces (LGR). • Trabajo Práctico N°3: Diseño y Simulación de Controladores Obtenidos en Tiempo Discreto: Controladores Deadbeat. Controladores Predictivos. Controladores Resonantes. • Trabajo Práctico N°4: Análisis y Diseño de Técnicas de Control Discreto en el Espacio de Estado. 	

TIPO DE ACTIVIDAD DE FORMACION PRACTICA DENTRO DE ESPACIOS Físicos DE FI-UNaM	CANTIDAD Hs
--	----------------

⁴ **Aula Virtual es opcional** ya que no es una exigencia el uso del SIED, aunque es importante quede el registro en aquellas asignaturas que en la actualidad están trabajando con esta modalidad.



Universidad Nacional de Misiones



Espacio Físico (aula- taller, campo u otro): Aula-Taller de Electrónica PA (Planta Alta) del Departamento de Ingeniería Electrónica. <u>ACTIVIDADES EXPERIMENTALES DE LABORATORIO</u>	50
<p>Para esta actividad se requieren mesas para ensayos experimentales equipadas con tomas de alimentación de energía eléctrica, con las correspondientes protecciones térmicas, magnéticas y diferenciales; buena iluminación banquetas y computadoras de escritorio, las cuales se utilizan para auxiliar para que los alumnos utilicen los programas de simulación matemática y las herramientas de programación de determinados módulos didácticos. También se requiere de cañón para proyección audiovisual de la información suministrada por la cátedra o videos tutoriales preparados por el equipo de cátedra. Estas actividades son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">● Actividad de Laboratorio N°1: Muestreo de Señales en Tiempo Continuo. Análisis de la selección de la frecuencia de muestreo de señales con THD elevado.● Actividad de Laboratorio N°2: Control digital de velocidad de motor CC utilizando PLC.● Actividad de Laboratorio N°3: Control de temperatura con controlador digital comercial.● Actividad de Laboratorio N°4: Control digital de un convertidor CC-CC reductor de tensión.● Actividad de Laboratorio N°5: Control digital de velocidad de un motor CC-CC.● Actividades relacionadas al trabajo integrador.	
TIPO DE ACTIVIDAD DE FORMACION PRACTICA FUERA DE LA FI-UNaM: Visita a industrias de la provincia	CANTIDAD Hs 6 hs



Universidad Nacional de Misiones



PARTE D

ACREDITACIÓN DE LOS RA

PARTE D.1

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Describir en forma general el sistema de evaluación que se utilizará en la asignatura para certificar el alcance por parte de los/las estudiantes de los resultados de aprendizaje.

La evaluación de los conocimientos adquiridos en esta asignatura se efectúa de la siguiente forma:

Presentación de informes de las actividades de laboratorio:

- Por cada actividad de laboratorio, los alumnos deberán presentar un informe, en tiempo y forma, según el cronograma establecido en la planificación. En los mismos serán evaluados la metodología de desarrollo, los resultados (experimentales y de simulación), los análisis realizados, las conclusiones y la presentación del informe en cuanto a cumplimiento del formato; redacción; calidad de los gráficos y figuras utilizadas; entre otros ítems. En el caso que sean necesarias correcciones, los alumnos deberán realizar los cambios necesarios para su aprobación.

Presentación del informe integrador:

- Para todas las actividades relacionadas al trabajo integrador, los alumnos deberán presentar un informe, antes de la finalización del cuatrimestre, según el cronograma establecido en la planificación. En los mismos serán evaluados la metodología de desarrollo, etapas de diseño, los resultados experimentales y de simulación, los análisis realizados, las conclusiones y la presentación del informe en cuanto a cumplimiento del formato; redacción; calidad de los gráficos y figuras utilizadas; entre otros ítems. En el caso que sean necesarias correcciones, los alumnos deberán realizar los cambios necesarios para su aprobación.

Presentación oral de las actividades relacionadas al trabajo integrador:

- Cada grupo de alumnos debe realizar antes de la finalización del cuatrimestre, y una vez cumplidos los objetivos, una presentación oral para mostrar a la cátedra y a sus compañeros las tareas realizadas y saberes adquiridos en esta actividad.

Evaluaciones Parciales:

- A lo largo de las 15 semanas de duración del cursado de esta asignatura, se implementan 2 instancias de evaluaciones parciales en forma escrita, en la cual se le pide al alumno que resuelva uno o dos problemas de ingeniería similares a los realizados en las guías de trabajos prácticos, y responda una serie de cuestiones que permitan evaluar la parte teórica. Cada evaluación parcial tiene su propia instancia de recuperación para aquel que haya desaprobado o para el que haya aprobado, pero desea obtener una calificación más alta a la obtenida en el caso que desee promocionar la asignatura. En caso de que el alumno no rinda la evaluación parcial en primera instancia (independientemente de la razón que sea), solo podrá acceder a la evaluación de recuperación correspondiente. En este caso, aún mantiene la posibilidad de acceder a la promoción, desde que cumpla con las exigencias para esta condición.

- En caso de ser necesario, si aún después de la instancia de recuperación el estudiante no alcanza la calificación mínima necesaria, se le da la posibilidad de rendir una segunda instancia de recuperación si el alumno ha demostrado buena predisposición y participación en las demás actividades propuestas. Además, en la prueba de recuperación, se le da la posibilidad al alumno que pueda recuperar la parte del examen que no aprobó, en el sentido de viabilizar la promoción de la asignatura.

Evaluación para Promoción de la Asignatura



Universidad Nacional de Misiones



- Los alumnos pueden acceder a la promoción de la asignatura en base a las condiciones que se expresan en la siguiente sección.

CONDICIONES DE REGULARIZACIÓN, PROMOCIÓN Y APROBACIÓN

Para regularizar la asignatura el alumno deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- 1) Asistir al 80 % (puede tener como máximo 3 inasistencias debidamente justificadas) de las clases de trabajos prácticos y al 100 % de las actividades de laboratorio.
- 2) Aprobar el 100 % de los informes de las actividades de laboratorio solicitadas, con una calificación mínima de 6.
- 3) Aprobar cada una de las evaluaciones parciales con una calificación mínima de 6.
- 4) El promedio de todas las calificaciones obtenidas, debe ser mayor o igual a 6.

Para promocionar y aprobar la asignatura el alumno deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- 1) Asistir al 80 % de las clases de trabajos prácticos (puede tener como máximo 3 inasistencias debidamente justificadas) y al 100 % de las actividades de laboratorio.
- 2) Aprobar el 100 % de los informes de las actividades de laboratorio solicitados con una calificación mínima de 6.
- 3) Aprobar cada una de las evaluaciones parciales con una calificación mínima de 6.
- 4) El promedio de todas las calificaciones obtenidas, debe ser mayor o igual a 8.

Para aprobar la asignatura en caso de haber alcanzado la regularización:

Para el caso de los alumnos que han regularizado la asignatura, los mismos deben rendir un examen final en los turnos de exámenes pautados en el calendario académico.

Para aquellos alumnos que han promocionado la asignatura, deben inscribirse también en un turno de examen para que el docente responsable incluya la nota final en el acta de examen.

EVALUACIONES DE APRENDIZAJES DE RECURSOS

Indicar técnicas e instrumentos para evaluar el aprendizaje de recursos (**saberes conocer, saberes hacer y saberes ser, en forma individual**). Se debe recordar que estas evaluaciones son previas a las evaluaciones integradoras de resultados de aprendizaje que incluyen situaciones de integración

RA 1:

Saberes conocer: Comprender las diferencias esenciales, ventajas y desventajas entre los sistemas de control en tiempo continuo y en tiempo discreto. Tener en claro cómo se realizan los procesos de muestreo de señales, las dinámicas asociadas a estos procesos, los fenómenos que se presentan y como estos afectan al desempeño de los sistemas de control, y comprender la necesidad de una selección adecuada de la frecuencia de muestreo de señales.

Saberes hacer: Determinar la frecuencia o periodo de muestreo de señales en base a las especificaciones dinámicas de los procesos que se desean controlar utilizando un control digital. Determinar y analizar mediante simulación numérica, los efectos producidos en los procesos de muestreo por los extrapoladores o retenedores de diferentes órdenes sobre las señales y el desempeño dinámico de un proceso en lazo cerrado.

Saberes ser: Consecución de las actividades de trabajos prácticos y de laboratorio pautadas. Cumplimiento del formato de presentación del informe y principalmente de la calidad de presentación de los resultados y el análisis correspondiente de los mismos. Claridad y precisión en la comunicación escrita. Presentación de los informes de laboratorio en las fechas establecidas al inicio del cursado. Adecuarse al trabajo en equipo. Acatar las indicaciones que brinda la cátedra en cuanto a la utilización correcta del equipamiento, tanto para el cuidado del mismo como para la seguridad de la persona que lo manipula.



RA 2:

Saberes conocer: Repaso de conocimientos de los procesos del muestreo y reconstrucción de señales, la conversión y cuantificación de datos, los principios de los retenedores de datos y sus efectos en las señales muestreadas y en los sistemas de control en lazo cerrado. Metodologías de obtención de la adecuada frecuencia de muestreo de señales en sistemas dinámicos que operan en lazo cerrado en base a los parámetros de desempeño que caracterizan las respuestas en el tiempo y en frecuencia de los sistemas dinámicos. Diseñar controladores clásicos y obtener sus formas aproximadas en base a los diferentes métodos de aproximación de derivadas e integrales aplicadas a las señales involucradas a los sistemas de control y de las funciones de transferencia de los controladores. Diseñar controladores clásicos en el dominio del tiempo discreto utilizando las herramientas de diseño clásicas en el plano z , tales como la reubicación de polos, la cancelación polo-cero y las propiedades de magnitud y fase del lugar geométrico de las raíces. Obtener las ecuaciones a diferencias finitas asociadas al controlador, que serán calculadas en forma recursiva en un dispositivo programable digital. Saber determinar los formatos de implementación de procesadores que trabajan con aritmética de punto fijo en base a las magnitudes de los coeficientes de las ecuaciones a diferencias finitas del controlador. Saber determinar la relación de estos coeficientes con las acciones de control físicas que serán aplicadas al proceso e implementarlas en un software de simulación para su verificación.

Saberes hacer: Determinar en base a determinados procesos con diferentes constantes de tiempo la adecuada frecuencia de muestreo teniendo en cuenta los efectos dinámicos de la resolución de la conversión analógica a digital, del ancho de palabra en bits y de los retenedores de datos. Saber elegir la aproximación para el controlador diseñado previamente en tiempo continuo, en base a la selección del periodo de muestreo y en base a los efectos que provoca en el desempeño dinámico del proceso que funciona en lazo cerrado.

Saberes ser: Adecuarse al trabajo en equipo. Consecución de las actividades de laboratorio pautadas. Cumplimiento del formato de presentación del informe y principalmente de la presentación de los resultados y el análisis correspondiente de los mismos. Acatar las indicaciones que brinda la cátedra en cuanto a la utilización correcta del equipamiento, tanto para el cuidado del mismo como para la seguridad de la persona que lo manipula.

RA 3:

Saberes conocer: Entender las ventajas de modelar controladores digitales obtenidos directamente en el dominio del tiempo discreto. Saber cuáles son las desventajas de este tipo de controladores y como pueden ser abordadas. Entender la influencia de la adecuada selección de la frecuencia de muestreo en la determinación de la magnitud de la acción de control y su relación con los actuadores físicos. Obtener las ecuaciones a diferencias finitas asociadas al controlador, que serán calculadas en forma recursiva en un dispositivo programable digital. Saber determinar los formatos de implementación de procesadores que trabajan con aritmética de punto fijo en base a las magnitudes de los coeficientes de las ecuaciones a diferencias finitas del controlador. Saber determinar la relación de estos coeficientes con las acciones de control físicas que serán aplicadas al proceso e implementarlas en un software de simulación para su verificación.

Saberes hacer: Determinar en base a determinados procesos con diferentes constantes de tiempo la adecuada frecuencia de muestreo teniendo en cuenta los efectos dinámicos de la resolución de la conversión analógica a digital, del ancho de palabra en bits y de los retenedores de datos. Dimensionar adecuadamente la acción de control resultante en base a los efectos que provoca en el desempeño dinámico del proceso que funciona en lazo cerrado y sobre los actuadores.

Saberes ser: Adecuarse al trabajo en equipo. Consecución de las actividades de laboratorio pautadas. Cumplimiento del formato de presentación del informe de laboratorio y principalmente



Universidad Nacional de Misiones



de la presentación de los resultados y el análisis correspondiente de los mismos. Acatar las indicaciones que brinda la cátedra en cuanto a la utilización correcta del equipamiento, tanto para el cuidado del mismo como para la seguridad de la persona que lo manipula.

RA 4:

Saberes Conocer: Comprender el proceso de modelar un sistema dinámico en el espacio de estados. Saber determinar cuáles son las ventajas de utilizar este tipo de modelos respecto a los modelos clásicos entrada-salida. Interpretar los conceptos de controlabilidad y observabilidad y su importancia en las etapas de diseño en estos sistemas de control. Entender el concepto de realimentación de estados y sus efectos en el desempeño dinámico de los estados que conforman el sistema. Saber aplicar los diferentes métodos de cálculo para el diseño de las ganancias de realimentación y las funciones dedicadas de Matlab para realizar el diseño de estas ganancias. Entender el diseño de las acciones de control incorporando acciones integrales modeladas en el espacio de estados, obtener las ecuaciones a diferencias finitas e implementarlas en un software de simulación para su verificación.

Saberes hacer: Obtener modelos de procesos reales en el espacio de estado. Obtener diferentes formas del modelo para el mismo proceso. Analizar el comportamiento con diferentes condiciones iniciales. Realizar scripts en Matlab y en PSIM para aprender a solucionar en forma digital las ecuaciones de estado de un determinado proceso. Aplicar la técnica de diseño por realimentación de estados para cumplir con el desempeño deseado de los estados de un sistema y de la salida que debe ser controlada. Diseñar y simular un sistema seguidor incorporando una acción integral en espacio de estados para obtener error nulo en régimen estacionario con el desempeño transitorio conseguido en la realimentación de estados. Validar el modelo, cálculo y diseño en softwares de simulación matemática.

Saberes ser: Adecuarse al trabajo en equipo.

EVIDENCIAS PARA CADA RA

Indicar técnicas e instrumentos de evaluación mediante los cuales se recogerán las **evidencias para determinar el nivel de logro de cada resultado de aprendizaje**, completando una tabla por cada resultado de aprendizaje según el modelo que se presenta a continuación.

Indicar para cada rúbrica las evidencias auxiliares (normas, documentos, informaciones recabadas por la o el estudiante, entrevistas, relevamientos previos de distintos tipos, etc.).

Resultados de Aprendizaje		Evaluación de Evidencias de Aprendizaje para cada RA	
		Técnicas de Evaluación	Instrumentos de Evaluación
RA1:	[Determina] [la frecuencia de muestreo apropiada] [para poder diseñar el controlador adecuado de un sistema en lazo cerrado que cumpla con las especificaciones de desempeño de régimen transitorio y permanente del sistema de control] [utilizando los fundamentos físico-matemáticos de los sistemas muestreados]	Resolución de ejercicios en las cuales se aplican análisis de procesos de diferentes dinámicas para comprender el objetivo de una adecuada selección de la frecuencia de muestreo. Participación de los alumnos en el desarrollo de la actividad práctica en el pizarrón y el uso de herramientas de simulación. Realización y evaluación de un informe de laboratorio y del trabajo integrador.	Porcentaje de avance por clase de la resolución de ejercicios propuestos; grado de participación de cada alumno en la actividad práctica y de laboratorio. Escala de calificación del informe de laboratorio y del trabajo integrador.
RA2:	[Diseña] [controladores clásicos en el dominio de tiempo discreto para sistemas lineales e invariantes en el tiempo] [para cumplir con las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y que a su vez proporcione facilidad de implementación y flexibilidad de actualización del sistema de control] [mediante una adecuada selección de la frecuencia de muestreo y aplicando la técnica de rediseño digital].	Resolución de ejercicios de procesos de control en lazo cerrado conocidos que pueden encontrarse en la práctica profesional: Rediseño Digital de controladores clásicos. Participación de los alumnos en el desarrollo de la actividad práctica en el pizarrón y el uso de herramientas de simulación. Implementación experimental digital de los controladores diseñados. Realización y evaluación de un informe de laboratorio y del trabajo integrador.	Porcentaje de avance por clase de la resolución de ejercicios propuestos; grado de participación de cada alumno en la actividad práctica. Escala de calificación del informe de laboratorio y del trabajo integrador.
RA3:	[Diseña] [estructuras de controladores obtenidos en el dominio de tiempo discreto para sistemas lineales e invariantes en el tiempo] [que permiten modelar las dinámicas inherentes a los sistemas de datos muestreados para hacer cumplir las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y que sean fácilmente realizables en un dispositivo digital programable] [a partir del conocimiento con elevada certeza del modelo muestreado del proceso a controlar y una conveniente selección de la frecuencia de muestreo].	Resolución de ejercicios de procesos de control en lazo cerrado conocidos que pueden encontrarse en la práctica profesional: Diseño de controladores digitales directamente modelados en el dominio de tiempo discreto. Participación de los alumnos en el desarrollo de la actividad práctica en el pizarrón y el uso de herramientas de simulación. Implementación experimental digital de los controladores diseñados. Evaluación mediante prueba escrita. Realización y evaluación de un informe de laboratorio y del trabajo integrador.	Porcentaje de avance por clase de la resolución de ejercicios propuestos; grado de participación de cada alumno en la actividad práctica. Escala de calificación del informe de laboratorio/trabajo integrador y de la prueba escrita.
RA4:	[Diseña] [estrategias de control de procesos en tiempo discreto modelados en el espacio de estado] [para cumplir de forma precisa con las especificaciones de desempeño en	Resolución de ejercicios de procesos de control en lazo cerrado conocidos que pueden encontrarse en la práctica profesional: Diseño de controladores en el espacio de estados.	Porcentaje de avance por clase de la resolución de ejercicios propuestos; grado

	régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y conseguir minimizar en determinados casos, la energía involucrada en el proceso de control] [aplicando la técnica de realimentación de estados y utilizando softwares específicos de simulación matemática]	Participación de los alumnos en el desarrollo de la actividad práctica en el pizarrón y el uso de herramientas de simulación.	de participación de cada alumno en la actividad práctica y de laboratorio.
--	--	---	--

Lo expresado en la tabla anterior de Evaluación de Evidencias se desarrolla en el texto de la sección C1, en la cual se detallan los métodos de evaluación continua que se realizan en la cátedra

UTILIZACION DE RÚBRICAS -opcional⁵

Explicitar cada uno de los criterios de evaluación según el formato [verbo] [objeto] [condición]
 Explicitar el o los desempeños específicos a graduar para cada uno de los criterios
 Explicitar los pesos porcentuales de los criterios.
 Presentar las Rúbricas analíticas; con cada uno de los descriptores (indicar aquellos que sea obligatorios)

PARTE D.2

MEDIDAS DE CONTENCIÓN E INCLUSIÓN

Describir las estrategias para el análisis de los errores que eventualmente puedan cometer las y los estudiantes en las evaluaciones. Y las **principales medidas tutoriales y remediales para la contención y la inclusión** a llevar adelante con los/las estudiantes que tienen dificultades, particularmente a partir del análisis de los resultados de las evaluaciones de los resultados de aprendizaje.

El cuerpo docente de la cátedra busca a lo largo del cursado y durante las etapas de evaluación, de remediar los errores que puedan cometer los estudiantes y la comprensión errónea de conceptos con el objetivo de que todos los alumnos regulares que se inscriben a la asignatura consigan alcanzar los estándares mínimos exigidos para la aprobación de la misma. Las medidas que se toman son las siguientes:

 En cuanto a la evaluación de los informes de las actividades de laboratorio, estos se evalúan y tienen posibilidad de una corrección, con el objetivo de que el alumno demuestre la disposición que tiene para la tarea de realizar un informe y las capacidades que posee para la redacción y presentación adecuada de la información. En la evaluación se le da también un concepto con una nota del 1 al 10 y se les hace ver al alumno cuáles son las mejoras a tener en cuenta en sus próximos informes como así también se lo congratula cuando ha hecho una muy buena presentación y análisis de los resultados obtenidos.

 En cuanto a las evaluaciones parciales de conocimientos, el alumno tiene derecho a un examen de recuperación para poder mejorar su promedio y/o no quedar libre. Inclusive, los casos en los cuales los alumnos que demuestran un desempeño promedio en el cursado, se los contempla dándoles una segunda etapa de recuperación brindándoles la posibilidad de que puedan cumplir con los objetivos pautados en la asignatura y alcance las competencias establecidas.

 El alumno tiene un acompañamiento constante a lo largo del cuatrimestre por parte de todo el cuerpo docente, desde el profesor responsable de cátedra hasta el alumno auxiliar adscripto, atendiendo las consultas durante los horarios de consulta establecidos o inclusive en horarios diferentes. Se les brinda todo el material que necesitan para el aprendizaje incluidos los

⁵ Cada docente **optará por la utilización de rúbricas** como modalidad de evaluación de las competencias.



Universidad Nacional de Misiones



archivos de las simulaciones que necesiten para tal fin. La información que brinda la cátedra garantiza el aprendizaje y el logro de las competencias que esta asignatura pretende lograr.

 La cátedra es muy flexible con las fechas pautadas tanto para la entrega de informes como para las evaluaciones parciales, considerando que durante el cursado hay actividades (entre ellas las evaluaciones parciales) de otras asignaturas que se les pueden superponer y dependiendo del avance de las clases en el cronograma y de los tiempos de corrección de los informes, el cuerpo docente puede establecer nuevas fechas de entrega de informes y de evaluaciones parciales o de evaluaciones de recuperación. En el caso de las evaluaciones de recuperación suelen realizarse en días diferentes a los asignados a la asignatura con el objetivo de no perder dictado de clases o avances en el desarrollo de las actividades prácticas o de laboratorio y, a su vez, brindarle la posibilidad al alumno de que pueda prepararse bien para poder aprobar la evaluación.

 La cátedra tiene como regla garantizar que al menos 2 días antes de una evaluación parcial, los alumnos puedan evacuar todas las posibles dudas y reducir la cantidad de errores que puedan cometer.

PARTE D.3

ACREDITACIÓN Y SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Describir y argumentar el sistema de acreditación directo y sistema de acreditación no directo, considerando los criterios del Aprendizaje y de la Evaluación Centrados en el Estudiante.

Describir estrategias a seguir con los/las estudiantes que **no alcanzan los niveles de Principiante** en ninguno de los criterios de evaluación de los resultados de aprendizaje de la asignatura, considerando los criterios del Aprendizaje y de la Evaluación Centrados en el Estudiante.

Esto ya fue descrito en la parte D1 y en la D2.



Universidad Nacional de Misiones



PARTE E

CRONOGRAMA, RECURSOS, REGLAMENTO Y BIBLIOGRAFÍA

Contiene otros aspectos necesarios en la planificación.

PARTE E.1

CRONOGRAMA SINTESIS

Listado de cada una de las actividades (con fechas) que se desarrollarán en cada encuentro presencial (docentes y estudiantes), **Tiempo insumido** por actividad, **momentos de evaluación de recursos** y de situaciones de integración; recuperación **de actividades incumplidas, presentado en formato de tabla.**⁶

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fecha	Clase: Teórica/Práctica/Laboratorio
Miércoles 20/08 8 a 11 hs	Presentación del equipo docente y de la asignatura. Objetivos de la asignatura y metodología de trabajo. Unidad 1: Ventajas y desventajas del uso del control digital respecto al control analógico. Señales en sistemas de control digital. Diagrama en bloques de un sistema de control digital. Ejemplos de aplicación. Tipos de computadoras digitales y consideraciones para su selección. Tiempos inherentes a la implementación digital de un sistema de control. Determinación de la frecuencia de muestreo en sistemas de control en lazo cerrado.
Miércoles 20/08 15 a 19 hs	Formación de grupos, asignación de trabajos integradores y detalles sobre la forma de trabajo. Trabajo Práctico N°1: Determinación de la frecuencia de muestreo de diferentes tipos de señales en sistemas prácticos reales utilizando PSIM.
Miércoles 27/08 8 a 11 hs	Cambio de Actividades por la JIDETEV 2025.
Miércoles 27/08 15 a 19 hs	Cambio de Actividades por la JIDETEV 2025.
Miércoles 03/09 8 a 11 hs	Unidad 2: Repaso sobre el muestreo y la reconstrucción de señales. Adquisidores de muestras. Conversión A/D. Mantenedor de orden cero (ZOH) y su función en un sistema de control digital. Dinámica aproximada del ZOH. Efectos del ZOH sobre las señales muestreadas y el desempeño de los sistemas de control digital en lazo cerrado. Efectos del ZOH sobre los sistemas de control en lazo cerrado.
Miércoles 03/09 15 a 19 hs	Actividad de Laboratorio N°1: Muestreo de señales en tiempo continuo: Análisis de la selección de la frecuencia de muestreo de señales con THD elevado. Avances de los trabajos integradores: Modelado del sistema. Ver necesidades de hardware: sensores, acondicionadores e interfaces, referencias de tensión, fuentes de alimentación, actuadores. Selección del microcontrolador, DSC o PLC según la aplicación.

⁶ El modelo de tabla queda a criterio del docente, puede tomar ejemplos, adaptarlos o generar uno nuevo.

<p>Miércoles 10/09 8 a 11 hs</p>	<p>Unidad 3: Relación entre los planos s y z. Región deseada de polos de lazo cerrado en el plano z. Respuesta en el tiempo de sistemas discretos. Aproximaciones matemáticas de funciones de transferencia en tiempo continuo: Aproximaciones de Euler: Forward (por defecto) y Backward (por exceso). Transformación Bilineal o de Tustin. Aproximación invariante al escalón. Mapeo de diferencias. Errores en estado estacionario de sistemas de tipo 0, 1, 2 y mayores. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados.</p>
<p>Miércoles 10/09 15 a 19 hs</p>	<p>Entrega del Informe de Laboratorio N°1. Avances de los trabajos integradores: Definición de frecuencias y estrategias de muestreo, prueba y verificación de sensores y actuadores. Conversores ADC y DAC adicionales si fuera necesario.</p>
<p>Miércoles 17/09 8 a 11 hs</p>	<p>Unidad 4: Método de rediseño digital (RD). Compensación del ZOH en la respuesta de controladores obtenidos por RD. Diseño de controladores utilizando el lugar geométrico de las raíces (LGR) en el plano z.</p>
<p>Miércoles 17/09 15 a 19 hs</p>	<p>Clase Especial Controladores Digitales de Señales: Arduino DUE, dsPIC y F28335. Trabajo Práctico N°2: Aproximación de Controladores Diseñados en Tiempo Continuo. Diseño y Simulación de Controladores en Tiempo Discreto utilizando el Lugar de las Raíces (LR). Aspectos prácticos a tener en cuenta en la implementación digital mediante las herramientas de simulación.</p>
<p>Miércoles 24/09 8 a 11 hs</p>	<p>Unidad 4: Controladores modelados y diseñados a partir del modelo muestreado del proceso: Controladores de respuesta de tiempo mínimo (deadbeat). Controladores predictivos: OSAP (One Sampled Ahead Preview); OSAP modificado; PID. Aspectos prácticos a tener en cuenta en la implementación digital mediante las herramientas de simulación.</p>
<p>Miércoles 24/09 15 a 19 hs</p>	<p>Laboratorio demostrativo: Control de velocidad de un motor de corriente continua. Avances de los trabajos integradores: Configuración de los módulos del microcontrolador: conversores ADC, PWM, DAC, puertos de entrada-salida. Pruebas integradoras de todas las partes: pruebas de conversión de datos analógicos a digitales; pruebas de conversión de acciones de control digitales a analógicas (conversores DAC o PWM). Definición de ganancias de los sensores; definición del formato numérico a utilizar. Tamaño de palabra o de registros de memoria según resolución de variables. Trabajo Práctico N°2: Continuación.</p>
<p>Miércoles 01/10 8 a 11 hs</p>	<p>Unidad 4: Principio del modelo interno para sistemas discretos LIT de una entrada una salida (SISO): controladores resonantes y repetitivos. Aspectos prácticos a tener en cuenta en la implementación digital mediante las herramientas de simulación.</p>
<p>Miércoles 01/10 15 a 19 hs</p>	<p>Clase especial y laboratorio demostrativo: Controlador Lógico Programable (PLC) empleado para control. Trabajo Práctico N°2: Continuación.</p>
<p>Miércoles 08/10 8 a 11 hs</p>	<p>Primera Evaluación Parcial, relacionada a los temas de los trabajos prácticos 1 y 2.</p>
<p>Miércoles 08/10 15 a 19 hs</p>	<p>Clase especial y laboratorio demostrativo: Controladores Digitales Comerciales de Temperatura. Avances de los trabajos integradores: Selección y diseño de las estrategias de control que deben ser utilizadas en cada caso. Obtención de las ecuaciones a diferencias finitas que deben implementarse en el código del microcontrolador seleccionado. Análisis numérico del formato de representación para CPU con aritmética de punto fijo y de las acciones de control resultantes teniendo en cuenta los límites del modulador PWM digital.</p>

Miércoles 15/10 8 a 11 hs	Recuperatorio de la 1ra Evaluación Parcial.
Miércoles 15/10 15 a 19 hs	Avances de los trabajos integradores: Realización del algoritmo completo de la estrategia de control. Depuración y verificación del algoritmo. Pruebas a lazo abierto.
Miércoles 22/10 8 a 11 hs	Unidad 5: Modelo de espacio de estado (EE) en tiempo discreto. Aproximación de Euler del modelo de EE. Modelo considerando el tiempo de atraso de la implementación digital.
Miércoles 22/10 15 a 19 hs	Trabajo Práctico N°3: Diseño y Simulación de Controladores Obtenidos en Tiempo Discreto: Controladores deadbeat, predictivos y resonantes.
Miércoles 29/10 8 a 11 hs	Unidad 5: Concepto de Controlabilidad de sistemas en tiempo discreto. Técnica de diseño de reubicación de polos. Diseño de sistemas seguidores para plantas de tipo 0 y de tipo 1 (sistema servo). Ejemplos de diseño y simulación.
Miércoles 29/10 15 a 19 hs	Trabajo Práctico N°3: Continuación. Avances de los trabajos integradores: Ver la necesidad en algunos casos del uso de controladores deadbeat, predictivos o PMI y adaptarlos al algoritmo desarrollado.
Miércoles 05/11 8 a 11 hs	Unidad 5: Concepto de Observabilidad de sistemas en tiempo discreto. Observadores de estados. Ejemplos de diseño y simulación.
Miércoles 05/11 15 a 19 hs	Avances de los trabajos integradores: Revisión del avance de la documentación realizada. Consultas y ajustes a los algoritmos. Revisión de las simulaciones. Inicio de las pruebas a lazo cerrado para los que estén en condiciones de realizarlas.
Miércoles 12/11 8 a 11 hs	Segunda Evaluación Parcial. Relacionada a los temas del trabajo práctico N°3.
Miércoles 12/11 15 a 19 hs	Trabajos integradores: Comienzo o continuación de las pruebas experimentales, según el grupo. Análisis de desempeño. Análisis comparativos. Revisión del avance de la documentación realizada.
Miércoles 19/11 8 a 11 hs	Recuperatorio de la 2da Evaluación Parcial.
Miércoles 19/11 15 a 19 hs	Trabajos integradores: Obtención de resultados experimentales y ajustes necesarios. Revisión del avance de la documentación realizada.
Miércoles 26/11 8 a 11 hs	Revisión y corrección de los trabajos integradores.
Miércoles 26/11 15 a 19 hs	Presentación oral de los trabajos integradores para su evaluación.
Miércoles 03/12 8 a 11 hs	Entrega del Informe del trabajo integrador. Evaluación.
03/12 15 a 19 hs	Entrega del Informe del trabajo integrador. Evaluación y Finalización del cuatrimestre.



PARTE E.2

LISTADO DE ENTREGABLES

Explicitar toda producción que los/las estudiantes deban entregar para acreditar los resultados de aprendizaje de la asignatura, presentando un listado por cada uno.

Para acreditar los resultados de aprendizaje, los estudiantes deben entregar la siguiente producción:

- Informes de las actividades de laboratorio.
- Un informe por grupo del trabajo integrador
- Las pruebas escritas parciales las cuales deben estar aprobadas según escalas de calificación ya descritas.
- La presentación oral multimedia del trabajo integrador.

PARTE E.3

REGLAMENTO DE CÁTEDRA - Opcional⁷

Describir brevemente las **normas** de trabajo, de honestidad personal e intelectual, etc.; los **formatos y condiciones de las producciones** de los/las estudiantes (ejercicios y/o problemas resueltos, proyectos, informes de prácticas de laboratorio, etc.) tipos de archivos/videos, etc.

Describir las condiciones bajo las cuales se desarrollarán las evaluaciones (uso de libros, apuntes u otros materiales auxiliares, consultas y diálogos entre pares y docentes, acceso a internet, etc.)

PARTE E.4

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Básica / Bibliografía Complementaria / Artículos científicos / Sitios web / Otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Ogata, Katsuhiko; "Sistemas de Control de Tiempo Discreto", Pearson Education, 1996.
- Kuo, Benjamín C.; "Sistemas de Control Digital", CECSA México, 1997.
- Phillips, Charles L.; Tagle, Troy H.; "Digital Control System Analysis and Design" Prentice Hall, 2015.
- Aström, Karl J.; Wittenmark, Björn; "Computer-Controlled Systems, Theory and Design"; Prentice Hall, 2011.
- Franklin Gene F.; Powell David J.; Workman Michael; "Digital Control of Dynamic Systems"; Ellis-Kagle Press, 1998.
- Chi-Tsong Chen; Analog and Digital Control System Design, Saunders Collage Publishing, 1993.
- B. Roffel; B. H. Betlem; "Advanced Practical Process Control", Springer; 2004.
- Fadali, M. Sam; "Digital Control Engineering, Analysis and Design"; Elsevier; 2009.

La bibliografía anterior puede obtenerse en el siguiente link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1weZGW53-PJVRXuQWFIFinBJMIEuHiap?usp=sharing>

⁷ El **Reglamento de Cátedra es opcional**, aunque consideramos que es un recurso solicitado en planificaciones anteriores y ofrece información relevante.



Universidad Nacional de Misiones



SITIOS WEB RECOMENDADOS

<https://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Introduction§ion=ControlDigital>

<https://controlautomaticoeducacion.com/>

<https://www2.ensc.sfu.ca/people/faculty/saif/ctm/digital/digital.html>

<https://ocw.mit.edu/courses/res-6-010-electronic-feedback-systems-spring-2013/download/>

PARTE E.5

RECURSOS (Elaborados por el Equipo Docente)

Guías de ejercicios y/o problemas (presenciales / no presencial), Guías de laboratorio (indicar el repositorio). Videos de clases grabadas (indicar el repositorio: YouTube®, Drive, etc.) / Otros.

Las guías de ejercicios, de laboratorio, el material generado por la cátedra (apuntes, presentaciones y archivos de simulaciones con los diferentes softwares utilizados), los links a los videos de las clases grabadas y material adicional, están todos disponibles en el aula virtual Moodle de la asignatura SISTEMAS DE CONTROL 2.

<https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/course/view.php?id=361§ion=0>

PARTE E.6

REUNIONES EQUIPO DOCENTE - Opcional⁸

Citar estrategias para el **análisis del desarrollo del curso** (participación en las clases de los/las estudiantes, cumplimiento de las funciones, comunicación con los/las estudiantes, otros)

Plantear **estrategias para mejora continua** luego de aplicado el modelo (revisión de mediación pedagógica, tiempo del estudiante, evaluaciones formativas, rúbricas, etc.)

El equipo docente analiza y evalúa continuamente cómo la mediación pedagógica y las evaluaciones afectan al desempeño del estudiante y se trata de formular la cantidad de actividades para no sobrecargar al estudiante, teniendo en cuenta las demás asignaturas en el cuatrimestre y el tiempo que le pueden dedicar tanto dentro como fuera de la facultad, sin perjudicar la calidad de esas actividades para garantizar el aprendizaje y comprensión de los contenidos mínimos. Se incentiva la participación de los alumnos en las clases de actividades prácticas durante las cuales todos aportan a la resolución de problemas con el objetivo de que consoliden los conocimientos adquiridos en las clases teóricas.

PARTE E.7

COMUNICACIÓN A ESTUDIANTES DE LA PLANIFICACIÓN

Citar acciones para lograr una correcta comprensión por parte de los/las estudiantes acerca del significado de los **resultados de aprendizaje**, tipos de **mediación pedagógica** y particularmente el **sistema de evaluación**.

En la primera clase, al inicio del cuatrimestre, se les explica a las/los estudiantes el nuevo esquema de planificación, específicamente los resultados de aprendizaje y el sistema de evaluación.

Fernando Botterón

Profesor Titular – Responsable de Cátedra

Dpto. Ingeniería Electrónica – FI - UNaM

30/07/2025

⁸ Reuniones del equipo docente es opcional, pero es interesante registrar acciones que se realizan y no se plasman en las planificaciones.