

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura: **Robótica**

Clave de la asignatura: **ATF-1804**

SATCA¹ **3-2-5**

Carrera: **Ingeniería Electrónica**

2. Presentación

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electrónico la capacidad para realizar estudios cinemáticos y dinámicos de los movimientos de robots y manipuladores para el diseño, aplicación y control de sistemas robóticos, así como la posibilidad para seleccionar y programar robots comerciales para un determinado proceso industrial.

La materia en su constitución ha tenido especial interés en abordar los diferentes campos de las ingenierías y de la tecnología que intervienen en la integración de un robot y da énfasis en la importancia que reviste la robótica actualmente en los campos diversos en el quehacer profesional.

La asignatura integra a las diversas ingenierías, pues requiere de ellas conocimientos de los diversos subsistemas que contiene un robot, así como sus características fundamentales de funcionamiento. Temas como la cinemática, dinámica, control y otros más son considerados con gran atención contemplando los enfoques teóricos y prácticos en el tratamiento de los conceptos de la robótica.

El profesional en el desempeño cotidiano será capaz de comprender las características, parámetros y conceptos intrínsecos de un sistema robótico al observar sus diferentes configuraciones, de este modo será capaz de seleccionar y programar estos sistemas propiciando con ello la modernización de los procesos productivos.

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

Intención didáctica.

El temario contiene cinco unidades, contemplando en su primera unidad la identificación de los diversos tipos de robots; así como sus diferentes especificaciones y aplicaciones.

La unidad dos enuncia y promueve la programación de robots comerciales utilizando técnicas por enseñanza y textuales, a nivel robot y tarea.

La unidad tres comprende el entendimiento claro de lo que significa la formalización matemática de los movimientos de las articulaciones (traslaciones y rotaciones) en un sistema de referencia espacial dado. Considera la demostración y utilización de la matriz de transformación homogénea 3D como una herramienta matemática que permite describir el movimiento de una cadena de eslabones que constituyen a un determinado robot, también la inversa de esta matriz es definida. Se realiza un estudio de la cinemática directa e inversa utilizando la metodología de Denavit–Hartenberg.

La cuarta unidad realiza la modelación dinámica del robot utilizando la metodología de Lagrange-Euler y Newton-Euler con el objetivo de definir la potencia de los motores que impulsan los movimientos del robot, así como para evaluar las inercias y esfuerzos involucrados, esto permite evaluar la resistencia que deben tener los soportes, engranes, bandas, etc. que requiere el robot.

La quinta unidad contempla el control del movimiento de un robot considerando sus articulaciones desacopladas y acopladas, la obtención de funciones de transferencia y el diseño de controladores.

La unidad seis contempla el estudio de los algoritmos que realizan la generación de trayectorias que gobiernan los movimientos del robot, las interpolaciones y las restricciones de éstas.

Decididamente el énfasis fundamental de la materia es reunir todo el conocimiento necesario de las disciplinas que involucran a la robótica y prepararse en el desarrollo de sistemas automáticos que convergen para obtener una producción con altos estándares.

Todas las unidades están interrelacionadas y es necesario contar con cierto dominio matemático. Es necesario conocer los conceptos fundamentales de operaciones matriciales y la transformada de Laplace, destacando que se vuelven unas herramientas fundamentales en el estudio de los modelos matemáticos generados.

Dentro del curso se contempla la posibilidad del desarrollo de actividades prácticas que promuevan, de los temas básicos a los avanzados, el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de las articulaciones del robot, que pueden ser de naturaleza eléctrica, neumática o hidráulica, considerando siempre sus datos relevantes; el planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propiciar 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, así, por ejemplo, la robótica es posible observarla en aplicaciones prácticas que brinden una mejor comprensión de sus características. 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.

Se sugiere una actividad integradora (proyecto final) que permita aplicar los conceptos de robótica estudiados durante el curso. 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.

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

Perfectamente cabe la posibilidad de utilizar herramientas de apoyo, materiales diversos que en la actualidad son más disponibles para la comprensión de los diversos temas. Una herramienta sugerida para la evaluación de sistemas reales es RAPL y Matlab, los cuales se encuentran como una opción de programación y

simulación de sistemas robóticos de diferentes configuraciones.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

Se pretende que durante el curso de manera integral se conforme una visión del futuro profesionista y se pueda crear la confianza en él que permita interpretar el mundo que le rodea, sea este dentro de su desempeño laboral o no, donde fundamentalmente el enfoque sistemático será una herramienta de desempeño de la profesión, así mismo del desarrollo humano.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

| Lugar y fecha de elaboración o revisión | Participantes | Observaciones |
|--|--|--|
| Instituto Tecnológico de Piedras Negras. Octubre de 2013. | Academia de Ingeniería Electrónica y Mecatrónica. | Materia del módulo de especialidad surgida de la encuesta del entorno Socioeconómico de la región. |

4. Competencia(s) a desarrollar

| Competencia(s) específica(s) de la asignatura |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Tener un mejor conocimiento de los componentes principales de un sistema robótico. • Comprender los aspectos principales de operación, manipulación, configuración y programación de un robot industrial. • Caracterizar y seleccionar los elementos básicos que constituyen un ambiente de manufactura flexible basado en el uso de robots y sistemas automáticos. • Dominar algunas técnicas de programación de robots industriales. • Manipular y reconocer los diferentes tipos de robots industriales tanto fijos como móviles. |

- Obtención de la función de transferencia de un manipulador de uno y dos grados de libertad con sus articulaciones desacopladas y acopladas.
- Proponer una trayectoria para el movimiento de un robot.

5. Competencias previas

- Realizar operaciones con matrices
- Generar diagramas de cuerpo libre
- Automatizar, controlar y programar máquinas
- Diagnosticar y analizar fallas en máquinas
- Analizar, diseñar y aplicar controladores
- Seleccionar y aplicar sensores y transductores a sistemas y procesos industriales
- Seleccionar, aplicar y diseñar elementos y dispositivos mecánicos en sistemas dinámicos
- Interpretar y aplicar tolerancias y dimensiones geométricas
- Seleccionar materiales para construcción de robots manipuladores
- Aplicar el análisis de vibraciones, control e instrumentación para medición
- Realizar y/o seleccionar interfaces electrónicas para el control de elementos mecánicos
- Calcular momentos torsionales y flexionantes en los eslabones de articulaciones

6. Temario

| No. | Temas | Subtemas |
|-----|----------------------|--|
| 1 | Morfología del Robot | 1.1 Historia de los robots 1.2 Estructura mecánica de un robot 1.3 Transmisiones y Reductores 1.3.1 Transmisiones 1.3.2 Reductores 1.3.3 Accionamiento Directo 1.4 Comparación de sistemas de acción 1.4.1 Actuadores neumáticos 1.4.2 Actuadores hidráulicos 1.4.3 Actuadores eléctricos 1.5 Sensores internos 1.5.1 Sensores de posición 1.5.2 Sensores de velocidad |

| | | |
|---|------------------------|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> 1.5.3 Sensores de presencia 1.6 Elementos terminales 1.7 Tipos y características de robots 1.8 Grados de libertad y espacio de trabajo 1.9 Aplicaciones |
| 2 | Programación de Robots | <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Programación no textual <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 por hardware <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1.1 programa cableado 2.1.1.2 programa definido mecánicamente 2.1.2 por enseñanza <ul style="list-style-type: none"> 2.1.2.1 en línea 2.1.2.2 modo pasivo 2.1.2.3 modo activo 2.1.2.4 fuera de línea 2.2 Programación textual <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1 Explícita <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1.1 nivel robot 2.2.1.2 nivel objeto 2.2.2 Implícita <ul style="list-style-type: none"> 2.2.2.1 nivel objeto 2.2.2.2 nivel tarea |
| 3 | Cinemática | <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Sistemas de coordenadas <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 Representación de un punto en el sistema de coordenadas 3.1.2 Descripciones espaciales <ul style="list-style-type: none"> 3.1.2.1 posición 3.1.2.2 orientación 3.1.2.3 ejes de referencia 3.2 Movimiento rígido y transformaciones homogéneas <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Rotaciones 3.2.2 Composición de rotaciones 3.2.3 Propiedades de las rotaciones 3.2.4 Matrices anti simétricas 3.2.5 Matrices y Transformaciones homogéneas 3.3 Representación de Denavit-Hartenberg <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1 Cadenas cinemáticas 3.3.2 Representación Denavit-Hartenberg 3.3.3 Cinemática directa 3.3.4 Ejemplos 3.4 Cinemática inversa <ul style="list-style-type: none"> 3.4.1 Introducción 3.4.2 Desacoplo cinemático |

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| | | 3.4.3 Posición inversa 3.4.4 Orientación inversa |
| 4 | Dinámica | 4.1 Introducción 4.1.1 Importancia de la dinámica del manipulador 4.1.2 Aplicaciones 4.2 Ecuaciones de Euler-Lagrange 4.2.1 Velocidades de las articulaciones de un robot 4.2.2 Energía cinética 4.2.3 Energía potencial 4.2.4 Ecuaciones de movimiento 4.3 Formulación de Newton-Euler 4.3.1 Sistema de coordenadas rotantes 4.3.2 Sistema de coordenadas en movimiento 4.3.3 Cinemática de los elementos 4.3.4 Ecuaciones de movimiento recursivas 4.4 Ecuaciones de movimiento generalizadas de D’Alambert 4.4.1 Modelo dinámico simplificado 4.4.2 Ejemplos |
| 5 | Control | 5.1 Introducción 5.2 Control de posición 5.3 Control de velocidad 5.4 Control de fuerza |
| 6 | Planificación de Trayectorias | 6.1 Trayectorias paramétricas 6.2 Perfil trapezoidal 6.3 Restricciones de trayectorias |

7. Actividades de aprendizaje de los temas

| Tema 1: Morfología del Robot | |
|---|--|
| Competencia | Actividades de Aprendizaje |
| Específica(s): Comprender la importancia de la robótica, así como las disciplinas que intervienen en el análisis y diseño de manipuladores | <ul style="list-style-type: none"> Investigar en diferentes fuentes de los alumnos en forma individual o grupal sobre el tema de las aplicaciones de los robots. Consultar diversas fuentes para conocer publicaciones científicas y tecnológicas de |

| | |
|---|---|
| <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información. <input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis. <input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos. <input type="checkbox"/> Soluciona problemas. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Trabajo en equipo. <input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Capacidad de aprender. <input type="checkbox"/> Búsqueda del logro. | <p>la robótica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Describir los componentes de un robot industrial, las características de robots y las definiciones básicas de la robótica. • Identificar y determinar los grados de libertad y el espacio de trabajo de un sistema mecánico articulado. • Comparar los diferentes sistemas de acción destacando sus ventajas y desventajas. |
| <p>Tema 2: Programación de Robots</p> | |
| <p>Competencia</p> | <p>Actividades de Aprendizaje</p> |
| <p>Específica(s): Aplicar las diferentes técnicas de programación de robots, así como las ventajas y desventajas de cada una de ellas</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información. <input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis. <input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos. <input type="checkbox"/> Soluciona problemas. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Trabajo en equipo. <input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Capacidad de aprender. <input type="checkbox"/> Búsqueda del logro. | <ul style="list-style-type: none"> • Exponer en clase las formas convencionales de programación de los robots industriales • Realizar prácticas sobre “Programación de Robots” en donde el alumno aplique las interfaces de control del robot • Realizar prácticas sobre “Programación de Robots” en donde el alumno programe de forma textual los movimientos de un robot |

| Temas 3: Cinemática | |
|---|---|
| Competencia | Actividades de Aprendizaje |
| <p>Específica(s):</p> <p>Comprender los conceptos sobre el modelado cinemático de un manipulador, su importancia y limitaciones</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información. <input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis. <input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos. <input type="checkbox"/> Soluciona problemas. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Trabajo en equipo. <input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Capacidad de aprender. <input type="checkbox"/> Búsqueda del logro. | <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar en clase la forma de modelar la cinemática de los robots manipuladores • Obtener la matriz de traslación, rotación y transformación homogénea para algún movimiento determinado de un robot, dada su configuración particular • Realizar la cadena cinemática de los eslabones de un robot utilizando la metodología Denavit–Hartenberg • Efectuar una búsqueda en internet sobre simuladores de uso gratuito • Realizar ejemplos de modelación que el profesor exponga en clase • Realizar una práctica en donde se programe en computadora y se simule el modelo de la cinemática de un robot. |
| Unidad 4: Dinámica | |
| Competencia | Actividades de Aprendizaje |
| <p>Específica(s):</p> <p>Comprender los conceptos sobre el modelado dinámico de un manipulador, su importancia y limitaciones</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar en clase la forma de modelar la dinámica de los robots manipuladores. • Realizar el modelado dinámico de los eslabones de un robot utilizando Lagrange-Euler y Newton-Euler. • Realizar un proyecto el modelo dinámico de un manipulador. |

| | |
|--|---|
| <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información. <input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis. <input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos. <input type="checkbox"/> Soluciona problemas. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Trabajo en equipo. <input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Capacidad de aprender. <input type="checkbox"/> Búsqueda del logro. | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar prácticas en donde se implemente un programa en computadora que simule el modelo de la dinámica de un robot y que analizar los resultados de las simulaciones |
| <p>Tema 5: Control</p> | |
| <p>Competencia</p> | <p>Actividades de Aprendizaje</p> |
| <p>Específica(s): Reconocer los diferentes esquemas de control y su aplicación para los requerimientos de movimiento de un manipulador</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información. <input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis. <input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos. <input type="checkbox"/> Soluciona problemas. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Trabajo en equipo. <input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Capacidad de aprender. <input type="checkbox"/> Búsqueda del logro. | <ul style="list-style-type: none"> • Exponer en clase las formas convencionales de controlar la posición, velocidad y fuerza en robots industriales • Realizar prácticas orientadas a simular modelos de control de uno o varios grados de libertad de un robot • Utilizar lenguajes de programación virtual para control y monitoreo de procesos de manufactura robotizados |

| Tema 6: Planificación de Trayectorias | |
|---|--|
| Competencia | Actividades de Aprendizaje |
| <p>Específica(s): Aplicar las principales técnicas para la definición de trayectorias de un robot</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procesa e interpreta información. <input type="checkbox"/> Capacidad de análisis y síntesis. <input type="checkbox"/> Representa e interpreta modelos en diferentes formas: textual, gráfica, matemática y de circuitos. <input type="checkbox"/> Soluciona problemas. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Trabajo en equipo. <input type="checkbox"/> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. <input type="checkbox"/> Habilidades de investigación. <input type="checkbox"/> Capacidad de aprender. <input type="checkbox"/> Búsqueda del logro. | <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar la forma de modelar la planificación de trayectorias de los robots manipuladores • Realizar prácticas en donde se programe en computadora y se simule la trayectoria deseada que efectúe un robot y se analicen los diferentes resultados obtenidos |

8. Práctica(s)

| |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer un robot experimental esquematizado que satisfaga a una necesidad real 2. Establecer los parámetros que definen dimensionalmente al robot propuesto 3. Realizar una práctica sobre “Programación de Robots” en donde el alumno aplique la interface de control del robot Teach-Pendant 4. Realizar una práctica sobre “Programación de Robots” en donde el alumno programe de forma textual los movimientos de un robot 5. Desarrollar el análisis cinemático directo e inverso del robot propuesto 6. Aplicar el modelo dinámico al robot propuesto mediante el método de Lagrange – Euler 7. Aplicar el modelo dinámico establecido por Newton–Euler al robot propuesto 8. Realizar un programa en computadora que simule el modelo de la cinemática y dinámica de un robot 9. Diseñar y detallar el controlador dinámico articular para un sistema robótico propuesto |
|--|

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

1. Fu, K. S., González, R. C., y Lee, C. S. G., Robótica: Control, Detección, Visión e Inteligencia, Ed. McGraw Hill.
2. Barrientos, et. al., Fundamentos de robótica, Ed. McGraw Hill.
3. Spong, M.W., Vidyasagar, M., Robot Dynamics and control, Ed. John Wiley & Sons.
4. Craig, J., Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Ed. Addison-Wesley.
5. Shahinpoor, M., A robot Engineering Textbook, Ed. Harper & Row.
6. www.kuka.com: ([ArcWelding_engl.](#), [Food Suppy Chain_engl.](#), [Kuka_CAMROB_de.](#), [Kuka_Jet_en.](#), [Kuka_Reinraum_en.](#)).
7. Standler, W., Analytical Robotics and mechatronics, Ed. McGraw Hill International.
8. Koren, Y., ROBOTICS for engineers, Ed. McGraw Hill International.
9. www.unimation.com: catalog.
10. www.abbrobots.com: catalog.
11. Safford, E.L., Handbook of Advanced Robotics, Ed. TAB BOOKS inc.