



## SILABO

### CONTROL AVANZADO

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Asignatura	: Control Avanzado
1.2 Código	: ES921
1.3 Condición	: Electivo
1.4 Pre -Requisito	: ES815 Control de Procesos Industriales
1.5 N° de Horas de Clase	: 05 (03 Teoría, 02 Laboratorio)
1.6 N° de Créditos	: 04
1.7 Ciclo	: IX
1.8 Semestre Académico	: 2022-A
1.9 Duración	: Del 04 de abril al 04 de agosto de 2022
1.10 Profesor	: Teoría: Nicanor Raúl Benites Saravia Laboratorio: Nicanor Raúl Benites Saravia

#### II. SUMILLA

La asignatura es de **naturaleza teórica-práctica**. Tiene el propósito de brindar al alumno los conocimientos de Identificación de Sistemas Dinámicos y diseño de controladores avanzados, que le permitirán obtener modelos de sistemas dinámicos, a partir de pruebas experimentales y métodos de identificación, con lo cual se logrará implementar controladores lineales clásicos y modernos. Asimismo, el alumno estará capacitado para diseñar controladores no lineales, orientado a procesos no lineales y complejos.

La asignatura se desarrolla mediante las unidades de aprendizaje siguientes: I. Métodos de identificación. II. Control Adaptivo por Modelo de Referencia (MRAC). III. Control por Linealización Total para sistemas SISO.

#### III. COMPETENCIAS Y CAPACIDADES

##### 3.1 COMPETENCIAS GENÉRICAS

- Analiza y sintetiza información relacionada con el diseño de Controladores Avanzados.
- Toma decisiones acertadas a la hora de resolver problemas de identificación de sistemas.
- Resuelve problemas de su entorno relacionados con el diseño de controladores no lineales.
- Se comunica eficazmente en forma oral y escrita para expresar ideas u opiniones en debates y foros.
- Genera su propio aprendizaje (autoaprendizaje) en la asignación de algunas tareas del curso.
- Asume rol de liderazgo en diversos contextos para afrontar una situación.
- Trabaja cooperativamente / colaborativamente asumiendo roles de acuerdo con sus capacidades y conocimientos.
- Propone soluciones creativas e innovadoras en el diseño de prototipos o modelos.



### 3.2 COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

#### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS CAPACIDADES Y ACTITUDES

<b>COMPETENCIA GENERAL:</b> capaz de desempeñarse individualmente y en equipos multidisciplinarios en las áreas de telecomunicaciones, electrónica de potencia, sistemas de control y automatización, biomédica, instrumentación industrial y en la utilización adecuada de las técnicas digitales, así como también en otras áreas afines para ser hábiles en las funciones productivas, administrativas, docentes y de investigación.		
COMPETENCIA	CAPACIDADES	ACTITUDES
<b>Comprende</b> con claridad los procedimientos de identificación del modelo de una planta o proceso, partiendo de datos experimentales.	<b>Distingue</b> los procedimientos para el proceso de identificación experimental, mediante la respuesta al escalón para sistemas univariados.	<b>Valora</b> las ventajas de obtener el modelo de sistemas dinámicos, partiendo de datos experimentales.
<b>Establece</b> los procedimientos de diseño de controladores Adaptivos por Modelo de Referencia y su aplicabilidad.	<b>Analiza</b> las estructuras de Control Adaptivo por Modelo de Referencia y los procedimientos de diseño.	<b>Aprecia</b> las ventajas de la técnica del Control Adaptivo por Modelo de Referencia, particularmente en plantas de dinámica variante y parámetros inciertos.
<b>Diseña</b> controladores no lineales mediante la técnica de Linealización por Realimentación Total.	<b>Reconoce</b> los casos de aplicabilidad y los procedimientos de diseño de Controladores No Lineales.	<b>Participa</b> en el diseño de controladores no lineales, para plantas con no linealidades suaves.

#### IV. PROGRAMACIÓN POR UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD I: MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN					
Duración: 5 semanas: 1era., 2da., 3era, 4ta y 5ta. semanas.					
Fecha de Inicio: 07/04/2022   Fecha de Término: 05/05/2022					
Capacidades de la Unidad: C1 (de Enseñanza -Aprendizaje): Distingue los procedimientos para el proceso de identificación experimental, mediante la respuesta al escalón para sistemas univariados. C2 (Investigación Formativa): Participa grupalmente en la preparación y exposición de trabajo monográfico.					
Programación de contenidos:					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDO ACTITUDINAL	INDICADORES	TOTAL HORAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción a los métodos de identificación de sistemas.</li> <li>2. El problema de identificación.</li> <li>3. Métodos no paramétricos o gráficos de identificación: Modelo de primer orden.</li> </ol>	<p>Expone los diferentes métodos de identificación en términos generales.</p> <p>Expone el problema de la identificación y sus procedimientos.</p> <p>Expone el método gráfico de respuesta al escalón para sistemas de primer orden y resuelve ejemplos básicos.</p>	<p>Comprende la importancia de los métodos de identificación de sistemas, en particular del método gráfico.</p>	<p>Describe con claridad el procedimiento del método de la respuesta al escalón para sistemas de primer orden.</p>	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respuesta al escalón para sistemas de segundo orden</li> <li>2. Resolución de problemas.</li> </ol>	<p>Aplica procedimientos de identificación para sistemas de segundo orden de acuerdo con los métodos de Oldenbourg-Sartorius y de Anderson.</p> <p>Resuelve problemas de identificación para sistemas de segundo orden.</p>	<p>Aprecia la metodología seguida para aplicar los métodos de Oldenbourg-Sartorius y de Anderson.</p>	<p>Discrimina con claridad los procedimientos de los métodos citados.</p>	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respuesta al escalón para sistemas oscilatorios.</li> <li>2. Respuesta al escalón para sistemas de orden "n".</li> </ol>	<p>Aplica procedimientos de identificación usando el método de respuesta al escalón de sistemas oscilatorios.</p> <p>Aplica procedimientos de identificación usando el método de respuesta al escalón para sistemas de orden "n" usando el método de Stejc.</p> <p>Resolución de ejemplos.</p>	<p>Comprende y aplica procedimientos para sistemas oscilatorios y sistemas de orden "n".</p>	<p>Identifica adecuadamente la determinación del modelo para sistemas mayores al de primer orden.</p>	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resolución de problemas.</li> <li>2. <b>Laboratorio N° 1</b> Identificación del modelo de un motor DC.</li> </ol>	<p>Practica la solución de problemas identificación gráfica</p> <p>Realiza la entrega del informe final del primer laboratorio.</p> <p>Resuelve la primera práctica calificada.</p>	<p>Participa en la resolución de problemas y en el desarrollo de las prácticas de laboratorio.</p>	<p>Discute sobre la importancia de las pruebas de laboratorio en el proceso de identificación.</p>	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación de sistemas con modelos de retraso de transporte.</li> <li>2. Identificación de sistemas con modelos de retraso puro de transporte.</li> <li>3. Resolución de problemas.</li> <li>4. <b>Primera Práctica Calificada.</b></li> </ol>	<p>Aplica procedimientos para identificar el modelo con retraso de transporte.</p> <p>Aplica procedimientos para identificar el modelo con retraso puro de transporte.</p> <p>Resuelve problemas de identificación con retraso de transporte.</p>	<p>Valora la importancia de los procedimientos utilizados en sistemas con retardo de transporte.</p>	<p>Describe los procedimientos de identificación para sistemas con retardo de transporte.</p>	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)

<b>UNIDAD II: CONTROLADORES ADAPTIVOS POR MODELO DE REFERENCIA (MRAC)</b>
Duración: 5 semanas: 6ta., 7ma., 8va, 9na y 10ma. semanas.
Fecha de Inicio: 12/05/2022   Fecha de Término: 09/06/2022
Capacidades de la Unidad: C1 (de Enseñanza -Aprendizaje): Analiza las estructuras de Control Adaptivo por Modelo de Referencia y los procedimientos de diseño.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

C2 (Investigación Formativa): Participa grupalmente en la preparación y exposición de trabajo monográfico.

Programación de contenidos:

SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDO ACTITUDINAL	INDICADORES	TOTAL HORAS
6	<ol style="list-style-type: none"> <li>Introducción al Control Adaptivo por Modelo de Referencia (MRAC).</li> <li>Estructura MRAC en lazo abierto: procedimiento de diseño.</li> <li>Estabilidad por Lyapunov.</li> <li><b>Exposición Trabajo 1</b></li> </ol>	<p>Examina la estructura del control por modelo de referencia y la funcionalidad de sus partes.</p> <p>Realiza el diseño de un sistema de Control Adaptivo por Modelo de Referencia en lazo abierto.</p> <p>Aplica procedimientos basados en Lyapunov para demostrar la estabilidad de sistemas no lineales.</p>	Comprende la importancia y los casos en la que debe aplicarse el Control Adaptivo por Modelo de Referencia	Identifica adecuadamente la estructura del Control Adaptivo por Modelo de Referencia	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
7	<ol style="list-style-type: none"> <li>Estructura MRAC en lazo cerrado: Modelo de referencia, controlador asociado, ley de adaptación, planta.</li> <li>Diseño del MRAC para sistemas continuos de primer orden mediante el método de Lyapunov.</li> <li>Entrega del Laboratorio 1 grupal</li> </ol>	<p>Analiza el diseño de un sistema de control adaptivo por modelo de referencia (MRAC) en lazo cerrado.</p> <p>Aplica procedimientos de diseño de un sistema de control MRAC en lazo cerrado de primer orden.</p>	Comprende la estructura de lazo cerrado del Control Adaptivo por Modelo de Referencia, así como las ventajas del método de estabilidad de Lyapunov.	Discrimina entre las estructuras de control de lazo abierto y lazo cerrado.	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
8	EXAMEN PARCIAL: Del 23 al 28 de mayo del 2022				
9	<ol style="list-style-type: none"> <li>Diseño del MRAC para sistemas continuos de segundo orden mediante el método de Lyapunov.</li> <li>MRAC para sistemas discretos.</li> <li><b>Laboratorio N° 2</b> Control MRAC de velocidad de un motor DC.</li> </ol>	<p>Aplica procedimientos de diseño de un sistema de control MRAC en lazo cerrado de segundo orden.</p> <p>Representa sistemas MRAC en tiempo discreto.</p>	Observa y comprende los procedimientos de diseño del MRAC para sistemas de segundo orden.	Identifica con claridad los procedimientos de diseño del MRAC a sistemas de segundo orden.	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
10	<ol style="list-style-type: none"> <li>Resolución de problemas.</li> </ol>	Practica la solución de problemas sobre diseño MRAC.	Valora la potencia del método del MRAC a sistemas reales.	Resuelve con criterio problemas de diseño de sistemas de control.	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)

**UNIDAD III: LINEALIZACIÓN POR REALIMENTACIÓN PARA SISTEMAS SISO**

Duración: 7 semanas: 11va., 12va., 13va, 14va y 15va, 16va y 17va. semanas.

Fecha de Inicio: 16/06/2022 | Fecha de Término: 04/08/2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Capacidades de la Unidad: C1 (de Enseñanza -Aprendizaje): Reconoce los casos de aplicabilidad y los procedimientos de diseño de Controladores No Lineales. C2 (Investigación Formativa): Participa grupalmente en la preparación y exposición de trabajo monográfico.					
Programación de contenidos:					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDO ACTITUDINAL	INDICADORES	TOTAL HORAS
11	1. Introducción a la técnica de Linealización por Realimentación. 2. Aspectos intuitivos. 3. Formas canónicas. 4. <b>Segunda Práctica Calificada</b>	Expone los fundamentos del Control de Linealización por Realimentación en su forma básica.  Resuelve ejemplos básicos de linealización por realimentación.  Encuentra con facilidad modelos en su forma canónica controlable.	Observa con atención los pasos para el proceso de linealización por realimentación o Control por linealización total.	Resuelve ejemplos básicos de linealización total	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
12	1. Linealización entrada-estado. 2. Resolución de problemas. 3. Entrega del Laboratorio 2 grupal.	Aplica procedimientos para obtener la linealización entrada-estado.  Resuelve problemas de linealización entrada-estado.	Comprende con claridad la importancia de aplicar el procedimiento de linealización entrada-estado.	Describe los procedimientos de linealización entrada-estado	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
13	1. Linealización entrada-salida. 2. Linealización exacta de sistemas en la forma canónica controlable. 3. <b>Laboratorio N° 3 Control No Lineal del Sistema Viga-Bola.</b>	Resuelve ejemplos de linealización entrada-salida.  Desarrolla adecuadamente la representación de modelos linealizados en su forma canónica controlable.	Valora la potencia del método de linealización, específicamente al caso de linealización entrada-salida.	Identifica los procedimientos de linealización entrada-salida	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
14	1. Resolución de problemas. 2. Entrega del primer laboratorio grupal.	Practica la solución de problemas sobre linealización por realimentación.  Realiza la entrega del informe final del primer laboratorio.  Resuelve la primera práctica calificada	Comprende la importancia de la resolución de problemas, que permita afianzar la aplicación del método.	Describe los procedimientos de linealización del método, aplicando técnicas de linealización total	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
15	1. Sistemas reducibles a la forma canónica controlable. 2. Condiciones de existencia y transformación a la forma canónica controlable. 3. Resolución de problemas. 4. Entrega del Laboratorio 3 grupal. 5. <b>Exposición Trabajo 2.</b>	Aplica procedimientos para transformar modelos a su forma canónica controlable.  Precisa las condiciones de existencia y transformación a la forma canónica controlable.  Resuelve problemas sencillos y complejos de reducción de modelos a su forma canónica controlable.	Comprende el proceso de linealización total y su representación en su forma canónica controlable.	Describe el proceso de linealización total y su representación en su forma canónica controlable.	5 (3 Teoría y 2 de laboratorio)
16	EXAMEN FINAL: Del 18 al 22 de julio del 2022				



17	EXAMEN SUSTITUTORIO: Del 25 de julio al 01 de agosto del 2022
----	---

## V. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

- Método Expositivo-Interactivo. Disertación docente y participación del estudiante.
- Método de Discusión Guiada. Conducción del grupo para abordar situaciones y llegar a conclusiones.
- Mentoring. Método de Demostración – Ejecución. El docente ejecuta para demostrar cómo y con qué se hace y el estudiante ejecuta, para demostrar lo que aprendió.
- Utilización de simuladores.

De las estrategias didácticas abajo listadas, se implementará la estrategia didáctica del Aprendizaje Colaborativo (F).

- A. [EXPOSICIONES MAGISTRALES](#)
- B. [APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS](#)
- C. [APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS](#)
- D. [ESTUDIO DE CASOS](#)
- E. [APRENDIZAJE INVERTIDO \(aula invertida\)](#)
- F. [APRENDIZAJE COLABORATIVO](#)
- G. [APRENDIZAJE POR DISEÑO E INNOVACIÓN](#)
- H. [MANUAL PLATAFORMA VIRTUAL DE LA UNAC](#)

## VI. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDACTICOS:

- Plataforma virtual
- Computadora o laptop.
- Software de simulación para el desarrollo de las experiencias de laboratorio.
- Materiales: Separatas digitales del curso y libros digitales.

## VII. EVALUACION DEL APRENDIZAJE

La evaluación del alumno se realizará con siguiente fórmula:

$$PF = 0.2 TIF + 0.2 EP + 0.15 PL + 0.15 PP + 0.3 EF$$

PF = Promedio Final  
EP = Examen Parcial  
EF = Examen Final  
ES = Examen Sustitutorio  
TIF = Promedio de trabajos de investigación formativa  
PP = Promedio de prácticas calificadas  
PL = Promedio de Prácticas de Laboratorio



## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Arafet, P. & Dominguez A. (2008). Métodos de identificación dinámicos. 1ª ed. Facultad de Ingeniería Eléctrica Universidad de Oriente – Santiago de Cuba.
2. Astrom, K. J. & Wittermaric B. (1995). Adaptive Control. 2ª ed. New Jersey – United States of America: Addison Wesley.
3. Mourad B. (2019). Nonlinear Control Systems Using MATLAB. CRC Press Taylor & Francis Group.
4. Pérez, J., Campoy, J. & Gaxiola, B. (2010). Control adaptativo implantado en un micro-PLC. Revista Electrónica "Impulso". 6 (80). pp. 48-53.
5. Pérez, J., Pelayo, R. & Manzanarez, F. (2006). Implementación de un controlador adaptativo para un sistema de primer orden con ganancia y polo variantes, basado en DSP. Revista RIEE &C. 7 (48), pp. 17-23.
6. Rojas Moreno, Arturo. (2001). Control Avanzado-Diseño y Aplicaciones en Tiempo Real. 1ª ed. Lima-Perú. Impresión independiente.
7. Slotine, Jean-Jaques. (1991). Applied Nonlinear Control. 1ª ed. New Jersey – United States of America: Prentice Hall.