

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Control</b>
Carrera: <b>Ingeniería Mecatrónica</b>
Clave de la asignatura: <b>MTC-0513</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos <b>4-2-10</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Reynosa, del 6 al 10 de diciembre del 2004.	Representante de las academias de ingeniería Mecatrónica de los Institutos Tecnológicos.	Reunión nacional de evaluación curricular de la carrera de Ingeniería Mecatrónica
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí de enero a abril del 2005	Academias de Ingeniería Mecatrónica	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión nacional de evaluación
Instituto Tecnológico de del Toluca, del 16 al 20 de mayo del 2005	Comité de consolidación de la carrera de Ingeniería Mecatrónica	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería Mecatrónica

### 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

#### a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Dinámica de Sistemas	-Proporciona los conocimientos básicos.	Control Digital	- Controladores
		Seminario de Mecatrónica	- Integración entre diseño-proyecto-manufactura de sistemas de ingeniería

#### b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado

Proporcionar los elementos para realizar el control lineal de sistemas dinámicos, además de desarrollar la habilidad en el uso de herramientas de vanguardia aplicables a la simulación, análisis y diseño de controladores para sistemas dinámicos.

### 4.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

Adquirirá los conocimientos necesarios para analizar, sintonizar y controlar sistemas dinámicos invariantes en el tiempo

### 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a la teoría de control	1.1 Reseña del desarrollo de los sistemas de control 1.2 Definiciones 1.2.1 De sistemas lineal, no lineal, variante e invariante en el tiempo 1.2.2 Elementos que conforman los sistemas de control retroalimentado. <ul style="list-style-type: none"><li>• Lazo abierto</li><li>• Lazo cerrado</li></ul> 1.2.3 Ejemplos de sistemas de control 1.3 Control Clásico vs. Control moderno

## 5.- TEMARIO (Continuación)

Unidad	Temas	Subtemas
2	Análisis de estabilidad	2.1 Criterio de Routh Hurwitz 2.2 Método de lugar geométrico de las raíces 2.3 Criterio de Bode (Margen de ganancia y fase) 2.4 Estabilidad en el espacio de estado: Punto de equilibrio o punto crítico
3	Tipos de sistemas y error de estado estacionario y dinámico	3.1 Tipos de sistemas 3.2 Análisis del error 3.2.1 Coeficientes estáticos de error 3.2.2 Error de estado estacionario 3.2.3 Coeficientes de error dinámico 3.3 Criterios de error 3.3.1 Definición de índices de comportamiento y error de comportamiento 3.3.2 Criterio de error cuadrático integral (CECI) 3.3.3 Criterio de error cuadrático producto integral de tiempo (CECIT) 3.3.4 Criterio de error absoluto integral (CEAI) 3.3.5 Criterio de error absoluto producto integral de tiempo (CEAIT) 3.4 Introducción a la optimización de sistemas
4	Análisis y diseño de controladores en el tiempo	4.1 Definición y características de un controlador. 4.2 Tipos de controladores: P, PI, PD y PID 4.3 Controladores clásicos por retroalimentación 4.3.1 Reglas de Ziegler-Nichols 4.3.2 Aplicación de las reglas de Ziegler-Nichols 4.3.3 Selección y sintonización del controlador 4.4 Método del lugar geométrico de las raíces 4.5 Aplicaciones en la solución de problemas reales

## 5.- TEMARIO (Continuación)

Unidad	Temas	Subtemas
5	Análisis y diseño de compensadores en la frecuencia	5.1 Compensación con Bode 5.1.1 Compensación en adelanto 5.1.2 Compensación en atraso 5.1.3 Compensación en adelanto-atraso 5.2 Aplicaciones en la solución de problemas reales
6	Introducción al diseño de controladores con variables de estado.	6.1 Retroalimentación del vector de estado y asignación de valores propios, ejemplos

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Ecuaciones diferenciales
- Transformada de Laplace
- Modelado y simulación de sistemas dinámicos

## 7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Realizar investigación bibliográfica y de artículos técnicos relacionados con cada uno de los temas.
- Exposición de temas por parte del alumno.
- Visitas industriales
- Realizar simulaciones con software de aplicación: Matlab, Mathematica, Simnon, entre otros.
- Planteamiento de problemas y solución de ejercicios.
- Prácticas de laboratorio.
- Tareas.
- Proyecto final.

## 8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Considerar:
  - Ejercicios y problemas en clase.
  - Exposición de temas por parte de los alumnos con apoyo y asesoría del profesor.
- Evaluar el contenido teórico de cada unidad
- Evaluar trabajos de investigación
- Examen por unidad
- Evaluar las prácticas por unidad, considerando los temas que ésta contiene.
- Evaluar las aplicaciones del contenido de la materia.
- Considerar el proyecto final

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Introducción a la teoría de control

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
El estudiante adquirirá los conocimientos básicos de sistemas de control.	• Investigar en distintas fuentes de información de los antecedentes históricos de los sistemas de control y los conceptos que utilizará en la unidad.	1
		2
	• Exponer temas.	3
	• Reconocer el orden de las ecuaciones diferenciales de sistemas lineales, no lineales, variantes e invariantes en el tiempo	4
		5
	• Identificar sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado en su entorno.	6
	• Establecer las ventajas y desventajas entre el control clásico y moderno.	7

## Unidad 2: Análisis de estabilidad

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Comprenderá los métodos para determinar la estabilidad de los sistemas lineales e invariantes en el tiempo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar en distintas fuentes de información de los criterios de estabilidad.</li> <li>• Establecer el método para el análisis de la estabilidad mediante el criterio de Routh-Hurwitz.</li> <li>• Resolver ejemplos y realizar ejercicios mediante el criterio de Routh-Hurwitz.</li> <li>• Establecer el método para el análisis de la estabilidad mediante técnica del lugar geométrico de las raíces.</li> <li>• Resolver ejemplos y realizar ejercicios mediante técnica del lugar geométrico de las raíces, apoyándose de un software de simulación (Matlab).</li> <li>• Definir margen de ganancia y de fase y su efecto en la estabilidad del sistema.</li> <li>• Analizar ejemplos y realizar ejercicios de la estabilidad de sistemas mediante Bode, apoyándose de un software de simulación (Matlab).</li> <li>• Definir la estabilidad en el espacio de estado, punto de equilibrio o punto crítico.</li> <li>• Determinar la estabilidad de sistemas lineales en el espacio de estado.</li> <li>• Resolver ejemplos y realizar ejercicios para determinar la estabilidad de los sistemas en el espacio de estado.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">6</p> <p style="text-align: center;">7</p>

### Unidad 3: Tipos de sistemas y error de estado estacionario y dinámico

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Conocerá los tipos de sistemas y analizará el error estático y dinámico Además conocerá los criterios de error</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar en distintas fuentes de información sobre los tipos de sistemas, error en estado estacionario y dinámico.</li> <li>• Identificar los tipos de sistemas.</li> <li>• Determinar los coeficientes estáticos de error.</li> <li>• Establecer el error en estado estacionario para cada tipo de sistemas.</li> <li>• Determinar los coeficientes dinámicos de error.</li> <li>• Definir el índice de comportamiento e índice de error de comportamiento.</li> <li>• Establecer los diferentes criterios de error (CECI, CECIT, CEAI, CEAIT).</li> <li>• Aplicar algunos criterios de error en los sistemas.</li> <li>• Definir la optimización de sistemas.</li> <li>• Participar en una plenaria grupal para retroalimentar las experiencias y aclarar dudas.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">6</p> <p style="text-align: center;">7</p>

#### Unidad 4: Análisis y diseño de controladores en el tiempo

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
<p>Aprenderá a sintonizar y diseñar controladores utilizando diferentes métodos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar en distintas fuentes de información sobre los diferentes tipos de controladores y sus características.</li> <li>• Determinar los efectos de los controladores sobre la respuesta de un sistema.</li> <li>• Establecer el método para diseñar controladores por retroalimentación.</li> <li>• Resolver ejemplos y realizar ejercicios de diseño de controladores por retroalimentación.</li> <li>• Establecer el método para sintonizar controladores.</li> <li>• Analizar ejemplos y realizar ejercicios de sintonización de controladores.</li> <li>• Establecer el método para diseñar controladores por el método del lugar geométrico de las raíces.</li> <li>• Aplicar el método para diseñar controladores por el método del lugar geométrico de las raíces en problemas.</li> <li>• Participar en una plenaria grupal para retroalimentar las experiencias y aclarar dudas.</li> </ul>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p>

## Unidad 5: Análisis y diseño de compensadores en la frecuencia

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Comprenderá el efecto de la frecuencia en los sistemas lineales y diseñará compensadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar en distintas fuentes de información sobre los tipos de compensación por el método de Bode.</li> <li>• Establecer el método para la compensación en adelanto y diseñar compensadores apoyándose de un software de simulación (Matlab).</li> <li>• Establecer el método para la compensación en atraso y diseñar compensadores apoyándose de un software de simulación (Matlab)</li> <li>• Establecer el método para la compensación en adelanto-atraso y diseñar compensadores apoyándose de un software de simulación (Matlab)</li> <li>• Determinar los efectos de los compensadores sobre la respuesta de un sistema.</li> <li>• Participar en una plenaria grupal para retroalimentar las experiencias y aclarar dudas.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">6</p> <p style="text-align: center;">7</p>

## Unidad 6: Introducción al diseño de controladores con variables de estado.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Conocerá un método para el diseño de controladores para sistemas físicos de múltiples entradas y múltiples salidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar en distintas fuentes de información sobre la retroalimentación del vector de estados y asignación de valores propios.</li> <li>• Establecer el método para el diseño mediante la retroalimentación del vector de estados y asignación de valores propios.</li> <li>• Examinar un ejemplo.</li> <li>• Participar en una plenaria grupal para retroalimentar las experiencias y aclarar dudas.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">6</p> <p style="text-align: center;">7</p>

## 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Kuo, Benjamín C., *Sistemas de control automático*, 7ª edición, Ed. Prentice Hall, (1996):
2. Ogata, Katsuhiko, *Ingeniería de control moderna*, 3ª edición, Ed. Prentice Hall, (1992):
3. William L. Brogan, *Modern control theory*, 3<sup>th</sup> edition, Ed. Prentice Hall, (1991)
4. Distefano, Stubberud y Williams, *Retroalimentación y sistemas de control*, 2ª edición, Ed. Mc Graw Hill, (1992)
5. Dorf, Richard C., *Sistemas modernos de control*, 2ª edición, Ed. Addison Wesley, (1989)
6. Roca Cusidó, Alfred, *Control de procesos*, Ed. Alfaomega,(1999)
7. Umez\_Eronini E., *Dinámica de sistemas y control*, Ed. International Thomson Editors, (2001)

## 11. PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Análisis de estabilidad de sistemas mediante los criterios de Routh, Lugar de las raíces y Bode.
- Simulación de sistemas de control representados en variables de estado.
- Análisis los errores en estado estacionario en sistemas de cualquier tipo.
- Uso de los controladores P, PI, PD y PID.
- Sintonización de controladores.