



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA



PROGRAMA DE ESTUDIOS

Modelado de sistemas dinámicos aplicados

Elaboró:	<u>Ing. José Luis Ávila Gómez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Eduardo Rodríguez Ángeles</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>

**Fecha de
aprobación:**

H. Consejo Académico

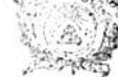
18 de enero de 2021

H. Consejo de Gobierno

20 de enero de 2021



Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

20 ENE 2021

1

CONSEJOS ACADÉMICO Y DE GOBIERNO
DICTAMEN: APROBADO



Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	6
IV. Objetivos de la formación profesional.	8
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	9
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	10
VII. Acervo bibliográfico.	14



I. Datos de identificación.

Espacio académico donde se imparte

Estudios profesionales

Unidad de aprendizaje Clave

Carga académica

<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="7"/>
Horas teóricas	Horas prácticas	Total de horas	Créditos

Carácter Tipo Periodo escolar

Área curricular Núcleo de formación

Seriación

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta





II. Presentación del programa de estudios.

Es importante mencionar que el Ingeniero en Electrónica tiene las competencias necesarias para desarrollarse en distintas áreas del sector productivo, pero por la zona geográfica donde está situada la Facultad de Ingeniería de la UAEM regularmente la mayoría de los egresados buscan desarrollarse en el sector industrial, el cual a su vez solicita ingenieros que además del dominio en su área de la ingeniería, tengan las competencias suficientes en otras áreas afines a su especialidad, esto significa que en la actualidad el sector productivo requiere ingenieros competentes y con una preparación académica diversificada.

Siendo más puntuales cuando se menciona el sector industrial de la transformación es inevitable mencionar términos como procesos y automatización, los cuales implican diversas áreas de la ingeniería tales como: mecánica, neumática, hidráulica, computación, robótica y por supuesto electrónica, por lo tanto se puede observar con esto que el Ingeniero en Electrónica también tiene que diversificar sus conocimientos y prepararse para ser un ingeniero más completo y así poderse integrar al sector productivo de una manera más contundente.

La Unidad de Aprendizaje Modelado de sistemas dinámicos aplicados consta de cuatro unidades temáticas, la primera está enfocada a los sistemas eléctricos y mecánicos, la segunda corresponde a algunos de los sistemas más importantes que se presentan en procesos industriales, tales como sistemas hidráulicos, sistemas neumáticos, sistemas térmicos y sistemas de nivel de líquido, y la tercera y cuarta unidades corresponden a una introducción a los sistemas robóticos desarrollando la cinemática y la dinámica de manipuladores, respectivamente. En todos los temas primero se da a conocer los fundamentos teóricos de los sistemas en cuestión, para posteriormente analizar y determinar los modelos matemáticos correspondientes a esos sistemas, siempre considerando, en la medida de lo posible, sistemas físicos que por lo regular un ingeniero se encuentra en su campo laboral.

Es importante resaltar que las dos últimas unidades temáticas tienen que ver, sobre todo, con el cada vez mayor incremento de los procesos automatizados, los cuales tienden a utilizar con mayor cantidad mecanismos robotizados, debido a esto, es de vital importancia que el egresado de Ingeniería en Electrónica adquiera los conocimientos básicos sobre la arquitectura, elementos (actuadores), funcionamiento: grados de libertad, estructura, cinemática y su respectivo análisis matemático correspondiente a transformaciones con matrices y los análisis de posición, localización y orientación de cuerpos rígidos.

La Unidad de Aprendizaje Modelado de sistemas dinámicos aplicados es parte fundamental en la formación del Ingeniero en Electrónica, debido a que aporta los elementos para analizar y modelar un sistema dinámico en una forma lógica y correcta, y aplicar principios básicos bien conocidos en su planteamiento, con el propósito de sentar las bases para que en el ámbito profesional sea capaz de analizar, diseñar, controlar e implementar sistemas dinámicos.



Por otra parte, es importante mencionar que esta Unidad de Aprendizaje además de apoyar en la preparación integral del alumno de Ingeniería en Electrónica, también será una plataforma o un antecedente de conocimientos para Unidades de Aprendizaje futuras, como lo son Control analógico y digital I, Control analógico y digital II, Control de procesos industriales, Control avanzado, y Robótica, entre otros.

Con respecto a las actividades del docente, aparte de realizar la planeación del curso, debe de impartir el aspecto teórico del curso, pero también proporcionar problemas o ejemplos lo más apegados a la realidad, de tal manera que el discente pueda observar el contexto donde los conocimientos adquiridos en esta Unidad de Aprendizaje tienen aplicaciones reales, sobre todo en procesos industriales. Por otra parte, el docente debe utilizar herramientas tales como software especializado, se sugiere usar MatLab, FluidSim y SolidWorks, debido a que en el toolbox Simscape Multibody de MatLab-Simulink, se pueden hacer los diseños de cuerpos rígidos simples y darles sus propiedades mecánicas, así como otorgar las restricciones a los ensamblajes entre ellos, y cuando se requieren cuerpos rígidos más detallados, es posible importar su diseño desde SolidWorks a Simscape. Con esto es posible reforzar los conocimientos adquiridos por los discentes tanto en el aspecto analítico como para equilibrar con el aspecto práctico.

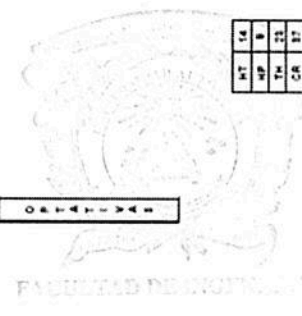
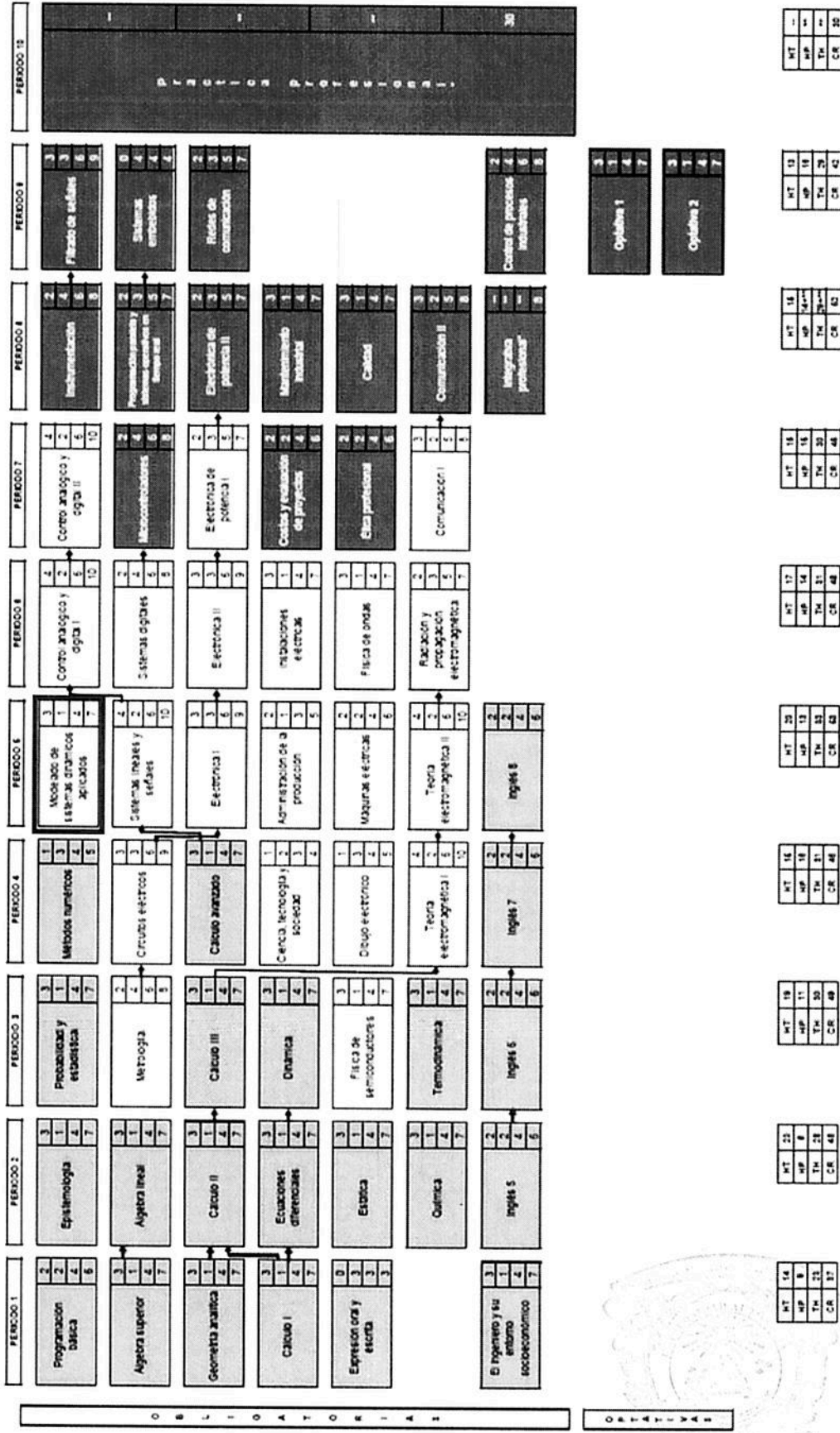
En lo que corresponde al discente, éste debe de tener la capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organización y planificación, ser competente en el manejo de computadora, instrumentos electrónicos de medición tales como osciloscopio, multímetro, generadores de señales, fuentes de alimentación, etc., ser competente en la búsqueda y análisis de información y, finalmente, tener la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos.





III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, 2019





Proyecto curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica
Reestructuración, 2019
Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales



DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
								Electrónica I 3 3 4 4 7	
								Ingeniería de audio 3 3 4 4 7	
								Robótica 3 3 4 4 7	
								Electrónica de potencia y sistemas electrónicos 3 3 4 4 7	
								Electrónica de las comunicaciones de transporte 3 3 4 4 7	
								Telefónica 3 3 4 4 7	
								Control avanzado 3 3 4 4 7	

EMBOLOONA

47 HORAS TEÓRICAS	54
47 HORAS PRÁCTICAS	31
34 HORAS DE HORAS	87
02 CREDITOS	143

→ 14 HORAS DE LABORATORIO
CREDITOS VARIOS (2) ; MATERIAS (6) POR AMBITO ESCOLAR
ACTIVIDADES ACADÉMICAS
LAS HORAS DE LAS ACTIVIDADES ACADÉMICAS
LAS HORAS DE LOS MATERIALES CURSOS ; ACTIVIDADES DE LOS ALUMNOS

Módulo básico obligatorio	18
Módulo sustantivo obligatorio	28
Módulo optativo obligatorio	18
Módulo optativo	19

PARAMÉTRICOS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Módulo básico obligatorio CURSOS Y ACTIVIDADES 22 UA	54	31	87	143	TODOS DE NÚCLEO BÁSICO OBLIGATORIO 22 UA CON CARRI 143 CREDITOS
Módulo sustantivo obligatorio CURSOS Y ACTIVIDADES 21 UA	58	47	105	163	TODOS DE NÚCLEO SUSTANTIVO OBLIGATORIO 21 UA CON CARRI 163 CREDITOS
Módulo optativo obligatorio CURSOS Y ACTIVIDADES 18 UA (2)	36	28	64	104	TODOS DE NÚCLEO OPTATIVO OBLIGATORIO 18 UA + 2 OTRAS CARRI 104 CREDITOS
Módulo optativo CURSOS Y ACTIVIDADES 19 UA (2)	36	28	64	104	Módulo optativo obligatorio CURSOS Y ACTIVIDADES 19 UA

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
LA OBLIGATORIO	11 + 2 ACTIVIDADES ACADÉMICAS
LA OPTATIVO	2
LA 3 ACTIVIDADES	11 + 2 ACTIVIDADES ACADÉMICAS
OTROS	202





IV. Objetivos de la formación profesional.

Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica formar profesionales, críticos, creativos, dispuestos a adquirir el espíritu universitario, interesados por resolver problemas técnicos relacionados con el diseño, ensamble, instalación, evaluación, validación y mantenimiento de sistemas electrónicos contemplando aspectos éticos, humanísticos, de inclusión, en armonía con el medio ambiente para contribuir al progreso, económico y cultural del país y satisfacer las necesidades de la sociedad.

Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

Particulares

- Ensamblar sistemas electrónicos analógicos y digitales evaluando el tipo, costo, propósito y características de montaje de componentes utilizando los fundamentos de la teoría de los semiconductores, electrónica y teoría electromagnética para contribuir en diversos ámbitos de la sociedad tales como la salud, la educación, la industria y los servicios.





- Instalar sistemas electrónicos analógicos y digitales ponderando los requerimientos técnicos, de espacio, normativos, de prueba y de seguridad empleando el conocimiento de los estándares nacionales e internacionales para solucionar problemas técnicos en el área de automatización, telecomunicaciones, energía sustentable, sistemas de transporte, bioelectrónica y electrónica entre otras dentro de las organizaciones.
- Evaluar sistemas electrónicos analógicos y digitales caracterizando su funcionamiento a partir de sus parámetros de operación y uso para establecer su óptimo desempeño en su vida útil.
- Organizar inspecciones sobre los sistemas electrónicos analógicos y digitales utilizando técnicas analíticas tales como indicadores estadísticos de fiabilidad y disponibilidad para pronosticar fallas y extender la vida útil de los equipos.

Objetivos del núcleo de formación:

Desarrollará en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprenderá unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

Objetivos del área curricular o disciplinaria:

Formular idealizaciones particularizando las condiciones de operación de sistema a través de expresiones y simplificaciones de los modelos matemáticos que caracterizan sistemas propios de la electrónica para desarrollar métodos de solución a problemas de instrumentación, suministro de energía, pre-amplificadores de pequeña señal, máquinas de estado, generadores de señal y de fuerza motriz.

V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Analizar el modelo cinemático y dinámico de elementos de máquina aplicando los fundamentos de Mecánica clásica y métodos para el cálculo de la cinemática con ayuda de herramientas CAD para resolver los problemas relacionados con los acoplamientos entre sistemas mecánicos y eléctricos en las áreas de transferencia de energía, control de procesos industriales, mantenimiento y robótica.





VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

Unidad temática 1. Modelado matemático de sistemas físicos eléctricos y mecánicos.

Objetivo: Formular modelos matemáticos de sistemas eléctricos y mecánicos mediante la aplicación de las leyes físicas que los gobiernan para la formación de las bases necesarias en análisis, diseño y control de sistemas electromecánicos.

Temas:

- 1.1 Definición, modelado matemático, validación del modelo matemático y propiedades de linealidad e invarianza en el tiempo de sistemas dinámicos.
- 1.2 Modelado de sistemas eléctricos.
 - 1.2.1 Circuitos RLC en serie.
 - 1.2.2 Circuitos RLC en paralelo.
 - 1.2.3 Circuitos RLC mixtos.
- 1.3 Modelado de sistemas mecánicos.
 - 1.3.1 Sistemas mecánicos traslacionales.
 - 1.3.2 Sistemas mecánicos rotatorios.
 - 1.3.3 Sistemas mecánicos rotatorios con levas.
 - 1.3.4 Sistemas mecánicos rotatorios con engranes.
 - 1.3.5 Sistemas mecánicos rotatorios con poleas.
 - 1.3.6 Sistemas mecánicos con transmisiones.
- 1.4 Modelado de sistemas electromecánicos.
 - 1.4.1 Acoplamientos con sistemas electromecánicos.
 - 1.4.2 Sistemas electromecánicos con reductores y multiplicadores de velocidad.
- 1.5 Simulación de sistemas eléctricos y mecánicos con software especializado.





Unidad temática 2. Modelado matemático de sistemas físicos de procesos industriales.

Objetivo: Formular modelos matemáticos de sistemas de procesos industriales, como son hidráulicos, neumáticos, térmicos y de nivel de líquido, mediante la aplicación de las leyes físicas que los gobiernan para la formación de las bases necesarias en análisis, diseño y control de sistemas de procesos industriales.

Temas:

2.1 Modelado de sistemas hidráulicos.

2.1.1 Fundamentos teóricos: principio de Pascal, variables hidráulicas (caudal, presión, nivel, resistencia hidráulica y capacitancia hidráulica) y elementos hidráulicos (tanques, ductos y sus ecuaciones fundamentales).

2.1.2 Representación matemática de sistemas hidráulicos.

2.1.3 Representación matemática de sistemas de nivel de líquido.

2.2 Modelado de sistemas neumáticos.

2.2.1 Fundamentos teóricos: ley de Boyle-Mariotte, variables neumáticas (flujo másico, presión neumática, resistencia neumática y capacitancia neumática) y elementos neumáticos (tanques, ductos y sus ecuaciones fundamentales).

2.2.2 Representación matemática de sistemas neumáticos.

2.3 Modelado de sistemas térmicos.

2.3.1 Fundamentos teóricos: ecuaciones de transferencia de calor por conducción, convección y radiación, y variables térmicas (resistencia térmica y capacitancia térmica).

2.3.2 Representación matemática de sistemas térmicos.

2.4 Simulación de sistemas hidráulicos, neumáticos y térmicos con software especializado.



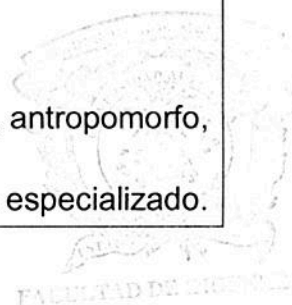


Unidad temática 3. Modelado cinemático de manipuladores.

Objetivo: Formular modelos cinemáticos del movimiento de cadenas cinemáticas abiertas mediante algoritmos y métodos del álgebra lineal para la formación de las bases necesarias en análisis, diseño y control de robots industriales.

Temas:

- 3.1 Matrices de rotación.
 - 3.1.1 Matrices de rotación básica.
 - 3.1.2 Composición de rotación.
 - 3.1.3 Rotaciones respecto a ejes absolutos.
- 3.2 Parametrización de matrices de rotación.
 - 3.2.1 Representación Roll Pitch Yaw.
 - 3.2.2 Ángulos de Euler.
 - 3.2.3 Representaciones eje arbitrario.
 - 3.2.4 Cuaterniones.
- 3.3 Transformaciones homogéneas.
 - 3.3.1 Operadores de traslación sin rotación.
 - 3.3.2 Operadores de traslación con rotación.
 - 3.3.3 Interpretación de matrices homogéneas.
 - 3.3.4 Composición de matrices homogéneas.
- 3.4 Convención Denavit Hartenberg.
 - 3.4.1 Asignación de sistemas coordenados a los eslabones.
 - 3.4.2 Obtención de parámetros Denavit Hartenberg.
 - 3.4.3 Cálculos de matrices de transformación homogénea.
- 3.5 Cálculo del Jacobiano.
 - 3.5.1 Matrices antisimétricas.
 - 3.5.2 Derivada de una matriz de rotación.
 - 3.5.3 Teorema de Euler.
 - 3.5.4 Cálculo de velocidad lineal y angular.
 - 3.5.5 Singularidades.
 - 3.5.6 Método directo para el cálculo del Jacobiano.
- 3.6 Casos prácticos.
 - 3.6.1 Cadenas cinemáticas de 2 grados de libertad.
 - 3.6.2 Cadenas cinemáticas de 3 grados de libertad: SCARA, antropomorfo, esférico, muñeca.
- 3.7 Simulación de la cinemática de manipuladores con software especializado.





Unidad temática 4. Modelado dinámico de manipuladores.

Objetivo: Formular modelos dinámicos de la interacción de cadenas cinemáticas de cuerpos rígidos con fuerzas internas y externas al sistema, mediante transformaciones matemáticas para la formación de las bases necesarias en análisis, diseño y control de robots industriales.

Temas:

- 4.1 Distribución de masa.
- 4.2 Ecuaciones de Newton Euler.
 - 4.2.1 Aceleración lineal y angular.
 - 4.2.2 Cálculo de fuerzas y pares.
- 4.3 Ecuaciones de Euler Lagrange.
- 4.4 Modelo dinámico.
 - 4.4.1 Efecto inercial.
 - 4.4.2 Fuerzas centrípetas y de Coriolis.
 - 4.4.3 Par gravitacional.
 - 4.4.4 Fricción.
 - 4.4.5 Modelo de energía.
 - 4.4.6 Modelo de potencia.
- 4.5 Casos prácticos.
 - 4.5.1 Sistema masa resorte amortiguador.
 - 4.5.2 Péndulo.
 - 4.5.3 Cadena cinemática de 2 grados de libertad.
 - 4.5.4 Cadena cinemática de 3 grados de libertad.
- 4.6 Simulación de la dinámica de manipuladores con software especializado.





VII. Acervo bibliográfico

Básico:

- Bolton, W. (2006). *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. 3a edición, México: Alfaomega,
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. 5a edición, Madrid: Pearson Educación.
- Ogata, K. (2004). *System Dynamics*. 4th edition, New Jersey: Pearson Education.
- Saha, S.K. (2010). *Introducción a la robótica*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Spong, M.W., Hutchinson, S., Vidyasagar, M. (2006). *Robot Modeling and Control*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Craig, J.J. (2006). *Robótica*. 3a edición, México: Pearson Educación.

Literatura en inglés:

- Cellier, F.E. (1991). *Continuous System Modeling*. New York: Springer-Verlag.
- Karnopp, D.C., Margolis, D.L., Rosenberg, R.C. (2005). *System Dynamics: Modeling and Simulation of Mechatronic Systems*. 4th editon, New Jersey: John Wiley and Sons.
- Lung-Wen Tsai (1999). *Robot Analysis: The Mechanics of Serial and Paralell Manipulators*. New York: John Wiley and Sons.

Complementario:

- Bolton, W. (2001). *Ingeniería de control*. 2a edición, México: Alfaomega.
- Chiang S., L.E. (1999). *Análisis dinámico de sistemas mecánicos*. 2a edición, México: Alfaomega.
- Hernández Gaviño, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control*. México: Prentice Hall.
- Iñigo Madrigal, R., Vidal Idiarte, E. (2004). *Robots industriales manipuladores*. México: Alfaomega.
- Kuo, B.C. (1996). *Sistemas de control automático*. 7a edición, México: Prentice Hall.
- Navarro Viadana, R. M. (2004). *Ingeniería de control analógica y digital*. México: McGraw-Hill.
- Nise, N.S. (2002). *Sistemas de control para ingeniería*. 3a edición, México: CECSA.
- Umez-Eronini E. (2001). *Dinámica de sistemas y control*. México: Thomson Learning.

