

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Control Digital</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Electrónica</b>
Clave de la asignatura :	<b>ETF-1007</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3 - 2 - 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura tiene aportaciones en los siguientes puntos del perfil del Ingeniero en Electrónica:

En el aspecto profesional:

- Dar tratamiento a señales discretas en el tiempo mediante filtros digitales.
- Conocer las limitaciones de la representación digital de datos debido a la precisión numérica inherente de los sistemas digitales.
- Dominar el diseño de sistemas de control digital, en particular los sistemas que se emplean en la industria regional.

En el aspecto personal

- Incentivar la solución de problemas usando las herramientas de trabajo disponibles.
- Crear una disciplina de auto aprendizaje que le permita buscar soluciones a los problemas.

En el aspecto social

- Crear una actitud de trabajo orientada al equipo.
- Fomentar el liderazgo de los estudiantes.

### Intención didáctica.

Se organiza el temario, en tres unidades, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en las dos primeras unidades y se incluye una tercera unidad que se destina a la aplicación de los conceptos abordados en las dos primeras.

Se comienza en la primer unidad presentando los conceptos matemáticos básicos para abordar el análisis de sistemas discretos, así como ver de manera general el proceso de muestreo y reconstrucción de señales que tiene que ver con la manera de obtener señales discretas a partir de sistemas continuos.

---

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En la segunda unidad se analizan los sistemas discretos, su respuesta, representación, etc. Para dar pie al análisis de estabilidad y el diseño de controladores clásicos que son abordados en la tercer y ultima unidad.

Se sugiere una actividad integradora, en la tercera unidad, que permita aplicar los conceptos estudiados. Esto permite dar un cierre a la materia mostrándola como útil por sí misma en el desempeño profesional, independientemente de la utilidad que representa en el tratamiento de temas en materias posteriores de la especialidad.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean contruidos, artificiales, virtuales o naturales

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

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

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

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

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Diseñar e implementar un sistema de control discreto.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Conceptos básicos de control.
- Estabilidad de sistemas.
- Interpretar graficas de respuesta en frecuencia y el tiempo para diseñar compensadores
- Diseño de controladores clásicos
- Representar sistemas dinámicos en variables de estado analizando su observabilidad y controlabilidad aplicando retroalimentación de estados
- Conocimiento y manejo de sensores y actuadores
- Principios básicos del amplificador operacional
- Manejo de periféricos tanto de un sistema mínimo a base de microcontrolador o microprocesador como de una computadora personal.

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1.	Fundamentos matemáticos de sistemas discretos	1.1. Introducción a sistemas de control digital. 1.2. Ecuaciones en diferencias. 1.3. Transformada Z. 1.4. Muestreo y reconstrucción de señales
2.	Análisis de Sistemas discretos	2.1. Función de transferencia. 2.2. Diagrama de bloques 2.3. Gráficos de flujo de señal (Mason) 2.4. Respuesta transitoria (primer y segundo orden). 2.5. Representación en espacio de estados
3.	Diseño de controladores	3.1. Análisis de estabilidad (Criterios de estabilidad) 3.2. Controladores discretos (P,PI,PD,PID) 3.2.1. Diseño directo 3.2.2. Emulación 3.3. Introducción a los sistemas de control en

		espacio de estados
--	--	--------------------

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El profesor debe:

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

- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Diseñar prácticas en donde, en la medida de lo posible, primero se diseñe, luego se simule, después se experimente y finalmente se reporten los resultados mediante un informe breve y conciso, pero con las siguientes secciones mínimas: título, objetivo, introducción, desarrollo, conclusiones y bibliografía.
- Desarrollar un proyecto final (de preferencia por alumno): un sistema de control discreto; con el objetivo de que el alumno sea capaz de implementar cualquier tipo de ley de control. Finalmente, se sugiere dar un seguimiento muy intenso a cada uno de los proyectos: exposición de avances de proyecto, exposición de proyecto terminado, revisión exhaustiva de reporte final, etc.
- Programar cuando menos una visita a una industria o a un centro de investigación en donde el alumno pueda observar la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el curso.
- Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración de y entre los estudiantes.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios a las que ésta da soporte para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.
- Propiciar el desarrollo de capacidades intelectuales relacionadas con la lectura, la escritura y la expresión oral. Ejemplos: trabajar las actividades prácticas a través de guías escritas, redactar reportes e informes de las actividades de experimentación, exponer al grupo las conclusiones obtenidas durante las observaciones.
- Facilitar el contacto directo con materiales e instrumentos, al llevar a cabo actividades prácticas, para contribuir a la formación de las competencias para

el trabajo experimental como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo.

- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una ingeniería con enfoque sustentable.
- Cuando los temas lo requieran, utilizar medios audiovisuales para una mejor comprensión del estudiante.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura (procesador de texto, hoja de cálculo, base de datos, graficador, Internet, etc.).



## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Presentar un proyecto creativo donde muestre el control de una variable física empleando técnicas de control para sistemas discretos, presentando los fundamentos teóricos del diseño del proyecto, a través del reporte.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Fundamentos matemáticos de sistemas discretos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Comprender las herramientas empleadas en los sistemas discretos para su análisis.	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Comparar señales discretas en ambos planos (tiempo continuo y tiempo discreto) y discutir las diferencias y semejanzas.</li><li>▪ Evaluar las características principales de las señales discretas en ambos planos.</li><li>▪ Resuelve ejercicios para obtener la transformada <math>z</math> de señales básicas.</li><li>▪ Comprender las distintas propiedades y teoremas de la transformada <math>z</math>.</li><li>▪ Encontrar la transformada <math>z</math> inversa por el método de la división directa.</li><li>▪ Determinar la transformada <math>z</math> inversa por el método computacional.</li><li>▪ Desarrollar programas computacionales para resolver ecuaciones en diferencias.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar la transformada <math>z</math> a la solución de ecuaciones en diferencias.</li> <li>▪ Investigar las ventajas y desventajas del control discreto contra el control continuo.</li> <li>▪ Observar los efectos del cambio de la tasa de muestreo sobre una señal de referencia.</li> <li>▪ Emplear un osciloscopio para observar los efectos del cambio de la tasa de muestreo sobre la señal continua.</li> <li>▪ Utilizar ADCs o microcontroladores para obtener señales discretas a partir del muestreo de señales continuas.</li> <li>▪ Emplear DACs para reconstruir señales continuas a partir de señales muestreadas.</li> </ul>
--	--

## Unidad 2: Análisis de Sistemas discretos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Analizar la respuesta de sistemas discretos ante señales de prueba para determinar la estabilidad y la selección de controladores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incluir mesas de discusión para el análisis de las respuestas de los sistemas.</li> <li>▪ Resolver analíticamente y mediante software matemático la correspondencia de un sistema continuo en un sistema discreto.</li> <li>▪ Emplear software para obtener la respuesta de un sistema de lazo cerrado, y demostrar los resultados con los obtenidos mediante el análisis con la transformada <math>Z</math>.</li> <li>▪ En simulación, aplicar diferentes entradas (escalón, impulso, rampa, senoidal) a un sistema y registrar la respuesta transitoria obtenida.</li> <li>▪ Analizar en simulación la respuesta en estado estable de los sistemas de control digital.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinar de forma analítica la respuesta transitoria de sistemas discretos de primero y segundo orden.</li> <li>▪ Desarrollar programas para simular la respuesta transitoria de los sistemas discretos de primero y segundo orden.</li> <li>▪ Simplificar diagramas de bloques de sistemas discretos mediante álgebra de bloques y gráficos de flujo de señal.</li> </ul>
--	---

### Unidad 3: Diseño de controladores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Diseñar controladores discretos para sistemas físicos mediante técnicas de control clásico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analizar la estabilidad de sistemas discretos mediante el método del lugar de las raíces.</li> <li>▪ Analizar la estabilidad de sistemas discretos mediante el criterio de bode.</li> <li>▪ Analizar la estabilidad de sistemas discretos mediante el criterio de Nyquist.</li> <li>▪ Desarrollar prácticas de simulación para estudiar la estabilidad de sistemas discretos.</li> <li>▪ Determinar la función de transferencia pulso de un controlador PID.</li> <li>▪ Establecer la ecuación en diferencias de un controlador PID.</li> <li>▪ Desarrollar un proyecto creativo con aplicación en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.</li> </ul>

Haga clic aquí para escribir texto.

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. K. Ogata. Sistemas de control en tiempo discreto, Prentice Hall, 1997
2. G.F. Franklin, J.D. Powell, M.L. Workman. Digital control of dynamic systems, Addison-Wesley, 1994
3. Benjamín Kuo. Sistemas de control digital, Prentice Hall, 2008
4. M. Sami Fadali, Antonio Visioli, Digital Control Engineering, Academic Press, 2009
5. Chen, Chi-tsong. Analog & Digital Control System Design, Saunders College Publishing Electrical Engineering, 1993
6. Kannan M. Moudgalya. Digital Control, Ed. John Wiley and Sons, 2007
7. M. Sam Fadali. Digital Control Engineering Analysis and Desing, Ed. Elsevier, 2009
8. D. Ibrahim. Microcontroller Based Applied Digital Control, Ed. John Wiley and Sons, 2006
9. Charles L. Phillips, H. Troy Nagle. Digital Control System Analysis and Design Third Edition, Ed. Prentice Hall, 1995
10. Joaquim Filipe. Informatics in Control, Automation and Robotics, Ed. Springer, 2007
11. Edgard W. Kamen, Bonnie S. Heck , FUNDAMENTOS DE SEÑALES Y SISTEMAS, 3ra. Edición 2008.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Introducción a software especializado para el manejo de sistemas discretos.
- Teorema del muestreo: espectro de señales muestreadas.
- Utilizar sistemas de adquisición de datos.
- Respuesta transitoria.
- Verificación de estabilidad de sistemas discretos.
- Diseño de un controlador para controlar equipo ya existente en el laboratorio
- Diseño e implementación de controladores en proyecto final.
- Retenedor de orden cero.
- Retenedor de primer orden.
- Respuesta de sistemas discretos en lazo abierto a señales básicas.
- Análisis de la estabilidad por el método del lugar de las raíces.
- Análisis de la estabilidad por el método de Bode.
- Análisis de la estabilidad por el método de Nyquist.
- Simulación de sistemas con controlador PID discreto.