

PROGRAMA EDUCATIVO
LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA
EN COMPETENCIAS PROFESIONALES
PROGRAMA DE ASIGNATURA
CINEMÁTICA Y DINÁMICA DE ROBOTS

CLAVE: E-CDR-3

Propósito de aprendizaje de la Asignatura		El estudiante obtendrá el modelo dinámico de manipuladores, a través de métodos geométricos, analíticos y de simulación para determinar la posición, orientación y velocidad del efector final y plataforma móvil, así como la relación entre las fuerzas implicadas y el movimiento de robots industriales.			
Competencia a la que contribuye la asignatura		Diseñar sistemas mecatrónicos y robóticos con base en los requerimientos del proceso y la detección de áreas de oportunidad mediante metodologías, herramientas de diseño, simulación y manufactura para brindar soluciones tecnológicas innovadoras a las necesidades de los procesos productivos y servicios.			
Tipo de competencia	Cuatrimestre	Créditos	Modalidad	Horas por semana	Horas Totales
Específica	7	6	Escolarizada	6	90

Unidades de Aprendizaje	Horas del Saber	Horas del Saber Hacer	Horas Totales
	I. Transformaciones homogéneas.	5	10
II. Cinemática de manipuladores seriales y paralelos.	10	20	30
III. Dinámica del cuerpo rígido	5	10	15

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

IV. Modelos dinámicos de manipuladores en movimiento.	10	20	30
Totales	30	60	90

Funciones	Capacidades	Criterios de Desempeño
Desarrollar sistemas mecatrónicos a través del diseño, la integración, administración y la aplicación de nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades del sector productivo.	Determinar requerimientos de procesos industriales y de servicios mediante técnicas de medición de variables físicas, técnicas de análisis de las necesidades y del proceso para establecer las especificaciones de diseño.	<p>Elabora un reporte de los requerimientos del diseño que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Requisitos del cliente, necesidades o áreas de oportunidad - Capacidad de producción o de servicio - Costo inicial, de operación y mantenimiento estimado - Dimensionamiento - Apariencia - Funciones del sistema mecatrónico: - Nivel de operabilidad - Desempeño - Requisitos del diseño - Seguridad - Normatividad - Manufacturabilidad - Factibilidad tecnológica - De instalación - Mantenimiento - Ergonomía - Sustentabilidad
	Construir los componentes del sistema mecatrónicos mediante	Elabora el proyecto de diseño del sistema mecatrónico que incluya:

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

	<p>el cálculo y especificaciones de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control y su interacción, empleando software de diseño mecánico, electrónico y de instrumentación; con base en la normatividad aplicable, para satisfacer los requerimientos del proceso y la validación de la propuesta conceptual</p>	<p>Diseño conceptual</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con base en requerimientos - Diagrama de funciones - Metodología y conceptos - Bosquejos - Diseño seleccionado en base a una metodología <p>Diseño de detalle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cálculos de diseño y control - Selección de elementos y componentes de sistemas, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de control, robóticos, interfaces o de visión, con especificaciones técnicas y justificación. - Diagramas y protocolos de comunicación e interacción de sistemas, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de control, robóticos, interfaces o de visión. - Planos de manufactura y ensamble - Diagrama de flujo del sistema y pseudocódigo. - Normas y estándares de referencia.
	<p>Validar diseños de sistemas mecatrónicos a través del uso de modelos matemáticos y de software especializado de simulación, para evaluar la funcionalidad y en su caso adecuar la propuesta de diseño, con base a la normatividad aplicable</p>	<p>Elaborar un reporte de la simulación de sistemas mecatrónicos usando un software especializado que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resultados teóricos del diseño obtenidos del modelo matemático - Resultados de simulación de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos - Programa y resultados de la simulación de sistemas: de control, monitoreo e interfaces - Programa y resultados de la simulación de las trayectorias

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

		de robots y CNC para celdas de manufactura flexible - Validación o recomendaciones para rediseño
Integrar Sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos a través de tecnologías de vanguardia a partir de las especificaciones de diseño.	Seleccionar los elementos del sistema mecatrónico Mediante el cálculo y especificaciones de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control y su interacción, empleando software de diseño mecánico, electrónico y de instrumentación; con base en la normatividad aplicable, para satisfacer los requerimientos del proceso y la validación de la propuesta conceptual.	Elabora un reporte en donde se describen los cálculos y criterios de selección de los elementos mecatrónicos. Asimismo, se muestran las condiciones de frontera y resultados de las simulaciones que llevan a la validación de los elementos mecatrónicos empleados.
	Ejecutar la instalación, conexión y programación del sistema mecatrónico De los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y de control y su interacción, empleando software de programación, sistemas de comunicación, control e instrumentación industrial; con base en la normatividad aplicable, para satisfacer los requerimientos	Realiza un informe del procedimiento para incorporar el sistema mecatrónico a un proceso que incluya lo siguiente: - Ensamble y conexiones de acuerdo a planos, manuales técnicos, estándares y normas establecidas. - Programación de los sistemas de control e interfaces de acuerdo a los requerimientos del proceso - Calibración de los sistemas de medición de acuerdo a los parámetros del proceso. - Pruebas de operación y ajustes - Planos y diagramas del equipo a integrar - Layout de la planta - Requerimiento de instalaciones y servicios -Procedimientos de calibración

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

	del proceso y la validación de la propuesta conceptual.	-Resultados de pruebas de funcionamiento y ajustes. -Manual de usuario -Manual de mantenimiento del equipo.
Gestionar proyectos y sistemas mecatrónicos para el desarrollo, conservación, control y mejoras mediante la metodología de administración de recursos humanos, materiales, técnicos y energéticos.	Administrar recursos humanos, materiales, técnicos y energéticos para el desarrollo y conservación de proyectos de ingeniería, mediante la metodología de administración por proyectos.	Elabora un programa anual de mejora y mantenimiento que incluya los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos - Cronograma de Actividades - Periodicidad - Horas de trabajo - Tiempo de ejecución - Responsable de actividad - Personal requerido - Herramientas - Refacciones y consumibles requeridos - Servicios especiales - Presupuesto estimado
	Evaluar los indicadores de desempeño de sistemas mecatrónicos a través del uso de herramientas estadísticas y gráficas de control, para determinar su calidad e impacto.	Realiza un estudio comparativo de los indicadores de desempeño en condiciones reales de operación contra los establecidos en el diseño, identificando áreas de mejora.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	I. Transformaciones homogéneas					
Propósito esperado	El alumno generará las matrices de transformación homogéneas para determinar la posición y orientación de los elementos del manipulador.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	5	Horas del Saber Hacer	10	Horas Totales	15

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Representación de posición y orientación.	<p>Reconocer propiedades y operaciones de vectores y matrices.</p> <p>Describir las formas de representación de la posición de cuerpo rígido con coordenadas cartesianas, polares, cilíndricas y esféricas.</p> <p>Describir las formas de representación de la orientación de cuerpo rígido con ángulos de Euler, par de rotación y cuaternarios.</p>	<p>Resolver operaciones con vectores y matrices.</p> <p>Representar la posición y orientación de cuerpo rígido en el espacio.</p>	<p>Promover la responsabilidad y honestidad a través la solución de operaciones con vectores y matrices en forma individual de forma proactiva.</p> <p>Desarrollar el pensamiento analítico a través de la transformación de matrices homogéneas.</p>
Matrices de transformación homogéneas.	<p>Describir las características del arreglo matricial de transformación homogénea que representa el movimiento del manipulador serial.</p> <p>Describir la parametrización de rotaciones de acuerdo con los ángulos de Euler.</p>	<p>Generar matrices de transformación homogénea de posición y orientación de sistemas de referencia con respecto a otro.</p>	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

	Explicar el procedimiento de generación de matrices de transformación homogéneas.		
--	---	--	--

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Tarea de Investigación Lectura comentada Aprendizaje apoyado en las TIC Demostración de movimientos de manipulador industrial.	Material de lectura Multimedia Proyector y computadora Uso demostrativo de manipulador KUKA existente en la universidad	Laboratorio / Taller	
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante obtiene las matrices de transformación homogéneas a partir de la descripción verbal de los movimientos de un cuerpo sólido.	A partir de la descripción de una secuencia de movimientos a realizar por un sólido rígido con forma geométrica sencilla, realizar un video o animación en formato .gif que muestra los movimientos tridimensionales en una ventana de graficación de un lenguaje de programación con propósito general.	Estudio de caso Rúbrica

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	II. Cinemática de manipuladores seriales y paralelos.					
Propósito esperado	El estudiante determinará el modelo cinemático directo e inverso de manipuladores seriales y paralelos para obtener los parámetros de posición, orientación y velocidad.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	10	Horas del Saber Hacer	20	Horas Totales	30

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Cinemática directa e inversa de manipulador serial y paralelo.	<p>Reconocer las morfologías de manipulador serial.</p> <p>Describir los conceptos de cinemática directa e inversa y sus variables.</p> <p>Explicar la convención Denavit-Hartenberg.</p> <p>Explicar los métodos geométrico y analítico de cálculo de cinemática directa.</p> <p>Explicar los métodos geométrico y analítico de cálculo de cinemática inversa.</p> <p>Reconocer la parametrización de rotaciones a partir de los ángulos de Euler.</p>	<p>Calcular cinemática directa del efecto final de manipuladores seriales.</p> <p>Calcular cinemática inversa de manipuladores seriales.</p> <p>Realizar la simulación de cinemática directa e inversa de manipuladores seriales.</p>	<p>Desarrollar el pensamiento analítico a través de calcular y simular la cinemática inversa de manipuladores seriales.</p> <p>Fortalecer la actitud proactiva a través de calcular y simular la cinemática inversa diferencial de manipuladores seriales.</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

	<p>Describir los métodos geométricos, algebraico y desacoplo cinemático.</p> <p>Describir el procedimiento de simulación de cinemática directa e inversa de manipuladores seriales.</p>		
Cinemática diferencial de manipuladores.	<p>Describir concepto de cinemática diferencial directa e inversa.</p> <p>Explicar el operador Jacobiano.</p> <p>Describir las condiciones de singularidad de manipuladores seriales.</p> <p>Describir el procedimiento de simulación de cinemática diferencial de manipuladores seriales.</p>	<p>Calcular la cinemática diferencial directa e inversa de manipuladores seriales y sus singularidades.</p> <p>Realizar la simulación de la cinemática diferencial de manipuladores seriales.</p>	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Prácticas guiadas de taller Trabajo colaborativo Uso del simulador del comportamiento dinámico del simulador.	Material de lectura Material digital e impreso Proyector Computadora Software de simulación Coppelia	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante produce movimientos de un manipulador manipulando las coordenadas articulares a partir de la especificación de una tarea.	Elabora un programa en el software de simulación, acompañado de un reporte de funcionamiento.	Portafolio de evidencias Rúbrica

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	III. Dinámica de cuerpo rígido.					
Propósito esperado	El alumno determinará los parámetros de posición, orientación y velocidad de plataformas móviles para identificar las variables cinemáticas de manipuladores paralelos.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	5	Horas del Saber Hacer	10	Horas Totales	15

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Posición, velocidad y aceleración lineal y angular.	Reconocer las ecuaciones de movimiento. Explicar las técnicas de cálculo de parámetros de cuerpos rígidos de manipuladores: - posición - velocidad - aceleración lineal y angular.	Calcular los parámetros de cuerpos rígidos.	Desarrollar el pensamiento analítico a través de los cálculos de parámetros de cuerpos rígidos. Desarrollar el pensamiento analítico a través de validar los cálculos de las propiedades de inercia
Propiedades de inercia	Reconocer los conceptos de masa y centro de masa. Explicar tensor de inercia en cuerpos rígidos. Explicar la metodología de cálculo de tensor de inercia de cuerpos rígidos de manipuladores. Describir el procedimiento de simulación de manipuladores.	Calcular la masa, centro de masa y tensor de inercia de cuerpos rígidos de manipuladores. Validar los cálculos de la masa, centro de masa y tensor de inercia de cuerpos rígidos de acuerdo con la simulación de manipuladores	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Prácticas guiadas Trabajo colaborativo Uso del simulador del comportamiento dinámico del simulador.	Material de lectura Material digital e impreso Proyector Computadora Software de simulación Coppelia	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante elabora un programa que ilustra las posiciones del movimiento de un sistema de cuerpos a partir de las ecuaciones de movimiento.	Video o animación del movimiento de un cuerpo rígido programado en un lenguaje de programación enfocado a cómputo científico, tal y como Matlab, octave y/o Python.	Rúbrica de reportes de actividad.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	IV. Modelos Dinámicos de Manipuladores en Movimiento.					
Propósito esperado	El estudiante simulará modelos dinámicos de manipuladores de n grados de libertad en movimiento libre para describir la relación entre el movimiento y las fuerzas implicadas en el mismo					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	10	Horas del Saber Hacer	20	Horas Totales	30

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Modelos dinámicos de manipuladores conservativos.	<p>Explicar la metodología de obtención del modelo dinámico de manipuladores considerando fricción y efectos de los actuadores .</p> <p>Describir las propiedades matemáticas del modelo dinámico de manipuladores</p> <p>Describir el procedimiento de simulación y validación del modelo dinámico de manipuladores considerando fricción y efecto de los actuadores.</p>	<p>Determinar el modelo dinámico de manipuladores de n grados de libertad considerando fricción y efectos de los actuadores</p> <p>Simular el modelo dinámico de manipuladores de n grados de libertad considerando fricción y efectos de los actuadores</p> <p>Validar las propiedades matemáticas del modelo dinámico de manipuladores de n grados de libertad.</p>	<p>Promover la responsabilidad y honestidad a través de la validación de las propiedades matemáticas del modelo dinámico de manipuladores de forma individual o en equipo de forma proactiva.</p> <p>Promover la responsabilidad y honestidad al determinar el modelo dinámico de manipuladores de forma individual o en equipo de forma proactiva.</p> <p>Desarrollar el pensamiento analítico a través de</p>
Relación entre fuerza y torque.	<p>Describir las ecuaciones de movimiento de Newton y Euler</p> <p>Explicar la metodología de obtención de modelo dinámico de manipuladores basado en las ecuaciones de movimiento Newton Euler.</p>	<p>Determinar el modelo dinámico de manipuladores de n grados de libertad de acuerdo con la formulación Newton-Euler.</p>	<p>Desarrollar el pensamiento analítico a través de</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Dinámica en espacio restringido.	Describir las modificaciones en las ecuaciones de movimiento cuando el movimiento del efector final de un manipulador se encuentra sujeto a realizar una trayectoria específica.	Determinar el modelo dinámico de manipuladores cuyo movimiento se encuentra limitado por trayectorias suaves.	determinar el modelo dinámico de manipuladores
----------------------------------	--	---	--

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Prácticas guiadas Trabajo colaborativo Uso del simulador del comportamiento dinámico del simulador.	Proyector, pizarrón, sala de cómputo.	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante simula modelos dinámicos de manipuladores de n grados de libertad en movimiento libre y describe la relación entre el movimiento y las fuerzas implicadas en el mismo	Video o animación del movimiento de un cuerpo rígido programado en un lenguaje de programación enfocado a cómputo científico, tal y como Matlab, octave y/o Python.	Rúbrica de reportes de actividad.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Perfil idóneo del docente		
Formación académica	Formación Pedagógica	Experiencia Profesional
Ingeniería mecánica, mecatrónica, electrónica, preferentemente con maestría o doctorado en áreas de control, automatización y robótica.	Cursos de capacitación en docencia y modelo educativo por competencias	Preferentemente dos años en el ejercicio profesional

Referencias bibliográficas					
Autor	Año	Título del documento	Lugar de publicación	Editorial	ISBN
Miranda Colorado, R.	2016	Cinemática y Dinámica de Robots Manipuladores.	México	Alfaomega.	9788426723871
Craig, John J,	2006	Robótica	México	Pearson	9702607728
Sciavicco L, Sicilano B	2000	Modeling and Control of Robot Manipulators	Alemania	Springer	1447104501
Spong MW, Hutchinson S, Vidyasagar M	2005	Robot Dynamics and Control	EUA	Wiley	0471649902

Referencias digitales			
Autor	Fecha de recuperación	Título del documento	Vínculo
Armesto, Leopoldo	25 de enero 2024	Introducción al curso de Coppelia Sim	https://www.youtube.com/watch?v=l32liRkCwxg
Coppelia Robotics AG	25 de enero 2024	Coppelia Sim	https://www.coppeliarobotics.com/

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-61.1
APROBÓ:	DGUTyP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	