



## Programa de asignatura por competencias de educación superior

### Sección I. Identificación del Curso

Tabla 1. Identificación de la Planificación del Curso.

<b>Actualización:</b>	Septiembre 27, 2022				
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Mecatrónica	<b>Asignatura:</b>	Control digital		
<b>Academia:</b>	Control / Control	<b>Clave:</b>	19SME29		
<b>Módulo formativo:</b>	Control	<b>Seriación:</b>	- -		
<b>Tipo de curso:</b>	Presencial	<b>Prerrequisito:</b>	19SME27 - Teoría de control II		
<b>Semestre:</b>	Octavo	<b>Créditos:</b>	5.62	<b>Horas semestre:</b>	90 horas
<b>Teoría:</b>	3 horas	<b>Práctica:</b>	2 horas	<b>Trabajo indpt.:</b>	0 horas
				<b>Total x semana:</b>	5 horas

## Sección II. Objetivos educacionales

Tabla 2. Objetivos educacionales

Objetivos educacionales		Criterios de desempeño	Indicadores
1	El egresado solucionará problemas del entorno laboral en el que se desempeñe, mediante el uso de conocimientos técnicos adquiridos para la identificación, desarrollo innovador, aplicación y control de las posibles soluciones, utilizando sus habilidades en mecánica, electrónica, control y automatización para dar el resultado adecuado según las condiciones del problema.	El egresado aplicará las técnicas y metodologías para la identificación de problemas referentes a su entorno laboral, proponiendo soluciones creativas e innovadoras para los mismos.	% de alumnos que implementan diversidad de técnicas y metodologías para identificar problemas en su entorno laboral.
2	El egresado diseñará, mejorará o mantendrá de forma eficiente y sustentable equipos que cubran adecuadamente las diferentes necesidades del ámbito laboral, utilizando sus competencias técnicas de diseño, con sus conocimientos de materiales, control y procesos para lograr la mejor solución innovadora de la necesidad planteada.	El egresado fundamentará documentalmente la solución a problemas, desde la identificación hasta su resolución.	% de egresados que diseñan, mejoran o dan mantenimiento a equipos.
3	El egresado generará relaciones interpersonales y profesionales de otras áreas, para desarrollar habilidades técnicas, administrativas y colaborativas en el desarrollo de proyectos mecatrónicos.	El egresado desarrollará canales de comunicación y de gestión con departamentos y áreas relacionadas con los proyectos que lidera y coordina.	% de egresados que participan en más de un departamento y/o área por proyecto con las que se relaciona.



Atributos de egreso de plan de estudios		Criterios de desempeño	Componentes
1	Identificar y resolver problemas en el campo de la mecatrónica aplicando los principios de las ciencias básicas como la matemáticas y física, así como otras ciencias de la ingeniería.	- Comprender la importancia del modelado de sistemas o procesos en tiempo discreto.	1.1. Tipos de señales. 1.1.1. Sistemas de control en tiempo continuo y en tiempo discreto. 1.1.2. Proceso de muestreo. 1.2. Sistemas de control discreto. 1.2.1. Formas de las señales en un sistema de control digital. 1.2.2. Definición de términos: Muestreador y retenedor, Convertidores analógico-digital, Convertidor digital-analógico, Planta o proceso y Transductor. 1.2.3. Tipos de operaciones de muestreo. 1.3. Cuantificación y errores de cuantificación. 1.3.1. Cuantificación. 1.3.2. Error de cuantificación.
2	Desarrollar procesos y productos industriales desde un enfoque mecánico, electrónico, robótico, automatización y control, utilizando el juicio ingenieril para establecer conclusiones.	- Solucionar problemas en los diferentes niveles industriales, mediante el uso de competencias técnicas para la identificación y control de las posibles soluciones, utilizando sus conocimientos en control digital, garantizando la estabilidad de sistemas o procesos en tiempo discreto.	2.1 Definición de la Transformada z. 2.2 Funciones elementales de Transformada z: Escalón Unitario, Rampa Unitaria, Exponencial, Coseno, Seno, etc. 2.3 Propiedades y Teoremas de la Transformada z. 2.4 Transformada z Inversa. 2.4.1 Polos y ceros en el plano z. 2.4.2 Método de la División Directa. 2.4.3 Método de Expansión en Fracciones Parciales. 2.4.4 Método de la Integral de Inversión. 2.5 Solución de Ecuaciones en Diferencias mediante la Transformada z.



Continuación: Tabla 2. Objetivos educacionales (continuación)

No.	Atributos de egreso de plan de estudios	Criterios de desempeño	Componentes
3	Aportar soluciones creativas a problemas de ingeniería mecatrónica de manera autónoma y en equipo.	- Desarrollar y aplicar controladores en tiempo discreto utilizando las técnicas de análisis de la respuesta en la frecuencia y el espacio de estados en tiempo discreto al Implementar un control digital para regular un proceso.	3.1 Muestreo mediante impulsos y retención de datos. 3.1.1 Muestreo mediante impulsos. 3.1.2 Función transferencia retenedor de orden cero. 3.1.3 Función transferencia retenedor primer orden.  3.2 Cálculo de la transformada z mediante la integral de convolución.  3.3 Reconstrucción de señales a partir de señales muestreadas. 3.3.1 Teorema del muestreo. 3.3.2 Filtro pasa-baja ideal. 3.3.3 Características de respuesta en frecuencia del retenedor de orden cero. 3.3.4 Doblamiento y traslape.  3.4 Función transferencia pulso. 3.4.1 Sumatoria de convolución y función transferencia pulso. 3.4.2 Transformada de Laplace asterisco. 3.4.3 Función transferencia pulso de elementos en cascada. 3.4.4 Función transferencia pulso de sistemas en lazo cerrado. 3.4.5 Función transferencia pulso de un controlador digital. 3.4.6 Filtros digitales.

### Sección III. Atributos de la asignatura

Tabla 3. Atributos de la asignatura

Problema a resolver		
Enseñar y dar habilidades al estudiante en el estudio y solución de problemas de sistemas en tiempo discreto utilizando las herramientas y técnicas más comunes de la transformada Z.		
Atributos (competencia específica) de la asignatura		
Analizar y diseñar controladores digitales para el empleo en diferentes áreas de la industria utilizando las técnicas que ofrece el control digital.		
Aportación a la competencia específica		Aportación a las competencias transversales
Saber	Saber hacer	Saber Ser
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocer los métodos en la discretización de sistema.</li> <li>- Analizar los métodos de estabilidad de los sistemas en tiempo discretos.</li> <li>- Conocer los diferentes tipos controladores en tiempo discretos para mejorar la respuesta de los sistemas.</li> <li>- Conocer el uso de los filtros digitales para mejorar la calidad de las señales.</li> <li>- Conocer los métodos del Espacio de Estados de control por retro-alimentación de estados y diseño de observadores de estado.</li> <li>- Analizar la estabilidad de los sistemas en tiempo discreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolver problemas que se dan en la Transformada z empleando diferentes técnicas (División directa, Computacional, Fracciones Parciales e Integral de Inversión).</li> <li>- Resolver problemas de conversión de sistema en tiempo continuo a sistemas en tiempo discreto.</li> <li>- Diseñar controladores digitales empleando las técnicas vistas.</li> <li>- Construir e Implementar controladores digitales para su aplicación real.</li> <li>- Resolver problemas en clase y extra-clase de Transformada Z y métodos empleados en el diseño de controladores digitales.</li> <li>- Utilizar herramientas computacionales para el diseño de controladores digitales.</li> <li>- Resolver problemas en clase y extra-clase con respecto al espacio de estados.</li> <li>- Utilizar las técnicas de análisis y diseño de controladores en tiempo discreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo colaborativo.</li> <li>- Comunicación efectiva.</li> <li>- Autonomía en el aprendizaje.</li> </ul>
Producto integrador de la asignatura, considerando los avances por unidad		
Portafolio de evidencias donde se contemplan actividades: tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación y reporte de una práctica de control de un proceso en tiempo real.		

## Sección IV. Desglose específico por cada unidad formativa

Tabla 4.1. Desglose específico de la unidad "Introducción a los sistemas en tiempo discreto."

<b>Número y nombre de la unidad:</b> 1. Introducción a los sistemas en tiempo discreto.							
<b>Tiempo y porcentaje para esta unidad:</b>		Teoría:	3 horas	Práctica:	1 hora	Porcentaje del programa:	4.44%
<b>Aprendizajes esperados:</b>		Analizar y comprender los sistemas de control en tiempo discreto y de las partes que se involucran en la operación, para aplicarlos en unidades posteriores.					
Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad (Evidencia de aprendizaje de la unidad)			
1.1. Tipos de señales. 1.1.1. Sistemas de control en tiempo continuo y en tiempo discreto. 1.1.2. Proceso de muestreo. 1.2. Sistemas de control discreto. 1.2.1. Formas de las señales en un sistema de control digital. 1.2.2. Definición de términos: Muestreador y retenedor, Convertidores analógico-digital, Convertidor digital-analógico, Planta o proceso y Transductor. 1.2.3. Tipos de operaciones de muestreo. 1.3. Cuantificación y errores de cuantificación. 1.3.1. Cuantificación. 1.3.2. Error de cuantificación.	Saber: - Identificar los tipos de señales. - Identificar los componentes de un control en tiempo continuo y discreto. - Identificar las formas de señales en un sistema de control digital. - Identificar la tarea de un muestreador y un retenedor. Saber hacer: - Aplicar métodos de análisis de errores de cuantificación. Ser: - Trabajo colaborativo. - Comunicación efectiva.	Estrategia Pre-instruccionales: - Rescatar conocimientos previos. Estrategia Co-instruccionales: - Exposición del docente con ayuda de herramientas didácticas electrónicas. - Identificación de la información respecto a los contenidos propuestos en la unidad. - Uso de herramientas electrónicas para apoyo didáctico. - Elaboración de mapas mentales y/o conceptuales. - Resolución de dinámicas, tareas, trabajos y/o actividades.	Evaluación diagnóstica. - Examen de diagnóstico por medio de un cuestionario escrito o por medio de Plataforma digital. Evaluación formativa: - Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales - Uso de software para simulación por computadora para análisis de un sistema de control. Evaluación Sumativa: - Examen teórico aplicado en el primer parcial. - Portafolio de evidencias.	- Portafolio de evidencias donde se contemplan las actividades, tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación por computadoras un sistema de control.			



Continuación: Tabla 4.1. Desglose específico de la unidad "Introducción a los sistemas en tiempo discreto."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
	- Autonomía en el aprendizaje.	Estrategia Post-instruccionales - Uso de software para simulación por computadoras sobre los subtemas vistos y aprendidos en la unidad.		
<b>Bibliografía</b>				
- Ogata, K. (1996). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Pearson. - Kuo, B. C. (2005). Sistemas de Control Digital. España: Patria.				

## Sección IV. Desglose específico por cada unidad formativa

Tabla 4.2. Desglose específico de la unidad "Transformada Z."

<b>Número y nombre de la unidad:</b> 2. Transformada Z.							
<b>Tiempo y porcentaje para esta unidad:</b>		Teoría:	12 horas	Práctica:	4 horas	Porcentaje del programa:	17.78%
<b>Aprendizajes esperados:</b> Comprender, analizar y aplicar las herramientas y métodos de la transformada Z en la solución de diferentes problemas.							
Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad (Evidencia de aprendizaje de la unidad)			
2.1 Definición de la Transformada Z. 2.2 Funciones elementales de Transformada Z: Escalón Unitario, Rampa Unitaria, Exponencial, Coseno, Seno, etc. 2.3 Propiedades y Teoremas de la Transformada Z. 2.4 Transformada Z Inversa. 2.4.1 Polos y ceros en el plano Z. 2.4.2 Método de la División Directa. 2.4.3 Método de Expansión en Fracciones Parciales. 2.4.4 Método de la Integral de Inversión. 2.5 Solución de Ecuaciones en Diferencias mediante la Transformada Z.	Saber: - Identificar qué es la Transformada Z. - Identificar las funciones elementales de la Transformada para su posterior utilización. - Identificar las Propiedades y Teoremas de la Transformada Z para su posterior utilización en la solución de problemas. - Identificar los métodos más comunes en la Transformada Z Inversa.  Saber hacer: - Aplicar las funciones elementales, propiedades y teoremas para encontrar los modelos matemáticos en el dominio de Z.	Estrategia Pre-instruccionales - Exposición del docente con ayuda de herramientas didácticas electrónicas.  Estrategia Co-instruccionales - Identificación de la información respecto a los contenidos propuestos en la unidad. - Uso de herramientas electrónicas para apoyo didáctico. - Elaboración de mapas mentales y/o conceptuales. - Resolución de dinámicas, tareas, trabajos y/o actividades.  Estrategia Post-instruccionales - Uso de software para simulación por computadoras sobre los subtemas vistos	Evaluación formativa: - Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales - Uso de software para simulación por computadora para análisis de un sistema de control.  Evaluación Sumativa: - Examen teórico aplicado en el primer parcial. - Portafolio de evidencias.	- Portafolio de evidencias se contemplan las actividades, tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación por computadoras un sistema de control.			



Continuación: Tabla 4.2. Desglose específico de la unidad "Transformada Z."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar los métodos conocidos de la transformada Z inversa en la solución de ecuaciones en diferencias.</li> <li>- Aplicar los métodos de la transformada z inversa en la solución de una función en el dominio de Z para su respuesta en el tiempo.</li> </ul> <p>Ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo colaborativo.</li> <li>- Comunicación efectiva.</li> <li>- Autonomía en el aprendizaje.</li> </ul>	<p>y aprendidos en la unidad.</p>		
<b>Bibliografía</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ogata, K. (1996). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Pearson.</li> <li>- Kuo, B. C. (2005). Sistemas de Control Digital. España: Patria.</li> <li>- Phillips, C.; Nagle, H. (1995). Digital Control System Analysis and Design. US: Prentice Hall.</li> </ul>				

## Sección IV. Desglose específico por cada unidad formativa

Tabla 4.3. Desglose específico de la unidad "Análisis en el plano Z de sistemas discretos de control."

<b>Número y nombre de la unidad:</b> 3. Análisis en el plano Z de sistemas discretos de control.							
<b>Tiempo y porcentaje para esta unidad:</b>		Teoría:	12 horas	Práctica:	4 horas	Porcentaje del programa:	17.78%
<b>Aprendizajes esperados:</b>		- Comprender y aplicar el uso del muestreados y retenedores en los sistemas de control en tiempo discreto.			- Analizar el modelo matemático de los controladores digitales en términos de la función transferencia pulso, para aplicarlo posteriormente.		
Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad (Evidencia de aprendizaje de la unidad)			
3.1 Muestreo mediante impulsos y retención de datos. 3.1.1 Muestreo mediante impulsos. 3.1.2 Función transferencia retenedor de orden cero. 3.1.3 Función transferencia retenedor primer orden. 3.2 Cálculo de la transformada z mediante la integral de convolución. 3.3 Reconstrucción de señales a partir de señales muestreadas. 3.3.1 Teorema del muestreo. 3.3.2 Filtro pasa-baja ideal. 3.3.3 Características de respuesta en frecuencia del retenedor de orden cero. 3.3.4 Doblamiento y traslape. 3.4 Función transferencia pulso. 3.4.1 Sumatoria de convolución y función transferencia pulso.	Saber: - Identificar qué es el muestreo mediante impulsos y la retención de datos en un sistema de control discreto - Identificar la función de transferencia de un retenedor de orden cero y un retenedor de primer orden. - Identificar el dominio S y el dominio Z. - Identificar qué es la integral de convolución. - Identificar la forma en que opera un retenedor de orden cero y su semejanza a un filtro pasa-baja ideal. - Identificar qué es el Teorema de	Estrategia Pre-instruccionales: - Exposición del docente con ayuda de herramientas didácticas electrónicas.  Estrategia Co-instruccionales: - Identificación de la información respecto a los contenidos propuestos en la unidad. - Uso de herramientas electrónicas para apoyo didáctico. - Elaboración de mapas mentales y/o conceptuales. - Resolución de dinámicas, tareas, trabajos y/o actividades.  Estrategia Post-instruccionales: - Uso de software para simulación por	Evaluación formativa: - Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales - Uso de software para simulación por computadora para análisis de un sistema de control.  Evaluación Sumativa: - Examen teórico aplicado en el primer parcial. - Portafolio de evidencias.	- Portafolio de evidencias se contemplan las actividades, tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación por computadoras un sistemade control.			



Continuación: Tabla 4.3. Desglose específico de la unidad "Análisis en el plano Z de sistemas discretos de control."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
3.4.2 Transformada de Laplace asterisco. 3.4.3 Función transferencia pulso de elementos en cascada. 3.4.4 Función transferencia pulso de sistemas en lazo cerrado. 3.4.5 Función transferencia pulso de un controlador digital. 3.4.6 Filtros digitales.	<p>Muestreo y sus consecuencias cuando no se aplica correctamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar la sumatoria de convolución y la función transferencia pulso.</li> <li>- Identificar qué es un controlador digital.</li> <li>- Identificar qué es un filtro digital.</li> </ul> <p>Saber hacer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar el muestreo mediante impulsos en la solución de problemas matemáticos.</li> <li>- Aplicar la función de transferencia del retenedor de orden cero y primer orden en la solución de problemas.</li> <li>- Aplicar el método de la integral de convolución para cambiar del dominio s al dominio Z.</li> <li>- Aplicar el Teorema de Muestreo para reconstruir una señal analógica.</li> <li>- Aplicar la sumatoria de convolución en</li> </ul>	<p>computadoras sobre los subtemas vistos y aprendidos en la unidad.</p>		



Continuación: Tabla 4.3. Desglose específico de la unidad "Análisis en el plano Z de sistemas discretos de control."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
	<p>la solución de problemas de sistemas en tiempo discreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar las técnicas de simplificación de diagramas cuando se tienen funciones transferencia pulso.</li> <li>- Aplicar la función transferencia pulso de un controlador digital en un sistema de control.</li> <li>- Aplicar los filtros digitales en señales.</li> </ul> <p>Ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo colaborativo.</li> <li>- Comunicación efectiva.</li> <li>- Autonomía en el aprendizaje.</li> </ul>			
<b>Bibliografía</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ogata, K. (1996). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Pearson.</li> <li>- Kuo, B. C. (2005). Sistemas de Control Digital. España: Patria.</li> <li>- Phillips, C.; Nagle, H. (1995). Digital Control System Analysis and Design. US: Prentice Hall</li> </ul>				

## Sección IV. Desglose específico por cada unidad formativa

Tabla 4.4. Desglose específico de la unidad "Diseño de sistemas de control en tiempo discreto mediante métodos clásicos."

<b>Número y nombre de la unidad:</b> 4. Diseño de sistemas de control en tiempo discreto mediante métodos clásicos.							
<b>Tiempo y porcentaje para esta unidad:</b>		Teoría:	18 horas	Práctica:	6 horas	Porcentaje del programa:	26.67%
<b>Aprendizajes esperados:</b>		Analizar, comprender y aplicar la respuesta transitoria para el diseño de controladores digitales utilizando los métodos del lugar geométrico de las raíces y respuesta en frecuencia, así como el uso de los criterios de estabilidad para los sistemas.					
Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad (Evidencia de aprendizaje de la unidad)			
4.1 Correspondencia entre el plano S y plano Z. 4.1.1 Correspondencia del semiplano izquierdo del plano S al plano Z. 4.1.2 Franja primaria y franjas complementarias. 4.1.3 Lugar geométrico de atenuación constante. 4.1.4 Tiempo de asentamiento. 4.1.5 Lugar geométrico de frecuencia constante. 4.1.6 Lugar geométrico de factor de amortiguamiento relativo constante. 4.2 Análisis de estabilidad en sistemas en lazo cerrado en el plano Z. 4.2.1 Análisis de estabilidad de un sistema en lazo cerrado. 4.2.2 Criterio de estabilidad de Jury.	Saber: - Identificar la correspondencia entre el plano S y plano Z. - Identificar los parámetros de respuesta transitoria en el plano Z. - Identificar la estabilidad en plano Z de los sistemas de control en tiempo discreto. - Identificar qué es el Criterio de Jury para la estabilidad de los sistemas en tiempo discreto. - Identificar la respuesta transitoria y error en estado permanente de los sistemas de tiempo discreto.	Estrategia Pre?instruccionales - Exposición del docente con ayuda de herramientas didácticas electrónicas.  Estrategia Co?instruccionales - Identificación de la información respecto a los contenidos propuestos en la unidad. - Uso de herramientas electrónicas para apoyo didáctico. - Elaboración de mapas mentales y/o conceptuales. - Resolución de dinámicas, tareas, trabajos y/o actividades.  Estrategia Post?instruccionales - Uso de software para simulación por	Evaluación formativa: - Examen teórico aplicado en el segundo parcial. - Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales - Uso de software para simulación por computadora para análisis de un sistema de control.  Evaluación Sumativa: - Examen teórico aplicado en el segundo parcial. - Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales - Portafolio de evidencias.	- Portafolio de evidencias se contemplan las actividades, tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación por computadoras un sistemade control.			



Continuación: Tabla 4.4. Desglose específico de la unidad "Diseño de sistemas de control en tiempo discreto mediante métodos clásicos."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
4.3 Análisis de respuesta transitoria y error en estado permanente.	- Identificar qué es el lugar geométrico de las raíces para el diseño de controladores digitales.	computadoras sobre los subtemas vistos y aprendidos en la unidad.		
4.4 Diseño mediante el lugar geométrico de las raíces.	- Identificar la transformación bilineal y el plano W.			
4.5 Diseño basado en la respuesta en frecuencia.	- Identificar los diagramas de bode y su utilidad en la solución de diseño de controladores digitales.			
4.5.1 Transformación bilineal y plano W.				
4.5.2 Diagramas de Bode.				
4.5.3 Compensación en atraso de fase, adelanto de fase atraso-adelanto de fase.	- Identificar qué es la respuesta en frecuencia para el diseño de controladores digitales.			
4.5.4 Procedimiento de diseño en el plano W.	<p>Saber hacer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar los parámetros de respuesta transitoria y error en estado permanente en la solución de diseño de controladores digitales.</li> <li>- Aplicar el Criterio de Jury para determinar la estabilidad de los sistemas en lazo cerrado en tiempo discreto.</li> <li>- Aplicar el método del lugar geométrico de las raíces en el diseño de</li> </ul>			



Continuación: Tabla 4.4. Desglose específico de la unidad "Diseño de sistemas de control en tiempo discreto mediante métodos clásicos."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
	<p>controladores digitales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar el método de respuesta en frecuencia en el diseño de controladores digitales.</li> <li>- Aplicar cualquiera de los métodos vistos en el control de un sistema en tiempo real.</li> </ul> <p>Ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo colaborativo.</li> <li>- Comunicación efectiva.</li> <li>- Autonomía en el aprendizaje.</li> </ul>			
<b>Bibliografía</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ogata, K. (1996). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Pearson.</li> <li>- Kuo, B. C. (2005). Sistemas de Control Digital. España: Patria.</li> <li>- Phillips, C.; Nagle, H. (1995). Digital Control System Analysis and Design. US: Prentice Hall</li> </ul>				

## Sección IV. Desglose específico por cada unidad formativa

Tabla 4.5. Desglose específico de la unidad "Espacio de estados en tiempo discreto."

Número y nombre de la unidad: 5. Espacio de estados en tiempo discreto.							
Tiempo y porcentaje para esta unidad:		Teoría:	8 horas	Práctica:	4 horas	Porcentaje del programa:	13.33%
Aprendizajes esperados: Analizar y comprender el espacio de estados en tiempo discreto, para aplicarlo posteriormente.							
Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad (Evidencia de aprendizaje de la unidad)			
5.1 Conceptos en el espacio de estados.	Saber:	Estrategia Pre-instruccionales	Evaluación formativa:	- Portafolio de evidencias se contemplan las actividades, tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación por computadoras un sistemade control.			
5.1.1 Estado.	- Identificar las variables y expresiones que componen el espacio de estados en tiempo discreto.	- Exposición del docente con ayuda de herramientas didácticas electrónicas.	- Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales.				
5.1.2 Variable de estado.			- Uso de software para simulación por computadora para análisis de un sistema de control.				
5.1.3 Vector de estado.		Estrategia Co-instruccionales					
5.1.4 Espacio de estado.	- Identificar las formas canónicas empleadas en el espacio de estados en tiempo discreto.	- Identificación de la información respecto a los contenidos propuestos en la unidad.	Evaluación Sumativa:				
5.1.5 Ecuaciones en el espacio de estados		- Uso de herramientas electrónicas para apoyo didáctico.	- Examen teórico aplicado en el primer parcial.				
5.2 Representaciones en el espacio de estados en tiempo discreto.	- Identificar el método para la solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto.	- Elaboración de mapas mentales y/o conceptuales.	- Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales.				
5.2.1 Forma canónica controlable.		- Resolución de dinámicas, tareas, trabajos y/o actividades.	- Portafolio de evidencias.				
5.2.2 Forma canónica observable.							
5.2.3 Forma canónica diagonal.	- Identificar la matriz de transición de estados en tiempo discreto.						
5.2.4 Forma canónica de Jordan.		Estrategia Post-instruccionales					
5.3 Solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto.	- Identificar la matriz de función de transferencia pulso.	- Uso de software para simulación por computadoras sobre los subtemas vistos					
5.3.1 Solución de la ecuación lineal en tiempo discreto e invariante en el tiempo.	- Identificar el método de discretización de las ecuaciones en el espacio de estados en tiempo discreto.						



Continuación: Tabla 4.5. Desglose específico de la unidad "Espacio de estados en tiempo discreto."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
<p>5.3.2 Método de la transformada z en la solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto.</p> <p>5.3.3 Cálculo de <math>(zI-G)^{-1}</math></p> <p>5.4 Matriz de función de transferencia pulso.</p>	<p>Saber hacer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar los métodos para obtener las formas canónicas controlables, observable, diagonal y Jordan a partir de la función transferencia pulso.</li> <li>- Aplicar el método para determinar la matriz de transición de estados.</li> <li>- Aplicar el método de la transformada Z en la solución de las ecuaciones de estado en tiempo discreto.</li> <li>- Aplicar la técnica de conversión del espacio de estados a función transferencia pulso.</li> <li>- Aplicar la técnica de discretización de las ecuaciones del espacio de estados en tiempo continuo.</li> </ul> <p>Ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo colaborativo.</li> <li>- Comunicación efectiva.</li> <li>- Autonomía en el aprendizaje.</li> </ul>	<p>y aprendidos en la unidad.</p>		
<b>Bibliografía</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ogata, K. (1996). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Pearson.</li> <li>- Kuo, B. C. (2005). Sistemas de Control Digital. España: Patria.</li> <li>- Phillips, C.; Nagle, H. (1995). Digital Control System Analysis and Design. US: Prentice Hall</li> </ul>				

## Sección IV. Desglose específico por cada unidad formativa

Tabla 4.6. Desglose específico de la unidad "Diseño en el espacio de estados en tiempo discreto."

<b>Número y nombre de la unidad:</b> 6. Diseño en el espacio de estados en tiempo discreto.							
<b>Tiempo y porcentaje para esta unidad:</b>		Teoría:	12 horas	Práctica:	6 horas	Porcentaje del programa:	20%
<b>Aprendizajes esperados:</b> Analizar, comprender y aplicar las técnicas empleadas para el control en el espacio de estados en tiempo discreto.							
Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad (Evidencia de aprendizaje de la unidad)			
5.1 Controlabilidad. 5.1.1 Controlabilidad completa del estado. 5.1.2 Determinación de la secuencia de control. 5.1.3 Forma alterna de la condición de controlabilidad completa. 5.1.4 Condiciones para la controlabilidad completa del estado en el plano Z. 5.1.5 Controlabilidad completa de la salida. 5.2 Observabilidad. 5.2.1 Observabilidad completa de los sistemas en tiempo discreto. 5.2.2 Forma alternativa de la condición para la observabilidad completa. 5.2.3 Condición para la observabilidad completa en el plano Z. 5.2.4 Principio de dualidad. 5.3 Diseño mediante la ubicación de polos.	Saber: - Identificar la controlabilidad del espacio de estados en tiempo discreto. - Identificar la estabilidad de los sistemas en el espacio de estados en tiempo discreto. - Identificar la observabilidad del estado en tiempo discreto. - Identificar otra forma alterna de condición para controlabilidad completa del estado. - Identificar otra forma alterna de condición para observabilidad completa del estado. - Identificar el método de la matriz de	Estrategia Pre-instruccionales - Exposición del docente con ayuda de herramientas didácticas electrónicas.  Estrategia Co-instruccionales - Identificación de la información respecto a los contenidos propuestos en la unidad. - Uso de herramientas electrónicas para apoyo didáctico. - Elaboración de mapas mentales y/o conceptuales. - Resolución de dinámicas, tareas, trabajos y/o actividades.  Estrategia Post-instruccionales - Uso de software para simulación por computadoras sobre los subtemas vistos	Evaluación formativa: - Actividades y tareas de aprendizaje como mapas mentales y/o conceptuales - Uso de software para simulación por computadora para análisis de un sistema de control.  Evaluación Sumativa: - Examen teórico aplicado en el primer parcial. - Portafolio de evidencias.	- Portafolio de evidencias se contemplan las actividades, tareas, los mapas mentales y/o conceptuales, uso de software para simulación por computadoras un sistemade control.			



Continuación: Tabla 4.6. Desglose específico de la unidad "Diseño en el espacio de estados en tiempo discreto."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
5.3.1 Mediante la matriz de transformación lineal. 5.3.2 Fórmula de Ackermann. 5.3.3 Sistemas de control con entrada de referencia. 5.3.4 Sistema de seguimiento con integrador. 5.4 Observadores de estado orden completo. 5.4.1 Mediante la matriz de ganancia. 5.4.2 Fórmula de Ackermann.	transformación lineal para el cálculo de la matriz de ganancia de realimentación. - Identificar fórmula de Ackermann para el cálculo de la matriz de ganancia de realimentación. - Identificar el método de la matriz de transformación lineal para el cálculo de la matriz de ganancia del estimador. - Identificar fórmula de Ackermann para el cálculo de la matriz de ganancia del estimador.  Saber hacer: - Aplicar el método para determinar la matriz de controlabilidad. - Aplicar el método para determinar la matriz de observabilidad. - Aplicar los métodos vistos para determinar la matriz de ganancia de realimentación. - Aplicar los métodos vistos para	y aprendidos en la unidad.		



Continuación: Tabla 4.6. Desglose específico de la unidad "Diseño en el espacio de estados en tiempo discreto."

Temas y subtemas (secuencia)	Criterios de desempeño	Estrategias didácticas	Estrategias de evaluación	Producto Integrador de la unidad
	<p>determinar la matriz de ganancia del estimador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar los procedimientos de diseño para resolver el problema de entrada con referencia.</li> <li>- Aplicar los procedimientos de diseño para resolver el problema de seguimiento con integrador.</li> </ul> <p>Ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo colaborativo.</li> <li>- Comunicación efectiva.</li> <li>- Autonomía en el aprendizaje.</li> </ul>			
<b>Bibliografía</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ogata, K. (1996). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. México: Pearson.</li> <li>- Kuo, B. C. (2005). Sistemas de Control Digital. España: Patria.</li> <li>- Phillips, C.; Nagle, H. (1995). Digital Control System Analysis and Design. US: Prentice Hall</li> </ul>				



## V. Perfil docente

Tabla 5. Descripción del perfil docente

<b>Perfil deseable docente para impartir la asignatura</b>
<p>Carrera(s): - Ingeniería Electrónica.</p> <p>- Ingeniería Mecatrónica.</p> <p>- Ingeniería Mecánica Eléctrica o carrera afín. o carrera afín</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Experiencia en Automatización y Control.</li><li>- Experiencia mínima de dos años</li><li>- Deseable Maestría o Doctorado con especialidad en Control Automático</li></ul>