

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Modelado de Sistemas Fisiológicos
Clave de la asignatura:	IBF-1020
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Biomédica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Biomédico la capacidad de modelar sistemas, y diseñar controladores clásicos para la solución de problemas en el área de la biomedicina</p> <p>La importancia de esta asignatura en la retícula de la carrera de Ingeniería Biomédica es la de proporcionar bases sólidas para comprender la metodología utilizada en el desarrollo de sistemas de control automático, brindando una herramienta de gran aplicación en el quehacer profesional de un Ingeniero Biomédico</p>
Intención didáctica
<p>En la primera unidad se abordan los elementos de los sistemas retroalimentados para primeras definiciones buscando una comprensión con su entorno cotidiano y apoyándose con procesos reales o plantas pilotos didácticos.</p> <p>En la segunda unidad se desarrollan los modelos de los sistemas fisiológicos y las analogías entre ellos, aplicando conceptos de la primera unidad. En la tercera unidad se desarrollan controladores aplicados a sistemas fisiológicos. Esto permite dar un cierre a la asignatura con un proyecto final con carácter integrador mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en asignaturas posteriores.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mérida del 29 de septiembre al 1 de octubre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana, Pachuca y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 1 al 3 de diciembre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 26 y 27 de octubre de 2011.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Mérida, Pachuca y San Luis Potosí.	
Instituto Tecnológico de Hermosillo del 26 al 29 de noviembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Hermosillo, Mérida, Orizaba, Purhepecha, Saltillo, Tijuana.	Reunión de Seguimiento Curricular de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Emplea el control clásico y las técnicas de modelizado de sistemas para aplicarlas en procesos fisiológicos

5. Competencias previas

<p>Aplica leyes de Kirchoff, teorema de superposición y la transformada de Laplace. Resuelve ecuaciones diferenciales e integro diferenciales y sistemas de ecuaciones. Aplica técnicas de variable compleja. Utiliza los amplificadores operacionales. Comprende el funcionamiento de los sistemas fisiológicos.</p>

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Sistemas de control retroalimentados	1.1. Elementos de sistemas de control 1.2. Función de transferencia. 1.3. Diagramas de bloques. 1.4. Respuesta de sistemas ante entrada de señales impulso, escalón y rampa unitaria. 1.5. Análisis de error. 1.6. Estabilidad relativa y absoluta. 1.7. Criterios de estabilidad
2	Modelado matemático	2.1. Sistema Cardiovascular 2.2. Sistema endocrino 2.3. Sistema nervioso y sensorial 2.4. Sistema gastrointestinal 2.5. Sistema respiratorio 2.6. Sistema musculoesquelético
3	Controladores	3.1. Tipos de controladores 3.2. Diseño de controladores 3.3. Métodos de ajuste de controladores 3.4. Ejemplos de control aplicados a sistemas fisiológicos.
4	Proyecto final	4.1 Desarrollo de un proyecto final.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Sistemas de control retroalimentados	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Comprender los conceptos básicos de la ingeniería de control, su respuesta temporal y criterios de estabilidad.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las partes que constituyen un sistema de control de lazo cerrado, discutir ejemplos prácticos. • Conocer los conceptos de polos y ceros obtenidos a partir de la definición de Función de Transferencia. • Investigar las reglas de reducción a partir de un conjunto de bloques obtenidos de la modelización de un sistema físico. • Discutir en forma grupal que es una respuesta transitoria y una respuesta en estado estacionario. • Describir que es estabilidad absoluta, estabilidad relativa y error estacionario. • Analizar sistemas de diferentes órdenes y observar su estabilidad. • Discutir en forma grupal cual es la técnica del lugar geométrico de las raíces.
Modelización matemática	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Modelizar sistemas físicos a través de ecuaciones diferenciales y función de transferencia para el análisis de su respuesta.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad crítica y autocrítica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar sistemas fisiológicos para obtener su función de transferencia. • Analizar las analogías entre diferentes sistemas físicos para obtener su función de transferencia.

Diseño de controladores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Diseña controladores para sistemas mediante técnicas de control clásico.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad crítica y autocrítica. • Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir en forma grupal cuales son los diferentes modos de control. • Analizar los controladores aplicables en función de la señal de error. • Analizar sistemas de control utilizando la técnica de pronóstico de estabilidad del lugar geométrico de las raíces. • Sintonizar controladores empleando el método de Ziegler-Nichols. • Resolver ejemplos de control empleando herramientas computacionales aplicados a sistemas fisiológicos.
Proyecto final	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Diseña controladores aplicados a sistemas fisiológicos</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad crítica y autocrítica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener el modelo de un sistema fisiológico a controlar. • Realizar la simulación del sistema modelizado. • Implementar un prototipo de control, realizar mediciones. • Elaborar un reporte técnico.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizar una herramienta de software especializado en soluciones de problemas de control ▪ Obtener el modelo matemático de un sistema fisiológico. ▪ Obtener el diagrama a bloques de un sistema real simple. ▪ Obtención de modelos matemáticos de sistemas físicos con su respuesta a diferentes señales de entrada y su verificación con un simulador. ▪ Desarrollar un sistema de control de posición (Un brazo robot, control de posición de un laser, péndulo y otros) ▪ Análisis de respuesta en el tiempo de un sistema fisiológico: <ul style="list-style-type: none"> ○ Modelo presión-flujo: Dinámica cardiaca y de la circulación; biomecánica del pulmón;

- Modelo de equilibrio: de población o concentración: Reacción enzimática (cinética de Michaelis-Menton); Membrana en reposo y potencial de acción (ecuación de Nerst);
- Modelo de la conducción en cable: conducción eléctrica y propagación de la señal en el sistema nervioso;
- Diseño y construcción de controladores con amplificadores operacionales y obtención de su salida en forma matemática simulada y real;
- Identificar y sintonizar un controlador en forma matemática y simulada aplicado a un sistema fisiológico.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- Evidencias por conocimiento (exámenes exploratorios).
- Evidencias por producto (elaboración de prácticas, prototipos y reportes, entre otros).
- Evidencias por conducta (actitud, disciplina, puntualidad y asistencia, entre otras).
- Evidencias por desempeño (responsabilidad y grado de cumplimiento, entre otros).

11. Fuentes de información

1. Khoo M.C.K. *Physiological Control Systems: Analysis, Simulation, and Estimation*. John Wiley & Sons, 2000.
2. Hoppensteadt F. and Peskin C. *Modeling un simulation in medicine and the life science*, 2da Edición, 2002.
3. Rosembaum D. *Human Motor Control*, 2da Edición, Ed. Elsevier, 2010.
4. Vincent C. Rideout, *Mathematical and Computer Modeling of Physiological Systems*, Prentice-Hall, 1991.
5. Vasilis Z. Marmarelis. *Nonlinear Dynamic Modeling of Physiological Systems*. Wiley-IEEE. 2004
6. F. Golnaragui y B. Kuo, *Automatic Control System*, 9na Edición Ed. Wiley, 2010.
7. Katsuhiko Ogata, *Ingeniería de control moderno*, 5ª Edición, Ed. Prentice Hall 2010
8. J. J. D'azzo y C. H. Houpis, *Feedback control system analysis and synthesis*, Ed. Mc Graw Hill 2003
9. Katsuhiko Ogata, *Dinámica de Sistemas*, Ed. Prentice Hall 2004
10. Richard Dorf, Robert H. Bishop, *sistemas de control moderno*, 10ma Edición Adison Wesley, 2005.
11. Edward A. Bender. *An Introduction to Mathematical Modeling*. Courier Dover Publications. 2000.
12. Webster J. *Medical Instrumentation application and design*, 4ta Edición, Wiley & Sons, 2010.