# UNIVERSIDAD DE SONORA
# Unidad Regional Centro
# División de Ingeniería
# Departamento de Ingeniería Industrial
## LICENCIATURA INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Nombre de la Asignatura: IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL** | | | | | |
| **Clave:** 4666 | **Créditos:** 7 | **Horas totales:** 96 | **Horas Teoría:** 1 | **Horas Práctica:** 3 | **Horas Semana:** 6 |
| **Modalidad:** Presencial | | | **Eje de Formación:** Integrador | | |
| **Elaborado por:** DR. VÍCTOR HUGO BENÍTEZ B. | | | | | |
| **Antecedente:** Microcontroladores, Control Digital, Instrumentación Industrial, Controladores Lógicos Programables | | | **Consecuente:** Ninguno | | |
| **Carácter:** Obligatoria | | | **Departamento de Servicio**: Ingeniería Industrial | | |

**Propósito:**
La materia Implementación de Sistemas de Control es una asignatura orientada a las aplicaciones; se enfoca en el uso de dispositivos y tecnologías de microcontroladores, PLC y Electrónica de Potencia, para desarrollar aplicaciones de impacto en la industria. Se fundamenta en la teoría del control tanto análogo como digital. Es una materia donde el alumno aplica los conocimientos y habilidades de la carrera para controlar fundamentalmente sistemas mecatrónicos complejos. Se imparte en el semestre IX, se ubica en el eje integrador.

# I. Contextualización

***Introducción:***

En la asignatura Implementación de sistemas de control, el alumno adquiere las habilidades y conocimientos necesarios para estimar los parámetros de una planta real y con ello diseñar sistemas de control tipo PID (proporcional, integrativo y derivativo) tanto en modelos analógicos y/o digitales. Se enfrenta a problemas reales de control, con lo cual utilizará técnicas más avanzadas de control industrial, así como herramientas de tiempo real. Usa software de análisis y diseño para implementar en tiempo real un sistema de control.

Existen al menos dos conceptos son fundamentales en este curso. Primeramente, se tiene el controlador PID. El control automático desempeña un papel importante en los procesos de manufactura, industriales, navales, aeroespaciales, robótica, económicos, biológicos. Uno de los tipos de control empleados para estos procesos es el denominado PID. Este controlador está constituido por: un sensor, que determine el estado del sistema; un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador; un actuador, que modifique al sistema de manera controlada. Funciona con base al concepto de realimentación de lazo cerrado.

Segundo concepto clave es el SCADA es un acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition. Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática; además proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento entre otros.

Las unidades didácticas del curso se describen brevemente a continuación.

En la unidad didáctica I se abordan problemas de estimación de parámetros. A pesar de que en el análisis se trabaja con modelos matemáticos, en la práctica se requieren los parámetros particulares de una planta para poder implementar el control de un sistema.

En la unidad didáctica II se desarrollan las habilidades para el diseño de sistemas de control analógicos industriales. Se hace uso de tecnologías, dispositivos y diversas herramientas para implementar controladores analógicos. Un controlador PID (Proporcional, integral y Derivativo) es un mecanismo por realimentación ampliamente usado y que calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado.

El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor proporcional depende del error actual. El integral depende de los errores pasados y el derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control.

En la unidad didáctica II se desarrollan las habilidades para el diseño de sistemas de control analógicos industriales. Se hace uso de tecnologías, dispositivos y diversas herramientas para implementar controladores digitales

En la unidad didáctica IV se introduce al alumno al problema de desarrollar controladores por medio de la técnica de control por modelo predictivo, haciendo uso extensivo de herramientas computacionales

En la unidad didáctica V se adquieren las habilidades para diseñar sistemas SCADA, (Supervisory Control And Data Acquisition) Supervisión, Control y Adquisición de Datos, es un concepto que se emplea para realizar un software que permite controlar y supervisar procesos a distancia. Su ventaja es que permite la retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. En esta unidad se establecen los criterios y bases fundamentales para aplicar esta herramienta de control.

| | |
|---|---|
| **Perfil del(los) instructor(es):** | Doctor en Ciencias o Maestro en Ingeniería con formación en el área de la Mecatrónica y/o la electrónica.<br>Poseer licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería Eléctrica o Ingeniería Electrónica.<br>Con experiencia docente y profesional comprobada de al menos dos años en las áreas de la electrónica y/o Mecatrónica.<br>Es deseable que se tenga experiencia en el diseño practico de sistemas de control. |

# II. Competencias a lograr

***Competencias genéricas a desarrollar:***

- **Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.** Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida cotidiana.
- **Trabajo colaborativo.** Asume una actitud constructiva, congruente con los conocimientos y habilidades con los que cuenta dentro de distintos equipos de trabajo.
- **Capacidad para la toma de decisiones.** Evalúa y sopesa información importante para identificar los aspectos relevantes. Define la prioridad para la solución del problema en términos de impacto y urgencia.
- **Capacidad para realizar investigación básica y aplicada.** Identifica los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos.
- **Competencia Digital.** Aplica herramientas digitales para el pensamiento reflexivo, la creatividad y la innovación.

***Competencias específicas:***

- CAPACIDAD PARA DISEÑAR Y GESTIONAR, PRODUCTOS Y PROCESOS MECATRÓNICOS.
  - Definir las variables y parámetros clave para controlar equipos en un proceso mecatrónico.
- CAPACIDAD PARA INTEGRAR COMPONENTES ELECTRÓNICOS CON SENSORES Y ACTUADORES.
  - Conocer como una computadora es utilizada en la automatización industrial, para operar procesos electromecánicos, así como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje.
- HABILIDAD PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE CONTROL Y DE AUTOMATIZACIÓN.
  - Utilizar el conocimiento en la selección, aplicación, operación, mantenimiento y calibración de instrumentos para el control automático y la medición de variables analógicas y digitales existentes en las instalaciones de procesos industriales.

***Objetivo General:***

Implementar en tiempo real sistemas de control industrial mediante la integración de tecnologías de vanguardia. Aprender a utilizar el sistema de controladores PID, que muestran ser robustos en muchas aplicaciones. Asimismo, entender el control automático con SCADA. Saber que éste es un software de control de producción, que tiene el objetivo de comunicar con los dispositivos de campo para poder controlar el proceso de forma automática desde la pantalla de una computadora.

***Objetivos Específicos:***

1. Aplicar técnicas de estimación de parámetros en al menos una planta real.
2. Diseñar con técnicas analógicas sistemas de control PID y sus variantes.
3. Diseñar con técnicas digitales sistemas de control PID y sus variantes.
4. Aplicar técnicas de análisis y diseño de sistemas de control por modelo predictivo.
5. Implementar sistemas SCADA y desarrollar habilidades en el uso de software de diseño de sistemas de control.

***Unidades Didácticas:***

**Unidad Didáctica I** – ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.
**Unidad Didáctica II** – IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES PID ANALÓGICOS.
**Unidad Didáctica III** – IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES PID DIGITALES.
**Unidad Didáctica IV** – IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES POR MODELO PREDICTIVO USANDO MATLAB Y SUS HERRAMIENTAS EN TIEMPO REAL.
**Unidad Didáctica V** – IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SCADA.

# III. Didáctica del programa

***Unidades Didácticas:***

**Unidad didáctica I. Estimación de parámetros**

En la unidad I el alumno adquiere los conocimientos relacionados con la estimación de parámetros. La estimación de parámetros es un paso esencial como primer elemento metodológico en el diseño de sistemas de control a plantas y procesos en tiempo real.

- Identificación de sistemas.

- Modelos lineales.
- Métodos de estimación de parámetros.
- Métodos recursivos.
- Técnicas de Ziegler – Nichols.

**Unidad didáctica II. Implementación de controladores PID analógicos**
En la unidad II el alumno diseña sistemas de control empleando técnicas analógicas de diseño tales como Bode y Lugar geométrico de las raíces para implementar los controladores mediante dispositivos analógicos. Un controlador PID (Proporcional, integral y Derivativo) es un mecanismo por realimentación ampliamente usado y que calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado.

- Diseño de controladores usando análisis de Bode.
- Diseño de controladores usando análisis de LGR.
- Implementación de compensadores de adelanto atraso, atraso adelanto.
- El OPAM como dispositivo para implementar sistemas de control.

**Unidad didáctica III. Implementación de controladores PID digitales**
En la unidad III el alumno diseña sistemas de control empleando tecnologías digitales de diseño tales como microcontroladores, instrumentación virtual y PLC.

- Diseño de controladores discretos.
- Controladores Dead beat, Dahlin, colocación de polos.
- Controlador PID.
- Realización de controladores.
- Estructuras canónicas y no canónicas.
- Realización en cascada y paralelo.
- Implementación del PID.
- Implementación en microcontrolador.
- Implementación en PLC.
- Implementación en Labview.

**Unidad didáctica IV. Implementación de controladores por modelo predictivo usando MATLAB**
En esta unidad el alumno adquiere las habilidades y conocimientos necesarios diseñar sistemas de control industrial de tipo modelo predictivo haciendo uso de herramientas de análisis y diseño por computadora.

- Introducción al MPC en tiempo discreto.
- MPC en tiempo discreto con restricciones.
- Implementación de MPC.

**Unidad didáctica V. Implementación de Sistemas SCADA**
En esta unidad el alumno conoce los aspectos generales de la operación de los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos SCADA. Supervisión, Control y Adquisición de Datos, que un software que permite controlar y supervisar procesos a distancia. Se efectúan los controles automáticos en tiempo real con los dispositivos de campo como sensores y actuadores.

- Introducción a los sistemas SCADA
- Sistemas en tiempo real

- Comunicaciones en los SCADA
- Aplicaciones.

***Criterios de desempeño:***

1. Elaboración de tareas en fechas establecidas.
2. Elaboración de prácticas de laboratorio.
3. Entrega de reportes de prácticas bajo formato pre establecido por el profesor.
4. Asistencia de acuerdo al reglamento.
5. Presentar los exámenes en las fechas programadas.
6. Trabajo en equipo.

***Experiencias de Enseñanza / procesos y objetos de aprendizaje requeridos:***

1. Exposición del profesor de los temas teóricos.
2. Exposición de proyectos.
3. Actividades en laboratorio de mecatrónica.

***Experiencias de aprendizaje:***

1. Lecturas complementarias.
2. Resúmenes críticos de artículos de revistas y/o memorias de congresos.
3. Tareas.
4. Prácticas de laboratorio.
5. Proyecto final en equipo

**Recursos didácticos y tecnológicos (material de apoyo):**

1. Laptop del participante y del instructor.
2. Cañón.
3. Pintarrón.
4. Conexión a internet.
5. Equipo de laboratorio de Mecatrónica.
6. Bases de datos de biblioteca.
7. Software MATLAB.

| ***Bibliografía*** | ***Básica/ Complementaria*** |
|---|---|
| Dogan Ibrahim. (2006). Microcontroller Based Applied Digital Control. 1ª edition, Edit. Wiley. | ***Básica*** |
| Liuping Wang. (2009). Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB® (Advances in Industrial Control). Edit.Springer. | ***Básica*** |
| Lennart Ljung. (1999). System Identification: Theory for the User. 2nd edition. Edit. Prentice Hall. | ***Básica*** |
| Johan Schoukens. (2012). Mastering System Identification in 100 Exercises. 1th edition. Edit. Wiley. | ***Básica*** |
| Stuart A. Boyer. (2017). Scada Supervisory Control And Data Acquisition. 4th edition. Edit. The Instrumentation, Systems, and Automation Society. | ***Básica*** |

| | |
|---|---|
| Karl J. Astrom. (2006). Advanced PID Control. Edit. International Society of Automation. | ***Complementaria*** |
| K. Ogata. (2012). Ingeniería de Control Moderna. 5ª edición. Edit. Pearson. | ***Complementaria*** |
| Eduardo F. Camacho, Carlos Bordons Alba. (2007). Model Predictive Control (Advanced Textbooks in Control and Signal Processing). 2nd edition. Edit. Springer. | ***Complementaria*** |

# IV. Evaluación Formativa de las Competencias

| # | Tipo (C,H,A) | Evidencias a evaluar | Criterios de evaluación | Técnicas e Instrumentos de Evaluación | Ponderación % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | C | Examen parcial | Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos en relación a las unidades I y II | Examen escrito | 20 % |
| 2 | C | Examen parcial | Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos con relación a la unidad III | Examen escrito | 20 % |
| 3 | C | Examen parcial | Se evaluará el nivel de conocimientos adquiridos con relación a las unidades IV y V | Examen escrito | 20 % |
| 4 | H, A | Tareas entregadas en tiempo sin prorroga | Las tareas se revisarán en fecha específica sin haber prorroga a su entrega | Evidencia de tarea entregada | 10 % |
| 5 | C, H, A | Prácticas de laboratorio | Se evaluarán los conocimiento, habilidades y actitudes en la realización de prácticas de laboratorio | Practica en fecha específica en laboratorio sin prórroga para su realización | 15 % |
| 6 | C, H, A | Proyecto final | Se evaluarán los conocimiento, habilidades y actitudes en la realización del proyecto final a realizarse en equipo | Se revisará el proyecto final en fecha específica en laboratorio sin prórroga para su realización | 15 % |
| **Total** | | | | | **100 %** |

C: Conocimientos H: Habilidades A: Actitudes