

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	Control II
Carrera :	Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Clave de la asignatura :	AEF-1010
SATCA ¹	3-2-5

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del egresado de ingeniería las competencias que le permiten comprender y aplicar la teoría del control clásico en la modelación, análisis y síntesis de sistemas automáticos de control de uso industrial, comercial y de servicios, asociado con sistemas que involucran señales físicas de variables analógicas.

La asignatura es soporte de materias de aplicación como lo son instrumentación industrial, controladores lógicos programables, control de máquinas y análisis de sistemas de potencia (desde el punto de vista del control de los sistemas eléctricos de potencia), se presenta a la mitad de la carrera y después de haber cursado las asignaturas de matemáticas.

El temario que la compone surge como resultado de las necesidades, que en materia de control, son necesarias para su implementación en las tecnologías que se utilizan en el campo profesional, y con base en la experiencia de los profesores de estas áreas.

Intención didáctica.

El temario propuesto está compuesto por cinco unidades que están distribuidas de la siguiente manera:

En la primera unidad se presentan los conceptos que dan fundamento al estudio del control automático, cuya comprensión es fundamental para el desarrollo de la asignatura. Se expone además la forma de representarlos a través de la simbología adecuada y se presenta la manera de sintetizar una aplicación compleja a través de su función de transferencia.

En la segunda unidad se exponen las leyes físicas que permiten al estudiante ser competente para la modelación matemática de sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, térmicos, hidráulicos y neumáticos, los cuales habrán de ser presentados mediante el concepto de función de transferencia. La modelación matemática de los sistemas físicos se realiza empleando la transformada de Laplace.

La tercera unidad presenta la forma de determinar la respuesta ante una entrada estándar de los sistemas de control de acuerdo a la clasificación del orden del sistema representado. Los sistemas de control se clasifican en función del orden del denominador de la función de transferencia y posteriormente se analiza el tipo de respuesta que se espera obtener de cada uno de ellos. Esta información es importante dado que se comprende el desarrollo de la respuesta de estos sistemas y en una aplicación, a partir de esta información se puede proponer una función de transferencia que represente al sistema estudiado, aún y cuando

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

no se tenga información suficiente del mismo. En esta unidad se incluye el análisis de error como una característica inherente a la respuesta en el tiempo y ligada con el tipo de sistema. Este concepto es de principal importancia para el diseño de los controladores que habrán de utilizarse en una aplicación dada.

En la cuarta unidad se hace referencia a los métodos utilizados para probar la estabilidad de los sistemas de control ante entradas estándar, a partir de su representación mediante la función de transferencia. Se presentan los criterios de estabilidad de Routh-Hurwitz, y del lugar geométrico de las raíces que permiten que el estudiante comprenda que un sistema puede salirse de control, por lo que es necesario incluir un controlador de los analizados en la unidad anterior. Además se comprende el concepto de polos dominantes de lazo cerrado y se observa como la modificación de los mismos mejoran el desenvolvimiento de la respuesta del sistema.

En la quinta unidad se comprende el funcionamiento de los controladores de aplicación industrial y se presenta la forma de modificar la respuesta de los sistemas de control cuando se inserta un controlador en el camino directo del sistema retroalimentado. Se expone las formas de respuesta de los controladores de utilización más comunes en la industria como son el on – off, y se utiliza el Lugar Geométrico de las Raíces para sintonizar los controladores de adelanto, atraso, adelanto/atraso y las variantes del controlador PID. Aquí se verifica y asimila la modificación que le provoca al sistema la introducción de un compensador, con el propósito de que el estudiante adquiera la capacidad de sintonizar estos tipos de controladores en una aplicación dada.

Es muy importante que los temas aquí tratados se aborden a partir de aplicaciones de uso cotidiano, que permitan al estudiante reflexionar acerca del conocimiento que tenga de estas aplicaciones y de cómo se relacionan con los conceptos presentados.

La parte práctica se desarrolla de manera que el estudiante aplique los conocimientos teóricos de la materia en situaciones de la vida cotidiana de manera que se familiarice con elementos del control que se verán integrados en clases posteriores. Por ello es importante partir de situaciones cotidianas para que sean de fácil comprensión. Hay que formar grupos de trabajo invitando a los participantes a la reflexión continua entre los conceptos y la práctica desarrollada. Haciendo análisis y síntesis entre los hallazgos encontrados en el desarrollo de los ejercicios. Es importante partir de la teoría a la práctica y volver a la teoría para promover el aprendizaje significativo de los estudiantes.

Las actividades de aprendizaje permiten al docente planear el desarrollo del curso y de acuerdo a los avances, realizar cambios para una mayor comprensión práctica de los conceptos. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos a su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p>Competencias específicas:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Interpretar y aplicar los conceptos básicos de control clásico para el análisis y modelado de sistemas físicos.	<p>Competencias genéricas:</p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de análisis y síntesis• Capacidad de organizar y planificar• Conocimientos básicos de la carrera• Comunicación oral y escrita• Habilidades básicas de manejo de la computadora• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas• Solución de problemas• Toma de decisiones. <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica• Trabajo en equipo• Habilidades interpersonales. <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica• Habilidades de investigación• Capacidad de aprender• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)• Habilidad para trabajar en forma autónoma• Búsqueda del logro.	
---	--	--

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Coahuila, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Superior de Valle de Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Eléctrica de los Institutos Tecnológicos: Chetumal, La Laguna y Saltillo.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Coahuila, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Mexicali, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Superior de Valle de Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Instituto Tecnológico de Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Superior de Cajeme, Celaya, Superior de Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Cosamaloapan, Cuautla, Culiacán, Durango, Superior de Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Superior de Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Superior de Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Superior del Sur de Guanajuato, Superior de Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Superior de Xalapa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Electrónica de los Institutos Tecnológicos: Superior de Ecatepec, Apizaco, Superior de Irapuato, Minatitlán, Chihuahua, Ciudad Juárez y Tijuana.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Electrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Superior de Cajeme, Celaya, Superior de Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Cosamaloapan, Cautla, Durango, Superior de Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Superior de Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Superior de Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Superior del Sur de Guanajuato, Superior de Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Superior de Xalapa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electrónica.
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Acapulco, Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Apizaco, Boca del Río, Ciudad Cuauhtémoc, Ciudad Juárez, Ciudad Madero, Ciudad Victoria, Celaya, Chetumal, Chihuahua, Chilpancingo, Superior de Coatzacoalcos, Colima, Cautla, Durango, Superior de El Dorado, El Llano de Aguascalientes, Huejutla, Huatabampo, Superior de Huixquilucan, Iguala, Superior de Irapuato, La Laguna, La Paz, León, Linares, Superior de Macuspana, Matamoros, Mazatlán, Mérida, Mexicali, Nuevo Laredo, Superior del Oriente del Estado de Hidalgo, Orizaba, Pachuca, Superior de Pátzcuaro, Superior de Poza	Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
	Rica, Superior de Progreso, Puebla, Superior de Puerto Vallarta, Querétaro, Reynosa, Roque, Salina Cruz, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tacámbaro, Superior de Tamazula de Gordiano, Tehuacán, Tijuana Tlaxiaco, Toluca, Torreón, Tuxtepec, Superior de Venustiano Carranza, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas, Superior de Zongólica.	
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, del 15 al 18 de Junio de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Durango, Apizaco, Aguascalientes y Veracruz.	Elaboración del programa de estudio equivalente en la Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.

5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Analizar y diseñar sistemas de control utilizando los métodos de respuesta a la frecuencia para el diseño de controladores, así como el uso de la teoría de control moderno para el control de sistemas automáticos.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Comprender y utilizar los conceptos básicos de control clásico para el análisis y modelado de sistemas físicos.
- Conocer, comprender y aplicar los conceptos y leyes fundamentales que se emplean en el análisis en estado permanente de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna, con apoyo de herramientas de análisis y simulación.
- Utilizar software de simulación (Matlab y CC).

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Respuesta a la Frecuencia	<ol style="list-style-type: none">1.1. Introducción a la respuesta a la frecuencia.1.2. Uso de los fasores para determinar la respuesta a una frecuencia de un sistema.1.3. Gráficas rectangulares y polares.1.4. Respuesta a la frecuencia a partir de polos y ceros.1.5. Gráfica logarítmica de Bode.1.6. Margen de fase y margen de ganancia.1.7. Estabilidad utilizando el criterio de Nyquist.
2.	Compensación	<ol style="list-style-type: none">2.1. Introducción a la compensación de sistemas automáticos de control.2.2. Compensadores en adelanto de fase usando el método de lugar geométrico de las raíces.2.3. Compensadores en adelanto de fase usando el método de respuesta a la frecuencia.2.4. Compensadores en atraso de fase usando el método de lugar geométrico de las raíces.2.5. Compensadores en atraso de fase usando el método de respuesta a la frecuencia.2.6. Compensadores en atraso - adelanto usando el método de lugar geométrico de las raíces.2.7. Compensadores en atraso - adelanto usando el método de respuesta a la

		frecuencia.
3.	El método de espacio de estado	<p>3.1. Definición de conceptos.</p> <p>3.2. Representación de sistemas físicos mediante variables de estado.</p> <p>3.3. Relación entre la función de transferencia y el modelo de estado.</p> <p>3.4. Transformaciones de semejanza.</p> <p>3.5. Solución de la ecuación de estado lineal e invariante en el tiempo.</p> <p>3.6. Compensación.</p> <p>3.7. Estabilidad, controlabilidad y observabilidad</p>

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El docente debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos.

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar el uso de las tecnologías en el desarrollo de los contenidos de la asignatura.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Propiciar en el estudiante el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis y de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería bajo las premisas de la sustentabilidad.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con otras del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Reportes escritos de las prácticas desarrolladas, con base al formato establecido.
- Reporte escrito de las investigaciones documentales solicitadas.
- Resolución de problemas solicitados (tareas)
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Manejo de un programa de simulación como puede ser Matlab o CC.
- Reporte de simulaciones y conclusiones obtenidas en éstas.
- Desarrollar ensayos
- Participación en clase
- Utilización de rúbricas
- Integrar el portafolio de evidencias
- Buscar y seleccionar reportes de respuesta a la frecuencia de dispositivos eléctricos, electrónicos, mecánicos, etc., en revistas técnicas, folletos, libros, Internet.
- Analizar e interpretar las gráficas de respuesta a la frecuencia presentadas en reportes técnicos.
- Desarrollar un ensayo sobre las diferentes técnicas que se emplean para representar la respuesta a la frecuencia.
- Analizar y resolver problemas en los que aplique las técnicas de respuesta a la frecuencia.
- Desarrollar un ensayo en el que se discuta ventajas e inconvenientes entre el control PID y del de los compensadores.
- Utilizar las técnicas de compensación para diseñar un compensador que satisfaga las condiciones dadas.
- Realizar una mesa de discusión para establecer las diferencias entre el control clásico y el control moderno poniendo énfasis en sus beneficios.
- Buscar y seleccionar información en Internet o revistas especializadas sobre alguna aplicación del control moderno en un sistema de control relacionado con la protección del medio ambiente.
- Analizar y resolver problemas aplicados a sistemas eléctricos o electrónicos en las que se utilicen las técnicas espacio de estado.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Respuesta a la Frecuencia

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Interpretar las gráficas de respuesta a la frecuencia de los diferentes dispositivos o elementos de utilización eléctrica o electrónica.</p> <p>Aplicar los métodos de respuesta a la frecuencia en el análisis de dispositivos de cualquier tipo o a sistemas integrados de control.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar y seleccionar información relacionada con reportes de respuesta a la frecuencia de dispositivos eléctricos, electrónicos, mecánicos, etc., en revistas técnicas, folletos, libros o Internet. • Analizar e interpretar las gráficas de respuesta a la frecuencia presentadas en reportes técnicos. • Investigar acerca de fenómenos físicos en los que se observe los problemas que pueden causar las frecuencias de resonancia, sobre todo en sistemas mecánicos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar como se aprovecha la frecuencia de resonancia en los circuitos eléctricos y electrónicos. • Con base en la búsqueda de información de respuesta a la frecuencia de dispositivos, determinar las frecuencias útiles de los elementos encontrados. • Desarrollar un ensayo sobre las diferentes técnicas que se emplean para representar la respuesta a la frecuencia. • Investigar el teorema de mapeo previo a la aplicación del criterio de Nyquist para estabilidad. • Argumentar cómo llegó Nyquist a establecer su criterio. • Analizar y resolver problemas en los que aplique las técnicas de respuesta a la frecuencia. • Aplicar los métodos de respuesta a la frecuencia para determinar la estabilidad de un sistema representado a partir de su función de transferencia.
--	--

Unidad 2: Compensación

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Utilizar los métodos de lugar geométrico de las raíces y de respuesta a la frecuencia en el diseño de un compensador en cascada aplicado a un sistema de control.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar aplicaciones de los compensadores. • Identificar la relación que existe entre un controlador y un compensador. • Desarrollar un ensayo sobre las ventajas y desventajas entre el control PID y los compensadores. • Identificar los diferentes modelos matemáticos de los compensadores en función de su respuesta a la frecuencia. • Identificar como se relaciona la función de transferencia de un compensador con los elementos físicos que lo integran. • Identificar las limitaciones del modelo físico con respecto al modelo matemático. • Determinar las características de respuesta a la frecuencia de cada uno de los compensadores tratados en esta unidad. • Determinar el ángulo máximo a compensar a partir de la ubicación de los polos y ceros. • Verificar el comportamiento de los compensadores como filtros pasa baja

	<p>frecuencia, pasa alta frecuencia y pasa banda de frecuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar las técnicas de compensación para el diseño de un compensador que satisfaga las condiciones dadas.
--	---

Unidad 3: El método de espacio de estado

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Utilizar la filosofía del espacio de estado en la modelación, solución y compensación de sistemas lineales invariantes en el tiempo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una investigación documental acerca de los conceptos de espacio de estado. • Clasificar las aplicaciones del espacio de estado en sistemas de control. • Modelar sistemas físicos (eléctricos, electrónicos, mecánicos) mediante el concepto de estado. • Establecer la relación entre la representación del método clásico de función de transferencia y el método de espacio de estado. • Aplicar el concepto de eigenvalores y eigenvectores. • Analizar el comportamiento de los sistemas de control al modificar los conceptos anteriores. • Identificar las diferentes formas de representación de sistemas físicos mediante las transformaciones de semejanza o similaridad. • Aplicar los conceptos de observabilidad y controlabilidad a sistemas físicos.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Ogata, Katsuhiko, Ingeniería de control moderna, Cuarta Edición, Ed. Prentice Hall, 2003,
2. Diestefano, Joseph J., Stubberud, Allen R. e Williams, Ivan J., Feedback and Control Systems, 2nd. Edition, Ed. Mc. Graw Hill, 1995.
3. Kuo, Benjamín C., Automatic Control Systems, 9th. Ed. John Wiley & Sons, 2009.
4. Dorf, Richard C., Modern Control systems, 11th. Edition, Ed. Pearson-Prentice Hal, 2008.
5. Umez Eronini, Eronini, Dinámica de sistemas y control, Ed. Thomson Learning, 2001.
6. D'azzo, J. J. y Houpis, C. H., Linear control system analysis & design, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
7. Nise, Norman S., Sistemas de control para ingeniería, Ed CECSA, última edición.
8. Rohrs, Melsa, Schlutz, Sistemas de control lineal, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
9. Karni, Shlomo, Analysis of electrical networks, Ed. John Wiley & Sons, última edición.
10. Bolton, William, Ingeniería de control, Segunda edición, Ed. Alfaomega, 2001.
11. Phillips & Harbor, Feedback control systems, Ed. Prentice Hall, última edición.
12. Etter, Delores M., Solución de problemas de ingeniería con MatLab, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
13. Ogata, Katsuhiko, Problemas de ingeniería de control usando MatLab, Ed. Prentice Hall, última edición.
14. Gomariz, S., Biel, D., et al, Teoría de control, Ed. Alfaomega, última edición.
15. Kailath, Thomas, Linear systems, Ed. Prentice Hall, última edición.
16. Lindner, Douglas, Introducción a las señales y sistemas, Ed. Mc. Graw Hill, última edición.
17. Creus Solé Antonio, Simulación y control de procesos por ordenador, Ed. AlfaOmega, 2^a. Edición, 2007.
18. Hernandez Gaviño, Ricardo, *Introducción a los sistemas de control: conceptos, aplicaciones y simulación con Matlab*, primera edición, Ed. Pearson, México, 2010.
19. Kart J. Aström y Tore Hägglund, *Control PID avanzado*, Ed. Prentice Hall, España, 2009.
20. Lewis, Paul H. y Yang Chang, *Sistemas de control en ingeniería*, Ed. Prentice Hall, 1999.
21. Bolzer, Paolo, *Fundamentos de control automático*, Ed. Mc. Graw Hill, 2009.
22. Smith, Carlos A. y Corripio, Armando B., *Control automático de procesos. Teoría y práctica*, Ed. Limusa.
23. Barrientos, Antonio, Matía, Fernando, Sanz, Ricardo y Gamboa, Ernesto, *Control de sistemas continuos "Problemas resueltos"*, Ed. Mc. Graw Hill.
24. Grantham, Walter J. y Vincent, Thomas L., *Sistemas de control moderno "Análisis y diseño"*, Ed. Limusa.
25. Rodríguez Ávila, Jesús E., *Introducción a la ingeniería de control automático*, última edición, Ed. Mc. Graw Hill.
26. Ogata, Katsuhiko, *Dinámica de sistemas*, última edición, Ed. Prentice Hall.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Determinar y graficar en una escala semilogarítmica, la respuesta a la frecuencia de redes eléctricas RC y RLC, utilizando una red eléctrica, un generador de señales y un osciloscopio.
- Determinar y graficar en una escala semilogarítmica, la respuesta a la frecuencia de un circuito electrónico construido con amplificadores operacionales o con transistores BJT, utilizando un generador de señales y un osciloscopio.

- Verificar los resultados obtenidos en las prácticas anteriores, mediante la modelación y simulación de la red elegida con CC y con MatLab.
- Construir un compensador de atraso, un compensador en adelanto y un compensador en adelanto – atraso, con amplificadores operacionales y determinar su respuesta a la frecuencia identificando el rango de frecuencia en el cual trabaja adecuadamente.
- Modelar matemáticamente los compensadores propuestos en la práctica anterior y verificar sus hallazgos mediante la simulación con CC y con MatLab.
- Implementar una red eléctrica (RLC) o electrónica (con amplificadores operacionales) y observar la respuesta de alguna variable de interés mediante el uso de un osciloscopio ante una entrada conocida.
- Verificar los resultados de la práctica anterior mediante la modelación en el espacio de estado y a través de la simulación en CC y MatLab.