

| UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO   |  |  |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
|---|--|--|---|--------------|---|------------------|------------------------------|-----------|-------------|--|
| <b>NOMBRE DE LA ENTIDAD:</b>  |  | <b>CAMPUS LEÓN; DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍAS</b> |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| <b>NOMBRE DEL PROGRAMA EDUCATIVO:</b>   |  | <b>Licenciatura en Ingeniería Biomédica</b>            |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| <b>NOMBRE DE LA MATERIA:</b>  |  | Ingeniería de control                                  |   |              |   |                  | <b>CLAVE:</b>                |           | GIIC-06     |  |
| <b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b>  |  | 9 de Mayo de 2011                                      |   |              |   |                  | <b>HORAS/SEMANA/SEMESTRE</b> |           |             |  |
| <b>FECHA DE ACTUALIZACIÓN:</b>  |  |  |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| <b>ELABORÓ:</b>   |  | Dr. Carlos Villaseñor Mora                             |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| <b>PRERREQUISITOS:</b>  |  |  |   |              |   | <b>TEORÍA:</b>   |                              | 2         |             |  |
| <b>CURSADA Y APROBADA:</b>  |  | Ninguno  |   |              |   |                  | <b>PRÁCTICA:</b>             |           | 4           |  |
| <b>CURSADA:</b>   |  | Ninguno  |   |              |   |                  | <b>CRÉDITOS:</b>             |           | 8           |  |
| CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA   |  |  |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| <b>POR EL TIPO DE CONOCIMIENTO:</b>   |  | DISCIPLINARIA  |   | FORMATIVA    | X | METODOLÓGICA     |                              |           |             |  |
| <b>POR LA DIMENSIÓN DEL CONOCIMIENTO:</b>   |  | ÁREA BÁSICA  |   | ÁREA GENERAL | X | ÁREA PROFESIONAL |                              |           |             |  |
| <b>POR LA MODALIDAD DE ABORDAR EL CONOCIMIENTO:</b>   |  | CURSO  | X | TALLER       |   | LABORATORIO      |                              | SEMINARIO |             |  |
| <b>POR EL CARÁCTER DE LA MATERIA:</b>   |  | OBLIGATORIA  | X | RECURSABLE   |   | OPTATIVA         |                              | SELECTIVA | ACREDITABLE |  |
| <b>ES PARTE DE UN TRONCO COMÚN O MATERIAS COMUNES:</b>  |  | SÍ   | X | NO           |   |                  |                              |           |             |  |
| COMPETENCIA (S) GENERAL(ES) DE LA MATERIA:  |  |  |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce los conceptos y principios que rigen a la ingeniería de control.</li> <li>• Analiza, diseña y construye modelos considerando observabilidad y controlabilidad de los sistemas y sí se requiere los retroalimenta.</li> <li>• Comprende y aplica las definiciones y herramientas de la teoría de control aplicando análisis en frecuencia y de espacio de estados en el diseño de sistemas de control.</li> <li>• Analiza, diseña, aplica y verifica los modos de control con retroalimentación y estabilidad en la solución de problemas del área biomédica.</li> </ul> |  |  |   |              |   |                  |                              |           |             |  |
| CONTRIBUCIÓN DE LA MATERIA AL LOGRO DEL PERFIL POR COMPETENCIAS.  |  |  |   |              |   |                  |                              |           |             |  |

La materia de Ingeniería de Control contribuye a las competencias cognitivas, metodológicas, Laborales y Sociales de la siguiente manera:

C3. Demuestra una comprensión de los conceptos básicos y principios fundamentales del área Ingeniería en medicina.

M5. Sintetiza soluciones particulares, extendiéndolas hacia principios, leyes o teorías más generales.

M6. Percibe las analogías entre situaciones aparentemente diferentes, utilizando soluciones conocidas en la resolución de problemas nuevos.

M8. Utilizar y elaborar programas o sistemas de computación para el procesamiento de información, cálculo numérico, simulación de procesos biomédicos y/o control de experimentos.

M9. Diseñar, desarrollar y utilizar tecnología para el procesamiento de información, cálculo numérico, simulación de procesos biomédicos y/o control de experimentos.

M10. Análisis y verificación de tecnología para el procesamiento, adquisición y transmisión de información, cálculo numérico, simulación de procesos biomédicos y/o control de experimentos en el área de la salud.

M11. Demuestra destrezas experimentales y usos de modelos adecuados de trabajo en laboratorio.

LS1. Participar en actividades profesionales relacionadas con tecnologías de alto nivel, sea en el laboratorio o en la industria médica.

LS2. Participa en asesorías y elaboración de propuestas de ciencia y tecnología en temas con impacto económico y social en el ámbito nacional.

LS5. Demuestra disposición para enfrentar nuevos problemas en otros campos, utilizando sus habilidades y conocimientos específicos.

| PRESENTACIÓN DE LA MATERIA |   |
|----------------------------|---|
|                            | <p>El objeto de estudio de esta materia es obtener habilidades para el modelado, diseño, análisis, simulación e implementación de sistemas retroalimentados y de control, considerando un sustento matemático formal de las condiciones de estabilidad, observabilidad, controlabilidad y retroalimentación. El curso se ha dividido en cuatro unidades temáticas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Respuesta en Frecuencia:</b> Realiza, analiza e interpreta gráficas de respuesta en frecuencia; comprende y maneja los criterios de estabilidad y análisis en frecuencia; realiza análisis de frecuencia a sistemas retroalimentados.</li> <li>2. <b>Compensación:</b> Diseña y maneja diferentes tipos de compensadores tanto de adelanto como de atraso de fase y combinados; Diseña compensaciones obteniendo el lugar de las raíces y respuesta en frecuencia; analiza la respuesta dinámica de los sistemas retroalimentados mediante lugar de las raíces y respuesta en frecuencia.</li> <li>3. <b>Método de espacio de estados:</b> Analiza los conceptos, teorías y principios relacionados con los espacios de estado, diseñando y simulando sistemas bajo los criterios de observabilidad, controlabilidad y retroalimentación oportunos.</li> <li>4. <b>Modelado y control de sistemas en variables de estado:</b> Modela y describe las propiedades básicas de los</li> </ol> |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Figura 1:</b> Diagrama a bloques de la red de conocimientos de la materia de Ingeniería de Control.</p>   | <p>dispositivos de control más comunes. Demuestra destrezas experimentales y usos de modelos adecuados de trabajo en laboratorio y la implementación de algunos sistemas.</p> <p>Las unidades temáticas se representan esquemáticamente en el diagrama de bloques de la Figura 1. En este diagrama, involucra arrancar con los conocimientos de análisis de frecuencia, para así tomar los conceptos de compensación y estabilidad que los sistemas retroalimentados requieren, en el mismo nivel se establecen los conceptos de observabilidad y controlabilidad que exige un buen diseño de control. Al final se plantea la puesta en práctica de los conceptos aprendidos considerando la implementación de algunos controles retroalimentados, así, se espera que al finalizar la materia el alumno:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desde un punto de vista teórico, conozca, comprenda y analice modelos matemáticos utilizados para establecer los criterios de controlabilidad y estabilidad de los sistemas físicos.</li> <li>2. Desde un punto de vista experimental, será capaz de comprender, analizar, diseñar y armar circuitos que ejemplifiquen los métodos de controlabilidad de procesos y sistemas.</li> </ol> |
| <p><b>RELACIÓN CON OTRAS MATERIAS DEL PLAN DE ESTUDIOS</b></p>  |   |
| <p>Para facilitar el aprendizaje de esta materia, se recomienda cursar la materia de Ingeniería de Control después de cursar Análisis de Circuitos, Álgebra lineal, Variable Compleja, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Sistemas Lineales. Esta materia proveerá las bases para describir la forma de trabajo y uso de modelos matemáticos para describir, simular y controlar sistemas físicos de forma estable dentro del área médica, así como las bases para la abordar las materias que involucren diseño y aplicación de técnicas de control automático de procesos.</p> |   |

| NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:  | Respuesta en Frecuencia  |   | TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA:   |  | 18 horas (14 teoría y práctica, 4 laboratorio)  |
|--|--|---|--|--|---|
|  | SABERES  |   | EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO  |  |   |
| COMPETENCIAS A DESARROLLAR   | CONOCIMIENTOS  | HABILIDADES   | ACTITUDES  | DIRECTA  | POR PRODUCTO  |
| 1. Realiza, analiza e interpreta gráficas de respuesta en frecuencia.<br>2. Comprende y maneja los criterios de estabilidad y análisis en frecuencia.<br>3. Aplica los conceptos de análisis en frecuencia a sistemas lineales analizados anteriormente en tiempo.<br>4. Realiza análisis de frecuencia a sistemas retroalimentados. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramas de Bode</li> <li>• Criterio de estabilidad de Bode (Margen de Fase y de ganancia)</li> <li>• Diagramas polares y criterios de estabilidad de Nyquist</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar los diagramas y criterios de Bode para valorar la estabilidad de un sistema de control.</li> <li>• Construir e interpretar los diagramas polares y criterios de estabilidad de Nyquist en el control de sistemas lineales.</li> <li>• Comprender conceptos básicos y principios fundamentales de la Ingeniería en el control.</li> <li>• Sintetizar soluciones particulares, extendiéndolas hacia principios, leyes o teorías más generales del control y sistemas lineales.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La valoración de la explicación lógica del medio donde se desenvolverá.</li> <li>• El desarrollo de una perspectiva racional del mundo en que se vive.</li> <li>• La organización de equipos de trabajo.</li> <li>• El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio y análisis.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en clase.</li> <li>• Ejercicios en pizarrón.</li> <li>• Participación grupal en laboratorio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tareas</li> <li>• Examen</li> <li>• Bitácora y reporte de laboratorio</li> </ul> |

| NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO: | Compensación  |                            | TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA: |                    | 20 horas (16 teoría y práctica, 4 laboratorio) |
|---|---------------|----------------------------|--|--------------------|--|
|   | SABERES       |                            | EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO                              |                    |  |
| COMPETENCIAS A DESARROLLAR                    | CONOCIMIENTOS | HABILIDADES                | ACTITUDES  | DIRECTA            | POR PRODUCTO                                   |
|   | • Diseño de   | • Manejar los conceptos de | • La propuesta,                                      | • Participación en | • Tareas                                       |

|   |   |   |   |  |   |
|---|---|---|---|--|---|
| <p>1. Diseña y maneja diferentes tipos de compensadores tanto de adelanto como de atraso de fase.</p> <p>2. Diseña compensaciones obteniendo el lugar de las raíces y respuesta en frecuencia.</p> <p>3. Analiza la respuesta dinámica de los sistemas retroalimentados mediante lugar de las raíces y respuesta en frecuencia.</p> | <p>compensadores de adelanto de fase por medio del lugar de las raíces y respuesta en frecuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de compensadores de atraso de fase por medio del lugar de las raíces y respuesta en frecuencia.</li> <li>• Diseño de compensadores de atraso-adelanto de fase por medio del lugar de las raíces y respuesta en frecuencia.</li> </ul> | <p>lugar de las raíces y respuesta en frecuencia para realizar la compensación de sistemas lineales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Percibe las analogías entre situaciones aparentemente diferentes, utilizando soluciones conocidas en la resolución de problemas nuevos</li> <li>• Utiliza y elabora programas o sistemas embebidos (hardware y software) para el procesamiento de información, cálculo numérico, simulación y/o control de procesos biomédicos, así como diseño y desarrollo de experimentos biomédicos.</li> </ul> | <p>inicio, seguimiento y conclusión de proyectos académicos básicos o aplicados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El desarrollo de una perspectiva racional del mundo en que se vive.</li> <li>• La participación en actividades profesionales relacionadas con tecnologías de alto nivel, sea en el laboratorio o en la industria médica.</li> </ul> | <p>clase.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercicios en pizarrón</li> <li>• Participación grupal en laboratorio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen</li> <li>• Bitácora y reporte de laboratorio</li> </ul> |
|---|---|---|---|--|---|

| NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:   | Método de espacio de estados  |   | TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA:  | 30 horas (10 teoría y práctica, 20 laboratorio)   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| COMPETENCIAS A DESARROLLAR  | SABERES   |   | EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO   |   |   |
|   | CONOCIMIENTOS   | HABILIDADES   | ACTITUDES   | DIRECTA   | POR PRODUCTO  |
| <p>1. Analiza los conceptos, teorías y principios relacionados con los espacios de estado.</p> <p>2. Asocia la teoría y la práctica en la representación de</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecuaciones de estado.</li> <li>• Variables de estado.</li> <li>• Espacio de estado.</li> <li>• Representación de sistemas en forma de variables de estado.</li> <li>• Observabilidad.</li> <li>• Controlabilidad.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las variables de estado de un sistema para su uso en la construcción de las ecuaciones que rigen su comportamiento.</li> <li>• Usar la terminología y estructura propia del método de espacio de estados.</li> <li>• Realizar simulaciones en las que se involucre observabilidad y controlabilidad.</li> <li>4. Diseñar, desarrollar y utilizar tecnología para el procesamiento de información,</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La participación en asesorías y elaboración de propuestas de ciencia y tecnología en temas con impacto económico y social en el</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en clase.</li> <li>• Ejercicios en pizarrón</li> <li>• Participación grupal en laboratorio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tareas</li> <li>• Examen</li> <li>• Bitácora y reporte de laboratorio</li> </ul> |

|   |  |   |  |  |  |
|---|--|---|--|--|--|
| <p>sistemas en forma de ecuaciones de estado.</p> <p>3. Diseña, simula e implementa sistemas bajo los criterios de observabilidad, controlabilidad y retroalimentación oportunos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retroalimentación.</li> <li>• Estabilidad.</li> </ul> | <p>cálculo numérico, simulación de procesos biomédicos y/o control de experimentos.</p> <p>5. Analizar y verificar la tecnología para el procesamiento, adquisición y transmisión de información, cálculo numérico, simulación de procesos biomédicos y/o control de experimentos en el área de la salud.</p> | <p>ámbito nacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La organización de equipos de trabajo.</li> <li>• El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio y análisis.</li> </ul> |  |  |
|---|--|---|--|--|--|

| NOMBRE DE LA UNIDAD TEMÁTICA/BLOQUE TEMÁTICO:   |  | Modelado y control de sistemas en variables de estado  |  | TIEMPO ESTIMADO PARA DESARROLLAR LA UNIDAD TEMÁTICA:  |   | 28 horas (8 teoría y práctica, 20 laboratorio)  |
|---|--|--|--|---|---|---|
| COMPETENCIAS A DESARROLLAR  | SABERES  |  |  | EVIDENCIAS DE DESEMPEÑO   |   |   |
|   | CONOCIMIENTOS  | HABILIDADES  |  | ACTITUDES   | DIRECTA   | POR PRODUCTO  |
| <p>1. Modela y describe las propiedades básicas de los dispositivos de control más comunes.</p> <p>2. Demuestra destrezas experimentales y usos de modelos adecuados de trabajo en laboratorio.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios para seleccionar un controlador.</li> <li>• Modelado de un motor en espacio de estados.</li> <li>• Modelado de la posición de un motor.</li> <li>• Modelado, diseño y elaboración de un control electro-neumatico.</li> <li>• Modelado, diseño y elaboración de un control de velocidad de un motor retroalimentado.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distinguir las propiedades continuas de la transformada de Fourier como son: Linealidad, cambio de escala, desplazamiento, modulación, convolución, multiplicación, correlación rotación, diferenciación e integración.</li> <li>• Aplicar los conceptos y principios relacionados con la transformada de Fourier.</li> <li>• La valoración de la explicación científica de los fenómenos que pueden modelarse mediante la transformada de Fourier.</li> <li>• El desarrollo de una perspectiva racional del mundo en que se vive.</li> <li>• Demuestra disposición para enfrentar nuevos problemas en otros campos, utilizando sus habilidades y conocimientos específicos.</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La valoración de la explicación científica de los fenómenos naturales.</li> <li>• El desarrollo de una perspectiva racional del mundo en que se vive.</li> <li>• La organización de equipos de trabajo.</li> <li>• El fortalecimiento de correctos hábitos de estudio y análisis.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en clase.</li> <li>• Ejercicios en pizarrón</li> <li>• Participación grupal en laboratorio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tareas</li> <li>• Examen</li> <li>• Bitácora y reporte de laboratorio</li> </ul> |

### ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE (Sugeridas)

- Elaboración de una bitácora foliada de prácticas de laboratorio, grupal.
- Realización de propuesta de experimentos, en base al protocolo del laboratorio.
- Elaboración de un cuaderno foliado para tareas, individual.
- Exposición del tema
- Asistencia a seminarios, particularmente de la DCI

### RECURSOS Y MATERIALES DIDÁCTICOS (Sugeridos)

- **Recursos didácticos:** Pizarrón, proyector de acetatos, computadora, cañón, bibliografía, equipo e implementos de laboratorio, red
- **Materiales didácticos:** Acetatos, plumones para acetatos, Bitácora de prácticas, cuaderno de problemas.

### SISTEMA DE EVALUACIÓN

**EVALUACIÓN:** Será continua y permanente y se llevará a cabo en 3 momentos:

**Diagnóstica:** Introducción de conceptos fundamentales para el curso, valoración inicial de estos,

**Formativa:** Participación en clase, tareas, participación grupal en laboratorio.

**Sumaria:** exámenes escritos, entrega de cuaderno de tareas, entrega de bitácora de laboratorio, autoevaluación, co-evaluación.

El ejercicio de autoevaluación y coevaluación tendrá el 5% de la ponderación individual, debido a que su finalidad es para retroalimentar el proceso formativo y ético del alumno.

#### **PONDERACIÓN (SUGERIDA):**

- Entrega de cuaderno de problemas: 30%
- Realización de prácticas de laboratorio : 30%
- Participación individual (examen y clase) 40%

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. Ingeniería de control moderno. Katsuhiko Ogata, Prentice Hall.
2. Sistemas de control automático. Benjamin C. Kuo, Prentice Hall.
3. Dinámica de Sistemas, Katsuhiko Ogata, Prentice Hall
4. Transformadas de Laplace y de Fourier. Sproviero Marcelo, Nueva Librería.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

1. Introducción a la ingeniería de control automático, Jesús E. Rodríguez Ávila. Mc Graw Hill.
2. Retroalimentación y sistemas de control. Joseph J. Distefano, Allen R. Stubberud e Ivan J. Williams, Mc Graw Hill.
3. Control Automático de Procesos. Teoría y práctica, Carlos A. Smith y Armando B. Corripio, Limusa.
4. Series y Transformada de Fourier. Cañada Villar Antonio,

### OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:

Base de datos en Internet: diversas universidades en el mundo tienen páginas electrónicas dedicadas a esta materia.  
Notas de clase, recopilación.