



SÍLABO SISTEMAS DE CONTROL DIGITAL

I. DATOS GENERALES

1.1 Asignatura	: Sistemas de control digital
1.2 Código	: ES709
1.3 Condición	: Obligatorio
1.4 Pre -Requisito	: ES604
1.5 N° de Horas de Clase	: 04 (02Teoría, 02 Laboratorio)
1.6 N° de Créditos	: 03
1.7 Ciclo	: VII
1.8 Semestre Académico	: 2022-A
1.9 Duración	: 17 semanas
1.10 Profesor	: Dr. Ing. Jacob Astocondor Villar

II. SUMILLA

La asignatura de Sistemas de Control Digital, es de naturaleza teórica y experimental, tiene el propósito de brindar al alumno los conocimientos de: Introducción a sistemas discretos. Función de transferencia de pulso. Respuesta de sistemas discretos. Estabilidad de sistemas en base al análisis discreto. Rediseño de los controladores analógicos: PI, PD y PID. Diseño de controladores discretos en base al L.G.R. Sistemas discretos en espacio de estado. Solución de las ecuaciones de estado discreto. Diseño de controladores usando métodos de espacio de estado discreto: Control por Ubicación de Polos, Control Óptimo Cuadrático. Diseño de Observadores de Estado Discreto

III. COMPETENCIAS Y CAPACIDADES

3.1 COMPETENCIA GENERICA

- Conoce los conceptos básicos de control, para ser utilizados como base previa en el aprendizaje de controladores discretos.
- Conoce los fundamentos sobre estabilidad de sistemas de control de lazo cerrado, para hacer la extensión hacia el caso discreto.
- Construye graficas de respuesta en frecuencia y el tiempo para analizar sistemas de control.
- Conoce el diseño de controladores clásico, para ser implementados en su versión discreta.
- Representa sistemas dinámicos en variables de estado, analizando su observabilidad y controlabilidad, para ser aplicados en sistemas con retroalimentación de estados.
- Conoce y maneja sensores y actuadores, para construir prototipos con controladores discretos.
- Utiliza periféricos tanto de un sistema mínimo a base de microcontrolador microprocesador, como de una computadora personal.

3.2. COMPETENCIA ESPECÍFICAS CAPACIDADES Y ACTITUDES

COMPETENCIA	CAPACIDADES	ACTITUDES
Conocer los conceptos fundamentales de sistemas de control moderno discreto a lazo abierto y realimentados y la fundamentación matemática básica para su análisis y diseño,	<ul style="list-style-type: none">• Conoce el uso de la transformada Z y aplica en sistemas discretos de control	<ul style="list-style-type: none">• Utiliza la transformada Z para solucionar sistemas de control discreto

<p>Formular modelos matemáticos de componentes y sistemas físicos en base al concepto de variables de estado, comprendiendo que es el paso fundamental para el entendimiento de control moderno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender a modelar un sistema de control en el espacio de estado discreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementa algoritmos de control en sistemas de control discreto lazo abierto y cerrado
<p>Analizar, simular e implementar sistemas de control discreto por computadora y establece las condiciones para la estabilidad de los sistemas de control, valorando los resultados en función del sistema físico resuelto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer y aplicar los conceptos de Control Digital en el diseño de controladores digitales 	<ul style="list-style-type: none"> • Participa en la resolución de problemas y desarrolla sistemas de control discreto

IV. PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS Y ACTIVIDADES

N° UNIDAD	NOMBRE DE LA UNIDAD	DURACION EN SEMANAS	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO
I	Análisis de sistemas en tiempo discreto	8	7/04/2024	26/5/2021
II	Diseño de sistemas de control digital.	9	02/06/2020	21/07/2021

PROGRAMACION DE CONTENIDOS

UNIDAD I : Análisis de sistemas en tiempo discreto (Teleconferencia con software y simulación con software de la especialidad)					
CAPACIDAD: Modela los sistemas de control discreto , y analiza sistemas de control discreto y su estabilidad					
SEM	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDO ACTITUDINAL	INDICADORES	TOTAL HORAS
1	Sistemas de control digital ;Señales en tiempo discreto ; Fenómenos del Muestreo; Ecuaciones en Diferencias Modelos con ecuaciones en diferencias Cálculo de respuestas dinámicas y estáticas, Diagrama de bloques de modelos de ecuaciones en diferencias	Expone la teoría de Discritizacion de sistemas continuos Plantea los principios fundamentales de la transformada Z	Utiliza la transformada Z y Discritiza la planta	Discritiza la planta y realiza simulación con Matlab y Scilab	4 (2 T, 2L)
2	La Transformada Z / Definición / Propiedades de transformada Z / Transformada inversa / Cálculo de la Trasformada Z ,Teorema del valor inicial , Teorema del valor final , La transformada Z modificada	Define el concepto de función de transferencia pulso en lazo abierto y cerrado Utiliza métodos para la obtención de la función de transferencia con transformada Z	Calcula la transformada Z y, transformada inversa	Discritiza la planta y representa en el dominio de Z	4 (2 T, 2L)
3	Análisis de los sistemas discretos de Primer orden. Modelamiento de sistemas en el tiempo discreto; Modelos de diferencia finita ; Discritizacion exacta para sistemas lineales Análisis de sistemas de orden superior Ajuste de ecuaciones en tiempo discreto para procesar datos Cálculo de la respuesta en el tiempo discreto de modelos con funciones de transferencia Z	Determina la correspondencia entre el plano S y Z Utiliza técnicas para determinar la estabilidad de sistemas discretos Determina la respuesta transitoria Analiza el error en estado estacionario de sistemas discretos	Modela sistemas en tiempo discreto	Calcula la respuesta del sistemas discretos y analiza Utiliza Matlab y Scilab	4 (2 T, 2L)
4	Muestreo y reconstrucción Muestreo de datos de un sistema Componentes del sistema muestreado Reconstrucción de una señal a partir de sus muestras	Representa modelos de plantas definidos por su función de transferencia	Aplica el proceso de muestreo y reconstrucción	Efectúa cálculos para obtener la respuesta y la función de transferencia	4 (2 T, 2L)

	<p>Función de transferencia pulso</p> <p>Procedimiento para hallar la función de transferencia de pulso</p> <p>Función de transferencia de pulso de un sistema con retenedor de orden cero</p> <p>Función de transferencia de pulso de un sistema con elementos en cascada</p> <p>Sistemas de lazo abierto con filtros digitales incluidos</p>		Determina la respuesta discreta mediante la función de transferencia pulso		
5	Función de transferencia de pulso para un sistema en lazo cerrado.	Utiliza el método del lugar geométrico de las raíces para analizar sistemas discretos Ilustra el método mediante ejercicios	Analiza sistemas discretos de lazo cerrado	Diseña sistemas con el método L:G:R	4 (2T, 2L)
6	Respuesta Dinámica de Sistemas Discretos Análisis de la respuesta transitoria en el estado estacionario	Utiliza el método de respuesta en frecuencia de las raíces para analizar sistemas discretos Ilustra el método mediante ejercicios	Obtiene la respuesta de sistemas discretos con el método de respuesta en frecuencia	Diseña sistemas por el método de respuesta en frecuencia	4 (2T,2L)
07	Aproximación discreta de los modos de control P, PI y PID o convencionales. Ajuste de los controladores P, PI y PID	Determina el control proporcional (P), Determina el control PI y el control proporcional más integral, más derivativo el PID Examina los métodos de ganancia límite, método de curva de reacción	Aplica el control discreto PID a sistemas	Efectúa ajuste de controladores PID	4 (2T,2L)
08	EXAMEN PARCIAL VIRTUAL				
09	<p>Ecuaciones de estado para sistemas digitales con todos sus elementos digitales (<i>All DigitalSystem</i>).</p> <p>La matriz de transición de estado para sistemas lineales e invariantes en el tiempo LTI.</p>	<p>Examina Métodos para calcular la matriz de transición de estado.</p> <p>Realiza Sistema de Solución de problemas de aplicación usando Matlab. Teorema de Cayley Hamilton. Transformaciones. Diagonalización.</p>	Obtiene la matriz de transición de estado y las variables de estado	Efectúa representación de sistemas por sus ecuaciones y solución.	4 (2T,2L)

UNIDAD II: Diseño de sistemas de control en el espacio de estado utilizando asignación de polos					
CAPACIDAD: Diseño de controladores usando métodos de espacio de estado discreto: Control por Ubicación de Polos, Control Óptimo Cuadrático. Diseño de Observadores de Estado Discreto					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDO ACTITUDINAL	INDICADORES	TOTAL HORAS
10	<p>Formas canónicas para ecuaciones en el espacio de estado en tiempo discreto</p> <p>Función de transferencia de pulso y representación en el espacio de estado</p> <p>Discretización de las ecuaciones en el espacio de estado</p> <p>Transformación de ecuaciones de estado a formas canónicas</p>	<p>Establece las representaciones de las Formas Canónicas (controlable, observable diagonal y Jordan).</p> <p>Determina la función de transferencia pulso y su representación en variables de estado</p> <p>Utiliza métodos recursivo y el Método de la Transformada Z</p> <p>Realiza transformaciones de ecuaciones de estado</p>	<p>Verifica la controlabilidad y observabilidad</p> <p>En sistemas discretos</p>	<p>Realiza representaciones de sistemas a sus formas canónicas para ecuaciones de estado</p> <p>Aplica métodos recursivos y otros métodos</p>	4 (2T,2L)

11	Diseño de sistemas de control en el espacio estado utilizando asignación de polos control por realimentación del estado y asignación de polos sistema de control con entrada de referencia	Realiza cálculos para determinar la matriz de ganancia de realimentación Utilizando métodos Aplica los conocimientos teóricos para resolver problemas	Determina y verifica la matriz de ganancia de realimentación de estados	diseña sistemas de control discreto por realimentación de estados	4 (2T,2L)
12	Integración de controladores y observadores de estado.	Describe sistemas con observadores de estado discreto Diagrama sistemas de control discreto con realimentación de estado y observadores de estado discreto Describe el Diseño de la matriz de ganancia del observador Utiliza métodos de sustitución directa y Formula de Ackerman Determina la Ecuación Característica del Sistema con el Observador Predictor Incluido Determina Función de Transferencia de Pulso del Controlador Aplica los conocimientos teóricos para resolver problemas	Determina la matriz de ganancia del observador utilizando métodos	Diseña sistemas discretos con realimentación de estados y observador de estados discretos	4 (2T,2L)
13	observador de estado tipo corriente observador de estado de orden reducido sistemas tipo servo	Describe sistemas con observadores de estado discreto tipo corriente Determina la matriz de ganancia del observador Aplica los conocimientos teóricos para resolver problemas	Analiza sistemas con observadores discretos tipo corriente Verifica la ganancia del observador	Formula problemas y objetivos de investigación relacionados al tema INVESTIGACION FORMATIVA (virtual)	4 (2T,2L)

Control optimo discreto					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDO ACTITUDINAL	INDICADORES	TOTAL HORAS
14	El control digital óptimo, durante un determinado intervalo de tiempo Control óptimo en el estado estacionario de un sistema discreto. Cálculo de la matriz de realimentación óptima en cada instante, de un sistema discreto con una única entrada. Control óptimo en el estado estacionario frente al control óptimo durante un intervalo de tiempo determinado.	Explica los conceptos y principios fundamentales del control optimo Aplica el método para determinar las matriz de realimentación optima Relaciona la fricción seca vs la fricción húmeda. Aplica los conocimientos teóricos para resolver problemas.	Verifica la matriz de realimentación optima	realiza solución de sistemas con control optimo INVESTIGACION FORMATIVA (virtual)	4 (2T,2L)

15	Implementación de sistemas de control digital.	Ejecuta solución de problemas usando Matlab e implementación usando dsPIC. Realiza con habilidad y destreza los diferentes procedimientos de diseño y análisis de sistemas de control	Verifica funcionamiento del sistema diseñado	Realiza la Presentación y sustentación proyecto Investigación formativa parte final (Virtual)	4 (2T,2L)
16	EXAMEN FINAL				
17	EXAMEN SUSTITUTORIO				

V. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

La plataforma de la UNAC es el Sistema de Gestión Académico (SGA-UNAC) basado en Moodle, en donde los estudiantes, tendrán a su disposición información detallada del curso: el sílabo, la matriz formativa, ruta del aprendizaje, guía de entregables calificados, y los contenidos de la clase estructurados para cada sesión educativa. El SGA será complementado con las diferentes soluciones que brinda Google Suite for Education y otras herramientas tecnológicas multiplataforma.

Las estrategias metodológicas para el desarrollo de las sesiones teóricas y prácticas permiten dos modalidades de aprendizaje en los estudiantes:

MODALIDAD SINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que permiten la comunicación no presencial y en tiempo real entre el docente y los estudiantes.

Dentro de la modalidad sincrónica, se hará uso de:

- **Clases dinámicas e interactivas (virtuales):** el docente genera permanentemente expectativa por el tema, a través de actividades que permiten vincular los saberes previos con el nuevo conocimiento, promoviendo la interacción mediante el diálogo y debate sobre los contenidos.
- **Talleres de aplicación (virtuales):** el docente genera situaciones de aprendizaje para la transferencia de los aprendizajes a contextos reales o cercanos a los participantes que serán retroalimentados en clase.
- **Tutorías (virtuales):** Para facilitar la demostración, presentación y corrección de los avances del informe final de investigación.

MODALIDAD ASINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que posibilitan el intercambio de mensajes e información entre los estudiantes y el docente, sin interacción instantánea. Dentro de la modalidad asincrónica, se hará uso de:

- **Aprendizaje basado en proyectos (virtual):** Permite que el estudiante adquiriera conocimientos y competencias mediante la ejecución de su proyecto de consulta, para dar respuesta a problemas del contexto.
- **Portafolio de evidencias (digital):** Permite dar seguimiento a la organización y presentación de evidencias de investigación y recopilación de información para poder observar, contrastar, sugerir, incentivar, preguntar.
- **Foro de investigación (virtual):** se realizarán foros de debate, a partir de un reactivo sobre el tema de la sesión de aprendizaje.
- **Trabajos colaborativos (remoto) en plataforma virtual de aprendizaje.**
- **Metodología de búsqueda y administración de información en la web y en ambientes virtuales de aprendizaje.**

SOPORTE DE COMUNICACIÓN MULTIPLATAFORMA:

SGA-UNAC, Google Meet, Classroom, ZOOM, Google Drive y correo institucional.

Resumen de estrategia metodológica:

- a. [EXPOSICIONES MAGISTRALES-virtual](#)
- b. [APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS_virtual](#)
- c. [APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS_virtual](#)
- d. [ESTUDIO DE CASOS_virtual](#)
- e. [APRENDIZAJE INVERTIDO_virtual](#)
- f. [APRENDIZAJE COLABORATIVO](#)
- g. [APRENDIZAJE POR DISEÑO E INNOVACIÓN_virtual](#)
- h. [AULA VIRTUAL](#)

VI. MOMENTOS DE LA SESIÓN DE APRENDIZAJE VIRTUAL

La modalidad no presencial desarrollará actividades sincrónicas (que los estudiantes realizarán al mismo tiempo con el docente) y asincrónicas (que los estudiantes realizarán independientemente fortaleciendo su aprendizaje autónomo). La metodología del aula invertida organizará las actividades de la siguiente manera:

- **Antes de la sesión**
Exploración: preguntas de reflexión vinculada con el contexto, otros.
Problematicación: conflicto cognitivo de la unidad, otros.
- **Durante la sesión**
Motivación: bienvenida y presentación del curso, otros.
Presentación: PPT en forma colaborativa, otros.
Práctica: resolución individual de un problema, resolución colectiva de un problema, otros.
- **Después de la sesión**
Evaluación de la unidad: presentación del producto.
Extensión / Transferencia: presentación en digital de la resolución individual de un problema.

VII. MEDIO Y MATERIALES

Se sugiere los siguientes medios y materiales

MEDIOS INFORMÁTICOS	MATERIALES DIGITALES
a) Computadora	a) Diapositivas de clase
b) Internet	b) Texto digital
c) Correo electrónico	c) Videos
d) Plataforma virtual	d) Tutoriales
e) Software educativo: Matlab, MplabX, Proteus, lenguaje C, python	e) Enlaces web
f) Pizarra digital	f) Artículos científicos

VIII. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Se evaluará mediante una evaluación escrita parcial, evaluación escrita final promedio del trabajo de investigación formativa, más el promedio de Prácticas. Adicionalmente se tomará un examen sustitutorio que reemplazará la nota más baja de uno de las evaluaciones escritas Parcial o Final. La nota final se obtendrá según:

$$P_F = 0.2EP + 0.2EF + 0.25PA + 0.15PI + 0.2PL$$

PF = Promedio Final (virtual)
EP = Examen Parcial(virtual)
EF = Examen Final(virtual)
PI= proyecto investigación formativa
PA = Promedio de Prácticas Calificadas y ACTITUD
PL = Promedio Laboratorio (se considera proyectos de investigación formativa)

REQUISITOS PARA APROBAR LA ASIGNATURA

1. Presentación personal ,orden y limpieza
2. Puntualidad y responsabilidad en todas las actividades programadas
3. Recordad de asistencia : 30% de inasistencia durante la fase teórica imposibilita al estudiante a ser evaluado
4. Se considera aprobado a los alumnos cuyo promedio promocional sea de 11 puntos
5. Los trabajos asignados en forma grupal o individual será presentados en la fecha y hora INDICADA , sin postergación en forma virtual
6. El examen de aplazados se realizara de acuerdo a lo normado en el reglamento general de estudios de la UNAC

IX. FUENTES DE CONSULTA.

Bibliográficas

1. Kuo, Benjamín. 1996 *Sistemas de Control Automático*. Prentice Hall. México.
2. [Ogata, Katsuhiko. 1996 *Sistemas de Control en Tiempo Discreto*. Prentice Hall. México.
3. Phillips, Charles. Nagle, Troy. 1995 *Digital Control Systems Analysis and Design*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
4. Phillips, Charles. Nagle, Troy. 1995. *Digital Control Systems Analysis and Design*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
5. Leigh, J. R. 1992 *Applied Digital Control. Theory Design and Implementation*. Prentice hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
6. Phillips, Charles. Nagle, Troy. 1995 *Digital Control Systems Analysis and Design*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey..

Bellavista Abril Del 2022