

PROGRAMA DE CURSO Manipuladores Robóticos



A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil Mecánica (DIMEC)					
Nombre del curso	Manipuladores Robóticos	Código	ME6030	Créditos	3	
Nombre del curso en inglés	<i>Robotic manipulators</i>					
Horas semanales	Docencia	1,5	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	2
Carácter del curso	Obligatorio		Electivo de especialidad	X		
Requisitos	ME3250: Cinemática y Dinámica de Mecanismos					

B. Propósito del curso:

El propósito de este curso es introducir a las y los estudiantes a los fundamentos de manipuladores robóticos, sus posibles configuraciones espaciales, considerando su cinemática, dinámica y control. Las y los estudiantes serán capaces de diseñar un algoritmo de control para un manipulador robótico con el fin de implementarlo en un proceso productivo automatizado.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.

CE2: Interpretar los resultados de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizadas para ello.

CE3: Concebir y crear sistemas innovadores que den respuesta a nuevas necesidades tanto en el ámbito nacional como internacional.

CE4: Diseñar componentes, equipos y sistemas mecánicos para la industria y la generación de energía.

CE5: Construir sistemas mecánicos mediante la integración y síntesis de diferentes elementos.

CG1: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa en diversas actividades formativas. Mediante autogestión de sí mismo y de la relación con pares, formando interacciones asumiendo diversos roles. En los que se incluyen: de líder y colaborador. Lo anterior, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

CG6: Innovación

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

B. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2, CE3	RA1: Programa un sistema automático de planificación de trayectoria en distintas configuraciones de manipuladores robóticos para una aplicación específica e identifica su posible uso en nuevas aplicaciones.
CE3, CE4, CE5	RA2: Implementa un sistema de control en un manipulador robótico considerando los actuadores y sensores disponibles para definir y controlar el estado del sistema, con el fin de resolver un problema en particular.
CE1, CE2	RA3: Diseña, evalúa, y selecciona un manipulador robótico, considerando, sus requerimientos cinemáticos y dinámicos enfocados a una tarea específica.
CE3, CE4, CE5	RA4: Selecciona actuadores y sensores de un manipulador robótico adecuados para su uso en una tarea o resolver un problema específico.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Interactúa con sus pares en la ejecución de un proyecto, considerando el aporte de cada miembro del equipo en el cumplimiento de las tareas, del objetivo común y la capacidad para organizarse, trabajando de forma colaborativa y vinculada.

CG6	RA6: Idea y desarrolla un prototipo que resuelve un desafío mecánico en particular, adaptable a su entorno y a la intervención de estímulos externos, mediante ensayo y optimización de distintas soluciones a diversos problemas que surgen durante su proceso de desarrollo.
-----	--

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1,RA2	Introducción a manipuladores Robóticos	1
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Definición de manipulador y brazo robótico. 1.2. Principio de funcionamiento de manipuladores robóticos 1.2.1. Aplicaciones		El y la estudiante: 1.1 Identifica qué es un manipulador robótico, dimensionar su importancia industrial y rango de aplicaciones. 1.2 Comprende la complejidad de planificar y controlar manipuladores robóticos. 1.3 Programa y controla diferentes actuadores electromecánicos a través de microcontroladores y circuitos electrónicos.	
Bibliografía de la unidad		1,2,5	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA3	Geometría en el espacio y fundamentos matemáticos	2
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Geometría 2D y 3D: Descripción genérica de un mecanismo 2.2. Transformaciones en 2 y 3 dimensiones		El y la estudiante: 2.1 Comprende el concepto de posición y pose en 2 y 3 dimensiones. 2.2 Aplica transformadas para rotación y traslación de distintos sistemas en el espacio. 2.3 Calcula y transforma pose en un manipulador robótico articulado.	

	<p>2.4 Implementa un diseño simplificado de un brazo robótico.</p> <p>2.5 Comprende sistemas articulados abiertos y cerrados.</p> <p>2.6 Describe el espacio de acción de los manipuladores robóticos.</p>
Bibliografía de la unidad	1,2,5

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3	Cinemática de manipuladores robóticos	4
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Cinemática directa 2D y 3D</p> <p>3.1.1. Parámetros Denavit Hartenberg</p> <p>3.1.2. Sub y sobreactuación</p> <p>3.1.3. Notación q, \dot{q}, \ddot{q}</p> <p>3.1.4. Descripción 2D y 3D de un robot genérico</p> <p>3.2. Cinemática inversa 2D y 3D</p> <p>3.3. Jacobiano de un robot</p> <p>3.3.1. Cinemática de velocidad</p> <p>3.3.2. Análisis de fuerza estática</p> <p>3.3.3. Prevención de singularidades</p>		<p>El y la estudiante:</p> <p>3.1 Comprende y diferencia entre un sistema sobreactuado y subactuado.</p> <p>3.2 Comprende la notación q de parámetros para manipuladores mecánicos.</p> <p>3.3 Comprende y aplica notación q de parámetros para describir la cinemática de un robot.</p> <p>3.4 Determina la pose del robot en base a sus grados de libertad y valores de entrada.</p> <p>3.5 Calcula las variables de estado del sistema en función de la pose objetivo del manipulador robótico.</p> <p>3.6 Determina la matrix Jacobiana de un manipulador robótico y lo utiliza para calcular la velocidad de cada articulación, con el fin de definir una cinemática en particular.</p> <p>3.7 Estima torques y fuerzas en las articulaciones de un robot a partir de la matrix Jacobiana de un manipulador aplicando trabajos virtuales.</p>	
Bibliografía de la unidad		1,2,5	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2	Camino y trayectoria en manipulación robótica	2
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Camino y trayectoria 4.1.1. Movimiento a través de singularidades 4.2. Motion planning 4.2.1. Path planning		El y la estudiante: 4.1 Comprende el concepto de camino y trayectoria en manipuladores robóticos. 4.2 Calcula la trayectoria del efector de un manipulador robótico entre 2 puntos, siguiendo una curva polinomial, trapezoidal u otra. 4.3 Implementa una trayectoria utilizando algoritmos de path planning, y ejecutarlas en un simulador. 4.5 Evalúa y crítica, con sus pares, las soluciones propuestas, con el fin de mejorar el algoritmo implementado.	
Bibliografía de la unidad		1,2,4	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA4	Actuadores, sensores y control	2
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. PWM 5.2. PID 5.3. Lazo cerrado de control 5.4. Lazo abierto de control 5.5. Actuadores 5.6. Sensores		El y la estudiante: 5.1 Comprende los conceptos básicos para el control de motores, control de lazo abierto, lazo cerrado y control PID. 5.2 Comprende la necesidad de retroalimentación en un sistema controlado. 5.3 implementa y calibra un sistema de control de lazo cerrado de velocidad y/o posición. 5.4 Evalúa y crítica, con sus pares, las soluciones propuestas, con el fin de mejorar el trabajo desarrollado.	

Bibliografía de la unidad	1,2
---------------------------	-----

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3, RA4, RA5, RA6	Tópicos de manipulación robótica	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Dinámica de manipuladores 6.1.1. Directa 6.1.2. Inversa 6.2. Mecanismos y manipuladores especiales 6.2.1. Baja impedancia 6.2.2. TSA 6.2.3. <i>Complaint mechanism</i> 6.2.4. Robots blandos 6.2.5. Visión		Las y los estudiantes: 6.1 Comprende conceptos más avanzados de robótica. 6.2 Trabajan en grupo y desarrolla un proyecto donde implementan distintos conceptos de manipulación robótica. 6.3 Idea y desarrolla o implementa, con sus pares, un prototipo de manipulador robótico que cumpla con los tópicos más avanzados de robótica. 6.4 Evalúa y crítica, con sus pares, las soluciones propuestas, con el fin de mejorar el sistema desarrollado.	
Bibliografía de la unidad		1,2,3,4	

E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

La estrategia metodológica es activo- participativa, en donde la principal actividad es:

- Clases expositivas
- Laboratorios
- Trabajos prácticos

F. Estrategias de evaluación:

La evaluación será de proceso, en donde las instancias de evaluación son:

- Laboratorios
- Tareas
- Proyecto Semestral

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

1. P. Corke, *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms In MATLAB®Second, Completely Revised, Extended And Updated Edition*. Springer International Publishing, 2017.
2. K. M. Lynch and F. C. Park, *Modern Robotics*. Cambridge University Press, 2017.

Bibliografía complementaria:

3. Ten Pas, A., Gualtieri, M., Saenko, K., & Platt, R. (2017). Grasp pose detection in point clouds. *The International Journal of Robotics Research*, 36(13-14), 1455-1473.
4. P. Corke and J. Haviland, "Not your grandmother's toolbox – the Robotics Toolbox reinvented for Python," *2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2021, pp. 11357-11363, doi: 10.1109/ICRA48506.2021.9561366.
5. J. Craig, *Introduction to Robotics: Mechanics and Control, ser.* Addison-Wesley series in electrical and computer engineering: control engineering. Pearson/Prentice Hall, 2005.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Ulises Campodónico, Joakin Ugalde, Gonzalo Olave, Rubén Fernández
Validado por:	Validación académica por: Rubén Fernández
Revisado por:	AGC