



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

1. DATOS GENERALES DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE (UA) O ASIGNATURA			
Nombre de la Unidad de Aprendizaje (UA) o Asignatura			Clave de la UA
Seminario de Problemas de Control 1			19901
Modalidad de la UA	Tipo de UA	Área de formación	Valor en créditos
Escolarizada	Curso/taller	Básica particular	5
UA de pre-requisito		UA simultaneo	UA posteriores
19900			19902
Horas totales de teoría		Horas totales de práctica	Horas totales del curso
48		32	80
Licenciatura(s) en que se imparte		Módulo al que pertenece	
Ingeniería Robótica		Sistemas de Control	
Departamento		Academia a la que pertenece	
Ciencias Computacionales		Control de Robótica	
Elaboró		Fecha de elaboración o revisión	
Dra. Luz Marina Reyes Barrera		[Día/mes/año]	



<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA UA O ASIGNATURA</b>		
<b>Presentación</b>		
<p>El propósito de la materia es que el estudiante pueda evaluar sistemas físicos en tiempo continuo, de manera que pueda analizar estabilidad, controlabilidad, observabilidad, entre otros, para poder diseñar sistemas con características necesarias de la aplicación. La importancia de esta materia se deriva de la necesidad de crear y/o entender tanto los sistemas de control en la sociedad moderna, así como los sistemas físicos naturales. El estudio de sistemas de control es esencial para estudiantes de ingeniería robótica, ya que en creación de sistemas mecánica, electrónica, robótica, biomédica debido a la necesidad en estas carreras de diseñar y/o fabricar prototipos específicos que realicen tareas</p>		
<b>Relación con el perfil</b>		
<b>Modular</b>	<b>De egreso</b>	
<p>Esta asignatura, pertenece al módulo de "Sistemas de Control". La finalidad de la misma es que el alumno sea capaz de modelar, analizar y diseñar sistemas físicos y de ingeniería en el espacio de estados, apoyándose con software especializado.</p>	<p>La presente unidad de aprendizaje proporciona al estudiante los requisitos teóricos y prácticos necesarios en el modelado, análisis, diseño e implementación de sistemas de control moderno. Este conocimiento, le permitirá como profesional integrarse en actividades de investigación, desarrollo e innovación de procesos industriales automatizados, sistemas robóticos con procesos específicos y tecnología en el campo de la robótica.</p>	
<b>Competencias a desarrollar en la UA o Asignatura</b>		
<b>Transversales</b>	<b>Genéricas</b>	<b>Profesionales</b>



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

<p>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis          Identificar y resolver problemas.          Interpretación de los fenómenos en términos matemáticos.          Comprensión y construcción de procesos.          Capacidad de investigación.          Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.          Capacidad de crítica y autocrítica          Análisis de la realidad          Toma de decisiones          Capacidad de comunicación oral y escrita          Motivar y conducir hacia metas comunes          Trabajo en equipo          Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica          Capacidad de organizar el tiempo          Capacidad de actuar en nuevas situaciones          Capacidad de aprender y actualizarse          Trabajo autónomo          Capacidad creativa          Compromiso ciudadano          Solidaridad</p>	<p>Interpreta fenómenos reales a partir del uso de conceptos y procedimientos matemáticos.          Utiliza el lenguaje formal en el área de Control para interactuar con otros profesionales en la búsqueda de soluciones a problemas de impacto social.          Analiza características dinámicas de sistemas físicos y de ingeniería.          Define estrategias para solución de problemas en sistemas de control.</p>	<p>Analiza matemáticamente interconexiones de sistemas físicos para determinar estrategias de diseño de sistemas de control.          Aplica métodos matemáticos para el diseño controladores que manipulen adecuadamente procesos físicos.</p>
<p>Habilidades interpersonales          Valorar la diversidad</p>		

## Saberes involucrados en la UA o Asignatura

Saber (conocimientos)	Saber hacer (habilidades)	Saber ser (actitudes y valores)
<p>Algebra vectorial-matricial          Representación de sistemas físicos en espacio de estados.          Análisis de sistemas de control en el espacio de estados          Diseño de sistemas de control en espacio de estados</p>	<p>Encuentra las variables de estado y su respectiva representación en espacio de estados de diferentes sistemas físicos.          Representa en el espacio de estados sistemas a partir de su función de transferencia y viceversa.          Encuentra los valores propios para un sistema dinámico.          Encuentra una solución.          Evalúa las propiedades de la solución.          Utiliza software como Matlab.          Evalúa la controlabilidad y observabilidad de los sistemas de control          Diseña en el espacio de estados sistemas de control.</p>	<p>Respeto la opinión de sus compañeros y la del profesor.          Participa activamente tanto en clase como en el trabajo en equipo.          Entrega a tiempo y de manera adecuada los trabajos, tareas y proyectos.          Emplea con propiedad las herramientas computacionales necesarias en el modelado, análisis y diseño de sistemas control.</p>

## Producto Integrador Final de la UA o Asignatura



## UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**Título del Producto:** Diseño y elaboración de un modelo físico controlable y observable.

**Objetivo:** Diseñar y elaborar un prototipo de un modelo eléctrico y/o mecánico funcionando que sea controlable y observable.

**Descripción:** Los alumnos diseñarán y elaborarán un modelo físico y/o eléctrico, observable y controlable. Este modelo debe ir acompañado de un reporte, en el que se presentará el modelo matemático, la representación en espacio de estados del modelo, la solución de cada una de las variables de estado y sus respectivas gráficas en Matlab, así como un análisis de estabilidad, observabilidad y controlabilidad del mismo.

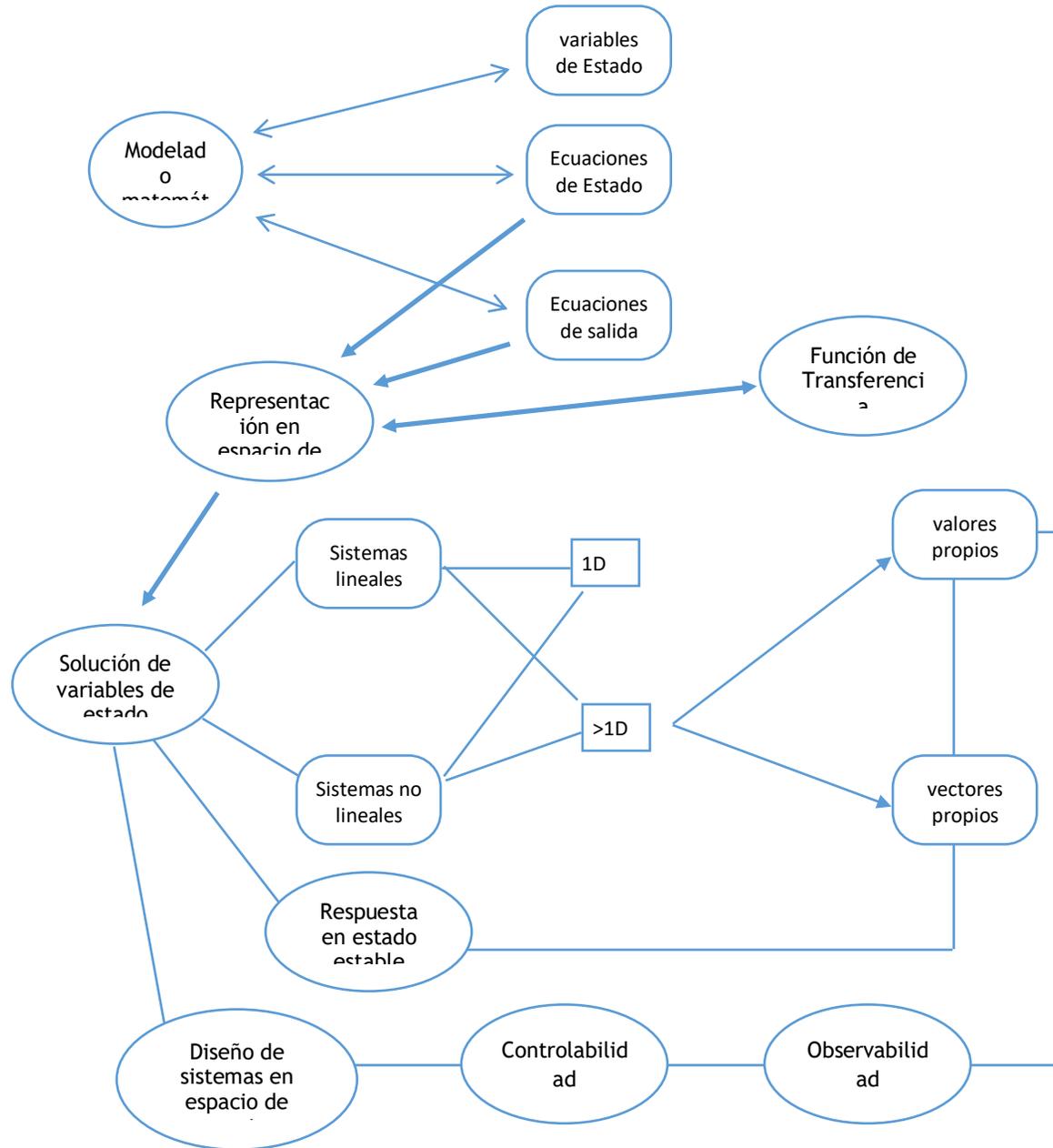
El reporte debe incluir:

- 1.Descripción del proyecto
- 2.Objetivos
- 3.Metodología
- 4.Resultados
- 5.Conclusiones

### 3. ORGANIZADOR GRÁFICO DE LOS CONTENIDOS DE LA UA O ASIGNATURA



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA





**4. SECUENCIA DEL CURSO POR UNIDADES TEMÁTICAS**

**Unidad temática 1: Representación en espacio de estados**

**Objetivo de la unidad temática:** Representar en el espacio de estados sistemas eléctricos y mecánicos.

**Introducción:** En esta unidad se realizará el modelado matemático de los diferentes sistemas físicos, para identificar variables de estado y encontrar las ecuaciones de estado, así como la(s) ecuación(es) de salida, necesarios para llegar a la representación en espacio de estados del sistema.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática
1. Introducción 2. Representación en espacio de estados de sistemas eléctricos. 3. Representación en espacio de estados de sistemas mecánicos traslacionales. 4. Representación en espacio de estados de sistemas mecánicos rotacionales.	1. Modelado dinámico del sistema. 2. Identificación de las variables de estado, de acuerdo al tipo de sistema (eléctrico y/o mecánico). 3. Determinar las ecuaciones de estado. 4. Ecuaciones de salida. 5. Representación en espacio de estados.	Reporte de modelado matemático, ecuaciones de estado, ecuaciones de salida y representación en espacio de estados de sistemas físicos.

Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos materiales y	Tiempo destinado
Rescata los saberes previos de los estudiantes de modelado dinámico de sistemas eléctricos y mecánicos.	Modela matemáticamente sistemas físicos específicos y retroalimenta con el docente y compañeros	Reporte de modelado dinámico de sistemas físicos	Libros de texto, internet	4
Explica las estrategias para identificar las variables de estado del sistema	Encuentra las variables de estado de los sistemas estudiados y elegidos	Apuntes	Libros de texto, internet	2
Explica la manera en que se deben describir las ecuaciones de estado	Encuentra las ecuaciones de estado de los sistemas estudiados y elegidos	Apuntes	Libros de texto, internet	4
Explica la manera en que se deben describir las ecuaciones de salida	Encuentra las ecuaciones de salida de los sistemas estudiados y elegidos	Apuntes	Libros de texto, internet	2
Explica cómo se representa en el espacio de estados los sistemas vistos	Encuentra la representación en espacio de estados de los sistemas estudiados y elegidos	Reporte de representación de espacio de estados de sistemas físicos	Libros de texto, internet, Matlab	4

**Unidad temática 2: Solución y análisis de sistemas de control en el espacio de estados**



**Objetivo de la unidad temática:** Encontrar la solución de sistemas lineales y no lineales y evaluar su estabilidad y respuesta en el estado estacionario.

**Introducción:** En esta unidad se estudiarán sistemas lineales y no lineales y sus subclasificaciones para determinar el método que permite encontrar los valores y vectores propios de cada sistemas y su respectiva solución. Se evaluará la solución del sistema en el estado estacionario para determinar su estabilidad.

Contenido temático		Saberes involucrados		Producto de la unidad temática	
1. Introducción 2. Solución de sistemas lineales diagonalizables (1D, mayor a 1D, casos: homogéneo, no homogéneo,) a. Matriz característica b. Valores y vectores propios c. Solución de las variables de estado d. Estabilidad y Respuesta en estado estacionario 5. Solución de sistemas lineales no diagonalizables. a. Forma canónica de Jordan b. Valores y vectores propios c. Solución de las variables de estado d. Estabilidad y Respuesta en estado estacionario 5. Solución de sistemas no lineales (1D, mayor a 1D) f. Jacobiano del sistema g. Valores y vectores propios h. Solución de las variables de estado i. Estabilidad y Respuesta en estado estacionario		1. Determinar la matriz característica, forma canónica de Jordan o Jacobiano evaluado en el el punto crítico (según el tipo de sistema) 2. Encontrar valores propios y vectores propios del sistema. 3. Encontrar la solución del sistema dinámico para cada variable de estado. 4. Evaluar la estabilidad del sistema con la solución cuando el tiempo tiende a infinito 5. Uso de Matlab para encontrar la solución de sistemas dinámicos y gráfica de soluciones.		Dos exámenes (uno para sistemas lineales y otro para sistemas no lineales) donde encuentran y evalúan la solución de los sistemas, tomando en cuenta lo aprendido en la unidad temática I.	
Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia de la actividad	Recursos materiales y	Tiempo destinado	
Explica las estrategias para tratar sistemas lineales y no lineales y hallar ya sea la matriz característica, forma canónica de Jordan o Jacobiano evaluado en el el punto crítico, necesario para el tipo de sistema.	Encuentra la matriz característica, forma canónica de Jordan o Jacobiano evaluado en el el punto crítico, dependiendo del sistema a estudiar	Apuntes	Libros de texto, internet	12	
Rescata los saberes previos de los estudiantes de álgebra vectorial-matricial, para encontrar los valores y vectores propios de los sistemas en estudio.	Encuentra los valores y vectores propios, de los sistemas en estudio.	Reporte con proceso para encontrar valores y vectores propios de sistemas específicos.	Libros de texto, internet, Matlab	4	
Explica métodos de encontrar las soluciones de los diferentes sistemas	Encuentra las soluciones de los sistemas en estudio.	Reporte con proceso para encontrar las soluciones de los sistemas específicos.	Libros de texto, internet, Matlab	12	



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Explica la forma de evaluar la estabilidad, basado en las soluciones de los diferentes sistemas	Evalúa la estabilidad de las soluciones de los sistemas en estudio.	Reporte utilizando Matlab donde se encuentre la representación gráfica de las soluciones de los sistemas específicos.	Libros de texto, internet, Matlab	6
---	---	---	-----------------------------------	---

## Unidad temática 3: Conversión de sistemas definidos por una función de transferencia a representación en espacio de estados

**Objetivo de la unidad temática:** Encontrar la representación en espacio de estados de la función de transferencia de un sistema y encontrar la función de transferencia de un sistema representado en espacio de estados.

**Introducción:** En esta unidad se estudiarán diversos métodos para convertir la función de transferencia de un sistema en su respectiva representación en espacio de estados. También se encontrará la función de transferencia de la representación en espacio de estados de un sistema.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática
1. Conversión de sistemas definidos por una Función de Transferencia a Representación en Espacio de Estados. <ol style="list-style-type: none"> <li>Forma canónica controlable</li> <li>Forma canónica observable</li> <li>Forma canónica diagonal</li> <li>Forma canónica de Jordan</li> </ol> 2. Conversión de sistemas representados por Espacio de Estados a Función de Transferencia	<ol style="list-style-type: none"> <li>Identificación de las variables de estado.</li> <li>Determinar las ecuaciones de estado.</li> <li>Ecuaciones de salida.</li> <li>Representación en espacio de estados.</li> <li>Transformada de Laplace, asumiendo condiciones iniciales cero, de las ecuaciones de estado y salida.</li> <li>Álgebra vectorial-matricial para encontrar la relación de la salida con la entrada en el dominio de las frecuencias.</li> </ol>	Examen de representación en espacio de estados de funciones de transferencia dadas y conversión de sistemas representados en espacio de estados a funciones de transferencia.

Actividades del docente	Actividades del estudiante	Evidencia o de la actividad	Recursos materiales y	Tiempo destinado
Explica los métodos de conversión de funciones de transferencia a su representación en espacio de estados.	Representa en el espacio de estados, sistemas definidos por una función de transferencia.	Reporte de representación de espacio de estados de funciones de transferencia.	Libros de texto, internet, Matlab	4
Explica el método para encontrar la función de transferencia de la representación en espacio de estados del sistema.	Encuentra la función de transferencia de la representación en el espacio de estados de sistemas físicos.	Reporte de encontrar las funciones de transferencia de las representaciones en espacio de estados de los sistemas.	Libros de texto, internet, Matlab	4

## Unidad temática 4: Diseño de sistemas de control en el espacio de estados



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**Objetivo de la unidad temática:** Diseñar sistemas de control basados en la realimentación del estado.

**Introducción:** En esta unidad se evalúan la observabilidad y controlabilidad de los sistemas de control, así como métodos básicos de diseño de sistemas de control basados en la realimentación del estado.

Contenido temático	Saberes involucrados	Producto de la unidad temática		
1. Introducción 2. Controlabilidad a. Controlabilidad completa del estado de sistemas diagonalizables b. Controlabilidad completa del estado de sistemas no diagonalizables c. Controlabilidad de la salida 3. Observabilidad. a. Observabilidad completa de sistemas en tiempo continuo diagonalizables b. Observabilidad completa de sistemas en tiempo continuo no diagonalizables 4. Principio de dualidad 5. Asignación de polos a. Diseño mediante asignación de polos. b. Condición necesaria y suficiente para la asignación arbitraria de los polos c. Determinación de la matriz ganancias de realimentación $K$ . d. Elección de la localización de los polos en lazo cerrado deseados e. Diseño de Servosistemas 6. Observador de estado a. Condición necesaria y suficiente para la observación del estado b. Métodos para obtener la matriz de ganancia del observador de estado $K_e$ c. Observador de orden mínimo d. Diseño de sistemas reguladores con observadores	1. Evaluar la controlabilidad de un sistema tanto diagonalizable como no diagonalizable. 2. Evaluar la observabilidad de un sistema tanto diagonalizable como no diagonalizable. 3. Se define la solución de un sistema de control 4. Se establece como condición necesaria y suficiente para la colocación arbitraria de los polos, que el sistema sea de estado completamente controlable. 5. Se determina la matriz de ganancias de realimentación $K$ 6. Se diseña servosistemas utilizando la asignación de polos 7. estima las variables de estado basándose en las mediciones de las variables de salida y de control 8. Estimar un sistema dual de estado completamente controlable 9. Obtener la matriz de ganancia del observador de estado $K_e$ 10. Diseño de sistemas reguladores con observadores	Reporte de análisis de observabilidad y controlabilidad de sistemas y diseño de sistemas reguladores y servosistemas.		
<b>Actividades del docente</b>	<b>Actividades del estudiante</b>	<b>Evidencia o de la actividad</b>	<b>Recursos materiales</b>	<b>y Tiempo destinado</b>



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Explica los métodos para evaluar observabilidad y controlabilidad de sistemas diagonalizables y no diagonalizables.	Evalúa observabilidad y controlabilidad de sistemas físicos.	Reporte de análisis de observabilidad y controlabilidad de sistemas	Libros de texto, internet, Matlab	8
Explica los métodos de determinación de la matriz de ganancias de reglamentación K y la matriz de ganancia del observador de estado $K_e$	Determina las matrices de ganancias de reglamentación K y de ganancia del observador de estado $K_e$	Apuntes	Libros de texto, internet, Matlab	8
Explica los pasos siguientes para diseñar servosistemas y sistemas reguladores con observadores.	Diseña servosistemas y sistemas reguladores con observadores.	Apuntes	Libros de texto, internet, Matlab	6

## 5. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN

### Requerimientos de acreditación:

Para que el alumno tenga derecho al registro del resultado final de la evaluación en el periodo ordinario, debe tener un mínimo de asistencia del 80% a clases y actividades registradas durante el curso. Entregar el Producto final. Para aprobar la Unidad de Aprendizaje el estudiante requiere una calificación mínima de 60.

### Criterios generales de evaluación:

A lo largo de la UA se elaborarán diversos reportes e informes por escrito, que deberán seguir los siguientes lineamientos básicos (más los específicos de cada trabajo):

- Entrega en tiempo
- Diseño de portada con datos de la Unidad de Aprendizaje, alumno, profesor y fecha
- El desarrollo del tema se acompañará siempre de una conclusión que rescate los principales aprendizajes. Todas las conclusiones se sustentarán en datos
- Todas las referencias se citarán adecuadamente conforme al criterio APA
- Queda estrictamente prohibido el plagio

Las presentaciones orales se evaluarán conforme a los siguientes rubros: Contenido suficiente, comprensión del contenido, dicción, volumen, apoyo visual y tiempo utilizado. Cuando se pida una presentación oral se entregará a los estudiantes una lista de elementos básicos que debe incluir.

### Evidencias o Productos

Evidencia o producto	Competencias y saberes involucrados	Contenidos temáticos	Ponderación
----------------------	-------------------------------------	----------------------	-------------



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

3 Reportes de ejercicios resueltos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplicar las leyes físicas que gobiernan sistemas físicos.</li> <li>2. Obtener con estas leyes, ecuaciones diferenciales que describen la relación entrada-salida de estos sistemas.</li> <li>3. Identificación de las variables de estado, de acuerdo al tipo de sistema (eléctrico y/o mecánico).</li> <li>4. Determinar las ecuaciones de estado.</li> <li>5. Ecuaciones de salida.</li> <li>6. Representación en espacio de estados.</li> <li>7. Solución de las variables de estado en sistemas lineales y no lineales</li> <li>8. Estabilidad de sistemas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Representación en espacio de estados de sistemas eléctricos y mecánicos.</li> <li>2. Solución de sistemas lineales, diagonalizables y no diagonalizables.</li> <li>3. Respuesta del sistema en estado estacionario.</li> </ol>	<b>20%</b>
Exámen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelado dinámico de sistemas</li> <li>2. Representación en espacio de estados</li> <li>3. Solución de las variables de estado en sistemas lineales</li> <li>4. Estabilidad de sistemas lineales en el espacio de estados.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Representación en espacio de estados de sistemas eléctricos y mecánicos.</li> <li>2. Solución de sistemas lineales, diagonalizables y no diagonalizables.</li> <li>3. Respuesta del sistema en estado estacionario.</li> </ol>	<b>20%</b>
Exámen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solución de las variables de estado en sistemas no lineales</li> <li>2. Transformada de Laplace, asumiendo condiciones iniciales cero, de las ecuaciones de estado y salida.</li> <li>3. Algebra vectorial-matricial para encontrar la relación de la salida con la entrada en el dominio de las frecuencias.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solución de sistemas no lineales.</li> <li>2. Respuesta del sistema en estado estacionario.</li> <li>1. Conversión de sistemas definidos por una Función de Transferencia a Representación en Espacio de Estados.</li> <li>2. Conversión de sistemas representados por Espacio de Estados a Función de Transferencia</li> </ol>	<b>20%</b>
3 Reportes de ejercicios resueltos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluar observabilidad y controlabilidad de sistemas físicos.</li> <li>2. Determinar las matrices de ganancias de reglamentación <math>K</math> y de ganancia del observador de estado <math>K_e</math></li> <li>3. Diseña servosistemas y sistemas reguladores con observadores.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Controlabilidad</li> <li>2. Observabilidad.</li> <li>3. Principio de dualidad</li> <li>4. Asignación de polos</li> <li>5. Determinación de la matriz ganancias de realimentación <math>K</math>.</li> <li>6. Diseño de Servosistemas</li> <li>6. Observador de estado</li> <li>7. Métodos para obtener la matriz de ganancia del observador de estado <math>K_e</math></li> <li>8. Diseño de sistemas reguladores con observadores</li> </ol>	<b>20%</b>
<b>Producto Integrador Final</b>			



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Descripción	Evaluación	
<b>Título:</b> Diseño y elaboración de un modelo físico controlable y observable.	<b>Criterios de fondo:</b> Aplica correctamente los contenidos de todas las unidades, para diseñar, modelar y evaluar un sistema físico observable y controlable.  <b>Criterios de forma:</b> Distingue fuentes de información bibliográfica y/o electrónica confiable. Elabora reportes de investigación respetando las normas gramaticales. Redacta sin errores ortográficos. Traduce artículos o lectura de libros en inglés.	<b>Ponderación</b>
<b>Objetivo:</b> Diseñar y elaborar un prototipo de un modelo eléctrico y/o mecánico funcionando que sea controlable y observable.		<b>20%</b>
<b>Caracterización</b> Los alumnos diseñarán y elaborarán un modelo físico y/o eléctrico, observable y controlable. Este modelo debe ir acompañado de un reporte, en el que se presentará el modelo matemático, la representación en espacio de estados del modelo, la solución de cada una de las variables de estado y sus respectivas gráficas en Matlab, así como un análisis de estabilidad, observabilidad y controlabilidad del mismo. El reporte debe incluir: 1.Descripción del proyecto 2.Objetivos 3.Metodología 4.Resultados 5.Conclusiones		

Otros criterios		
Criterio	Descripción	Ponderación
Participación en clase	Participación activa e interés de las intervenciones.	<b>0 %</b>

6. REFERENCIAS Y APOYOS				
Referencias bibliográficas				
Referencias básicas				
Autor (Apellido, Nombre)	Año	Título	Editorial	Enlace o bibliotecar virtual donde esté disponible (en su caso)
Ogata, Katsuhiko	2011	Moder control engineering	kindle edition	
Nise, Norman S.	2015	Control Systems Engineering	Wiley	



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Dorf, Richard C. y Bishop, Robert H.	2017	Modern Control Systems	Pearson	
<b>Referencias complementarias</b>				
<b>Apoyos (videos, presentaciones, bibliografía recomendada para el estudiante)</b>				
<b>Unidad temática 1:</b>				
<b>Unidad temática 2:</b>				
<b>Unidad temática 3:</b>				
<b>Unidad temática 4:</b>				
<b>Unidad temática 5:</b>				