

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

<b>ESCUELA: UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS</b> <b>CARRERA: TRONCO COMUN</b> <b>ESPECIALIDAD:</b> <b>COORDINACIÓN: BÁSICAS DE INGENIERÍA</b> <b>DEPARTAMENTO:</b>	<b>ASIGNATURA: CONTROL I (TEORÍA DEL CONTROL)</b> <b>CLAVE: TCCON10420 SEMESTRE: CUARTO.</b> <b>CRÉDITOS: 11 VIGENTE: FEBRERO 1998</b> <b>TIPO DE ASIGNATURA: TEÓRICO-PRÁCTICA</b> <b>MODALIDAD: ESCOLARIZADA</b>	
<p><b>FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA</b></p> <p>La operación automática de procesos es uno de los requerimientos principales de la industria moderna propiciando que la automatización sea de las áreas de más alto desarrollo en el campo de la ingeniería. Por esta razón, es esencial para el estudiante de ingeniería en mecatrónica, biónica y telemática una sólida preparación en el área de la teoría del control.</p> <p>Como asignaturas antecedentes se encuentran las de Matemáticas y como consecuente esta la de Control II y las asignaturas donde se realizan los desarrollos y prototipos de Trabajo Terminal, principalmente para el área de mecatrónica y biónica donde el alumno tiene que aplicar los conceptos generales de la teoría del control.</p> <p style="text-align: center;"><b>OBJETIVO DE LA ASIGNATURA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El alumno analizará y diseñará sistemas de control, utilizando controladores proporcional–integral-derivativo y compensadores, en forma conjunta con las técnicas del lugar de las raíces y respuestas en frecuencia.</li> </ul>		
<b>TIEMPOS SUBTOTALES ASIGNADOS:</b> <b>HRS./SEMESTRE 90 HRS./SEMANA 6</b> <b>HRS./TEORÍA/SEMESTRE 75</b> <b>HRS./PRÁCTICA/SEMESTRE 15</b>	<b>PROGRAMA ELABORADO O ACTUALIZADO POR: ACADEMIA DE BÁSICAS DE INGENIERÍA</b> <b>REVISADO POR: SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA</b> <b>APROBADO POR: H.C.T.C.E./27 DE MAYO/98</b>	<b>AUTORIZADO POR: LA COMISIÓN DE PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO DEL IPN.</b>  <p style="text-align: center;"><b>28 DE JULIO DE 1998</b></p>

No. UNIDAD: **I**NOMBRE: **REVISIÓN HISTÓRICA Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES****OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

- El alumno analizará los sistemas físicos como sistemas de control, identificando los elementos y señales
- El alumno identificará las configuraciones básicas de sistemas de control en sistemas físicos.
- El alumno aplicará en forma cualitativa la metodología de diseño de sistemas de control.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
1.1	<b>Introducción.</b> 1.1.1 Conceptos. 1.1.2 Ejemplos de sistemas de control.	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	1.5	1	1.5	1B, 2B, 3C, 4C y 5B
1.2	<b>Tipos de sistemas de control.</b> 1.2.1 En lazo abierto y en lazo cerrado.	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	1.5		1.5	
1.3	<b>Esquema del sistema de control.</b> 1.3.1 Conceptos de diagramas de bloques. 1.3.2 Diagrama de lazo cerrado.	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.	1.5		1.5	
1.4	1.3.2.1 Definición de señales y elementos en un sistema de control  <b>Metodología de diseño.</b> 1.4.1 ¿Qué es control? 1.4.2 Objetivos básicos de un sistemas de control. 1.4.3 Etapas en el diseño de un sistema de control.	Tareas realizadas por el alumno	1.5		1.5	
		SUBTOTAL	6	1	6	



No. UNIDAD: **III**NOMBRE: **MODELOS FÍSICOS****OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

- El alumno determinará los modelos matemáticos básicos de diferentes tipos de sistemas físicos a partir de leyes físicas y leyes de equilibrio.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
3.1	<b>Introducción.</b>	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	1	1	1	1B, 2B, 3C, 4C y 5B
3.2	<b>Circuitos eléctricos.</b>	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	1		1	
3.2.1	Elementos básicos y sus modelos					
3.2.2	Modelos matemáticos de los sistemas : ecuaciones diferenciales y función de transferencia.	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.	1		1	
3.3	<b>Sistemas mecánicos.</b>	Tareas realizadas por el alumno				
3.3.1	Traslacionales.					
3.3.2	Rotacionales.					
3.4	<b>Sistemas electromecánicos.</b>		1		1	
3.5	<b>Sistemas hidráulicos.</b>		1		1	
3.6	<b>Sistemas de Temperatura.</b>		1		1	
SUBTOTAL			6	1	6	

No. UNIDAD: **IV**NOMBRE: **DIAGRAMAS DE BLOQUES****OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

- El alumno simplificará diagramas de bloques mediante el uso de álgebra de bloques.
- El alumno obtendrá e interpretará diagramas de bloques construidos a partir de sistemas físicos.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
4.1	<b>Introducción.</b>	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	1.5	1	1.5	1B, 2B, 3C, 4C y 5B
4-2	<b>Elementos básicos.</b>	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	1.5		1.5	
4.3	<b>Configuraciones básicas.</b>	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.	1		1	
4.4	<b>Algebra de bloques.</b>	Tareas realizadas por el alumno	1		1	
4.5	<b>Simplificación de diagramas de bloques.</b>		1		1	
4.6	<b>Obtención de diagramas de bloques de sistemas físicos.</b>		2		2	
		SUBSUBTOTAL	8	1	8	

No. UNIDAD: **V**NOMBRE: **ANÁLISIS TEMPORAL****OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

- El alumno identificará la respuesta transitoria y la respuesta en estado estacionario.
- El alumno relacionará los conceptos de polos con los tipos de respuesta y los parámetros de la respuesta temporal.
- El alumno determinará la estabilidad de sistemas lineales.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
5.1	<b>Introducción.</b>	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	1.5	1	1.5	1B, 2B, 3C, 4C y 5B
5.2	<b>Entradas de prueba.</b>	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	1.5		1.5	
5.3	<b>Respuesta transitoria.</b>	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.  Tareas realizadas por el alumno	1		1	
	5.3.1 Polos y clasificación de tipos de respuesta temporal. 5.3.2 Especificación de parámetros de la respuesta temporal.		1		1	
5.4	<b>Respuesta en estado estacionario.</b>					
	5.4.1 Ganancia. 5.4.2 Constantes y errores en estado estacionario.		1		1	
5.5	<b>Indices de desempeño.</b>		2		2	
5.6	<b>Estabilidad.</b>					
	5.6.1 Criterio de Routh-Hurwitz. 5.6.2 Estabilidad relativa.					
		SUBSUBTOTAL	8	1	8	

No. UNIDAD: VI

NOMBRE: RETROALIMENTACION DE SISTEMAS

## OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno aplicará el controlador más adecuado a un sistema.
- El alumno determinará los parámetros  $k_p$ ,  $k_i$ , y  $k_d$  de un controlador proporcional-integral-derivativo usando el método analítico y el método de Ziegler- Nichols.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
6.1	<b>Introducción.</b>	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	2	3	2	1B, 2B, 3C, 4C y 5B
6.2	<b>Efectos de la retroalimentación.</b>	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	2		2	
6.3	<b>Compensación por retroalimentación.</b>	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.	2		2	
	6.3.1 Retroalimentación proporcional (P). 6.3.2 Retroalimentación integral (I). 6.3.3 Retroalimentación derivativa (D). 6.3.4 Controlador PID.	Tareas realizadas por el alumno				
6.4	<b>Sintonización de controladores</b>		2		2	
	6.4.1 Sintonización analítica. 6.4.2 Sintonización por las reglas de Ziegler-Nichols.					
		SUBSUBTOTAL	8	3	8	

No. UNIDAD: VII

NOMBRE: MÉTODOS DEL LUGAR DE LAS RAÍCES

## OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD

- El alumno aplicará el método del lugar de las raíces en el estudio de estabilidad.
- El alumno aplicará el método del lugar de las raíces en el diseño de sistemas de control.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
7.1	<b>Introducción</b>	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	2.5	2	2.5	1B, 2B, 3C
7.2	<b>Concepto del lugar de las raíces.</b> 7.2.1 Métodos del lugar de las raíces.	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	2.5		2.5	
7.3	<b>El lugar de las raíces y el diseño de sistemas.</b> 7.3.1 Compensación por adelanto de fase. 7.3.2 Compensación por atraso de fase.	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.	2.5		2.5	
7.4	<b>Otros usos del lugar de las raíces.</b>	Tareas realizadas por el alumno	2.5		2.5	
SUBSUBTOTAL			10	2	10	

No. UNIDAD: **VIII**NOMBRE: **ANÁLISIS Y DISEÑO EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA****OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

- El alumno obtendrá diagramas de Bode.
- El alumno diseñará sistemas de control utilizando diagramas de Bode.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
8.1	<b>Introducción.</b>	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.	2	2	2	1B, 2B, 3C, 4C y 5B
8.2	<b>Gráficas de Bode.</b> 8.2.1 Ejemplos de gráficas de Bode. 8.2.2 Especificaciones de desempeño en las gráficas de Bode.	Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.	4		4	
8.3	<b>Diseño mediante gráficas de Bode.</b> 8.3.1 Plantas inestables en lazo abierto. 8.3.2 Plantas de fase no mínima. 8.3.3 Sistemas con retardo de transporte.	Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.  Tareas realizadas por el alumno	5		5	
SUBSUBTOTAL			11	2	11	

No. UNIDAD: **IX**NOMBRE: **MÉTODOS DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA****OBJETIVOS PARTICULARES DE LA UNIDAD**

- El alumno analizará la respuesta en frecuencia de sistemas de control.
- El alumno elaborará diagramas de nyquist de sistemas de control y aplicará el criterio de desempeño en la respuesta en frecuencia.
- El alumno relacionará la respuesta en frecuencia con diferentes criterios de diseño.

# DE TEMA	TEMAS	INSTRUMENTACIÓN DIDÁCTICA	H/T	H/P	E.C.	CLAVE B.
9.1	<b>Funciones de respuesta en frecuencia y gráficas polares.</b> 9.1.1 Diagramas de Nyquist. 9.1.2 Criterios de estabilidad de Nyquist. 9.1.3 Estabilidad relativa. 9.1.4 Margen de fase y margen de ganancia. 9.1.5 Respuesta en frecuencia en lazo cerrado. 9.1.6 Criterios de desempeño en la respuesta en frecuencia.	Presentación de los temas por parte del profesor usando pizarrón, proyector de acetatos y rotafolios.  Realización de ejercicios en clase por el profesor con participación de los alumnos.  Realización de prácticas de laboratorio que permite comprobar los conceptos teóricos.  Tareas realizadas por el alumno	12	3	12	1B, 2B, 3B
		SUBSUBTOTAL	12	3	12	

# PRAC.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	RELACIÓN DE U. TEMÁTICAS	HORAS PRAC.	LUGAR DE REALIZACIÓN
1	<b>Herramientas computacionales para el análisis de sistemas de control.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilización del paquete de simulación MATLAB*</li> <li>➤ Funciones de transferencia en lazo abierto y lazo cerrado.</li> <li>➤ Análisis de sistemas por bloques.</li> <li>➤ Análisis transitorio de la función de transferencia.</li> <li>➤ Análisis estacionario.</li> </ul>	I, II, III, IV, V	5	LABORATORIO DE COMPUTACIÓN Y LABORATORIO DE CONTROL
2	<b>Estudio de las acciones básicas de control.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilización de SIMULINK**.</li> <li>➤ Control proporcional (P).</li> <li>➤ Control derivativo (D).</li> <li>➤ Control integral (I).</li> <li>➤ Esquemas de control compuestos (PI, PD, PID).</li> </ul>	VI	3	
3	<b>Análisis de sistemas de control por el método del lugar de las raíces. Utilización de MATLAB.</b>	VII	2	
4	<b>Análisis de sistemas de control por el método de Nyquist y Bode. Utilización de MATLAB.</b>	VIII	2	
5	<b>Control de posición y velocidad de un motor de CD.</b>	IX	1	
6	<b>Control de nivel de un sistema de tanques Interconectados.</b>	X	1	
7	<b>Control de temperatura de un sistema térmico.</b>	XI	1	
<p><b>NOTA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MATLAB. Matrix Laboratory. The Math Work Inc., 1995.</b></li> <li>** <b>SIMULINK. The Math Work Inc., 1995.</b></li> </ul>				

PERIODO	UNIDADES TEMÁTICAS		PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN
1ª	I,II,III y IV		70% EXAMEN ESCRITO + 20% PRACTICAS DE LABORATORIO + 10% TAREAS Y PARTICIPACION EN CLASE.
2ª	V,VI y VII		70% EXAMEN ESCRITO + 20% PRACTICAS DE LABORATORIO + 10% TAREAS Y PARTICIPACION EN CLASE.
3ª	VIII y IX		70% EXAMEN ESCRITO + 20% PRACTICAS DE LABORATORIO + 10% TAREAS Y PARTICIPACION EN CLASE.
CLAVE	B	C	BIBLIOGRAFÍA
1	X		FRANKLIN, G. F., POWELL, J. D. AND EMMAMI-NANÁN A. FEEDBACK, <i>CONTROL OF DINAMIC. SYSTEMS</i> , ED. ADDISON-WESLEY, 1991.
2	X		OGATA, K., <i>INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA</i> , ED. PRENTICE-HALL 1994.
3		X	OGATA. K., <i>DINÁMICA DE SISTEMAS</i> , ED. PRENTICE-HALL, 1987.
4		X	PROAKIS, J.G., MANOLASKIS D.G., <i>TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES: PRINCIPIOS, ALGORITMOS Y APLICACIONES</i> , ED. PRENTICE-HALL, 3ª EDICIÓN, 1998.
5	X		DORF. R. C. <i>SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL TEORÍA Y PRÁCTICA</i> , ED. ADDISON-WESLEY- IBEROAMERICANA 1989.