

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

### Programa analítico

#### 1. Datos de Identificación

Nombre de la institución y la dependencia	Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Nombre de la unidad de aprendizaje (UA):	Arquitectura de robots
Horas de trabajo síncronas:	45
Horas de trabajo asíncronas:	45
Total de horas:	90
Modalidad:	No Escolarizada
Área Curricular	
Créditos UANL	
Fecha de elaboración (dd/mm/aa):	7/ago/2020
Fecha de última actualización (dd/mm/aa):	7/ago/2020
Responsable(s) del diseño de la UA:	Prof.Dr. Eugenio López Prof.Dr. René Galindo
Responsable(s) de la adecuación a la modalidad en línea	Prof.Dr.Eugenio López Prof.Dr. René Galindo

## 2. Presentación

La arquitectura de robots se define como la caracterización de las configuraciones mecánicas y criterios de control en los robots. Su aplicación es particularmente importante en el uso de robots industriales involucrados en la producción. Debido a esto es de vital importancia diferenciar adecuadamente las configuraciones para garantizar su correcto funcionamiento y la seguridad de las variables de aplicación. La unidad de aprendizaje se divide en tres fases. La primera fase contempla una introducción a los fundamentos de la robótica. En la segunda fase el estudiante aplicará los conceptos de modelaje matemático para estudiar la cadena cinemática de varios grados de libertad. La tercera etapa extiende el análisis de aplicaciones que involucran posicionamiento y trayectorias, así como la interacción del robot con su medio ambiente.

## 3. Propósito

Aprender y aplicar los conceptos fundamentales de los robots industriales. Resolver los casos que impliquen cálculo de cinemática directa y de cinemática inversa. Programación de algoritmos de posiciones y de generación de trayectorias.

## 4. Competencias del perfil de egreso

### a. Competencias generales a las que contribuye esta unidad de aprendizaje:

#### Competencias instrumentales

- Aplicar estrategias de aprendizaje autónomo en los diferentes niveles y campos del conocimiento que le permitan la toma de decisiones oportunas y pertinentes en los ámbitos personal, académico y profesional.
- Utilizar los lenguajes lógico, formal, matemático, icónico, verbal y no verbal de acuerdo a su etapa de vida, para comprender, interpretar y expresar ideas, sentimientos, teorías y corrientes de pensamiento con un enfoque ecuménico.
- Manejar las tecnologías de la información y la comunicación como herramienta para el acceso a la información y su transformación en conocimiento, así como para el aprendizaje y trabajo colaborativo con técnicas de vanguardia que le permitan su participación constructiva en la sociedad.
- Dominar su lengua materna en forma oral y escrita con corrección, relevancia, oportunidad y ética adaptando su mensaje a la situación o contexto, para la transmisión de ideas y hallazgos científicos.
- Emplear pensamiento lógico, crítico, creativo y propositivo para analizar fenómenos naturales y sociales que le permitan tomar decisiones pertinentes en su ámbito de influencia con responsabilidad social.
- Utilizar un segundo idioma, preferentemente el inglés, con claridad y corrección para comunicarse en contextos cotidianos, académicos, profesionales y científicos.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



# FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

- Elaborar propuestas académicas y profesionales inter, multi y transdisciplinarias de acuerdo a las mejores prácticas mundiales para fomentar y consolidar el trabajo colaborativo.
- Utilizar los métodos y técnicas de investigación tradicionales y de vanguardia para el desarrollo de su trabajo académico, el ejercicio de su profesión y la generación de conocimientos.

### **Competencias personales y de interacción social**

- Mantener una actitud de compromiso y respeto hacia la diversidad de prácticas sociales y culturales que reafirman el principio de integración en el contexto local, nacional e internacional con la finalidad de promover ambientes de convivencia pacífica.
- Intervenir frente a los retos de la sociedad contemporánea en lo local y global con actitud crítica y compromiso humano, académico y profesional para contribuir a consolidar el bienestar general y el desarrollo sustentable.
- Practicar los valores promovidos por la UANL: verdad, equidad, honestidad, libertad, solidaridad, respeto a la vida y a los demás, paz, respeto a la naturaleza, integridad, comportamiento ético y justicia, en su ámbito personal y profesional para contribuir a construir una sociedad sustentable.

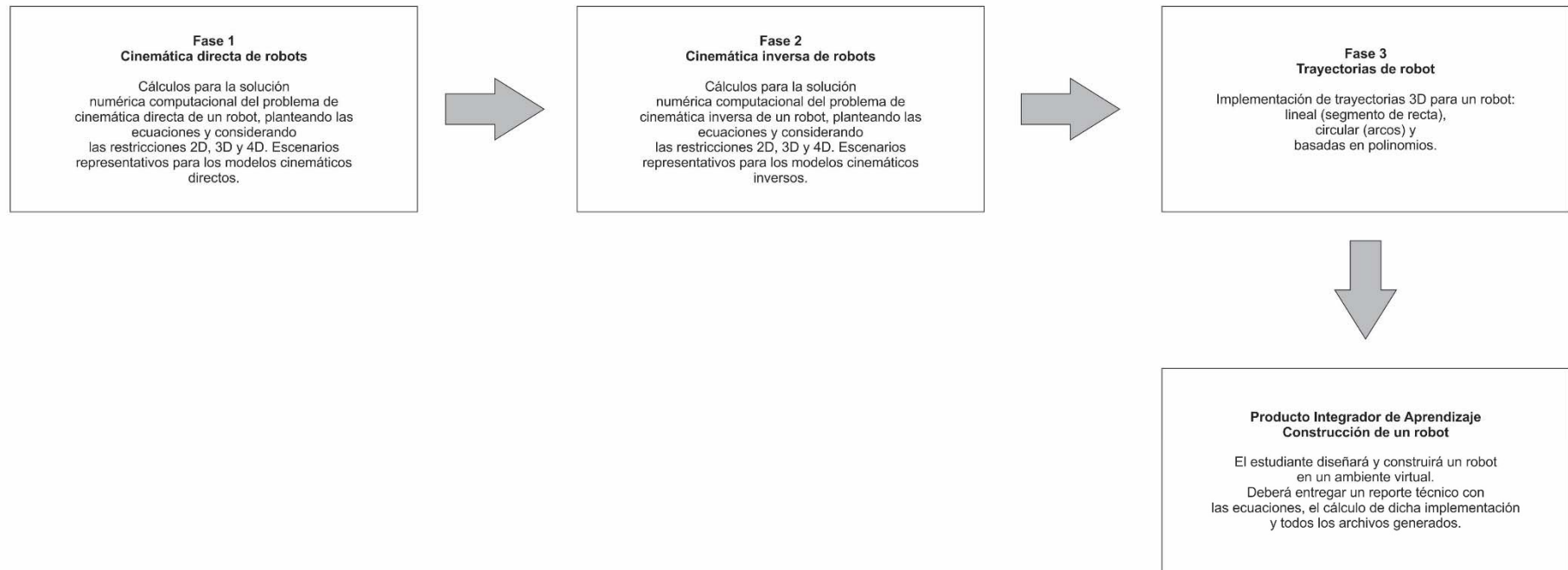
### **Competencias integradoras**

- Construir propuestas innovadoras basadas en la comprensión holística de la realidad para contribuir a superar los retos del ambiente global interdependiente.
- Asumir el liderazgo comprometido con las necesidades sociales y profesionales para promover el cambio social pertinente.
- Resolver conflictos personales y sociales, de conformidad a técnicas específicas en el ámbito académico y de su profesión para la adecuada toma de decisiones.
- Lograr la adaptabilidad que requieren los ambientes sociales y profesionales de incertidumbre de nuestra época para crear mejores condiciones de vida.

### **b. Competencias específicas del perfil de egreso a las que contribuye la unidad de aprendizaje**

- Diseñar procesos de manipulación mecánica, mediante dispositivos hidráulicos, neumáticos y mecanismos, para la conversión de energía en un sistema mecatrónico.
- Diseñar interfases y sistemas electrónicos, utilizando herramientas de programación en dispositivos electrónicos o sistemas de cómputo, para el control y monitoreo de sistemas mecatrónicos.
- Emplear herramientas matemáticas y de cómputo para la modelación y simulación de sistemas con el propósito de diseñar productos mecatrónicos.
- Diseñar sistemas mecatrónicos, utilizando materiales y tecnologías apropiadas, para la integración de dispositivos que sustituyan la falta de un órgano del cuerpo humano (prótesis).

## 5. Representación gráfica



## 6. Estructuración en Fases

### Fase 1:

#### Elementos de Competencias:

Evidencias	Criterios de desempeño	Actividades de aprendizaje	Contenidos	Recursos
<ol style="list-style-type: none"> <li>La información deberá ser categorizada por campo de aplicación, sintetizada y presentada en un resumen que incluya las fuentes de información (referencias) y las conclusiones del estudiante.</li> <li>Se deberá presentar un reporte e incluir el algoritmo de solución para el problema y la codificación ejecutada en diferentes casos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li> <ol style="list-style-type: none"> <li>Tabla de diferencias entre propiedades de máquinas.</li> <li>Ejemplos de construcción de robots.</li> <li>Plantea situaciones tecnológicas de aplicación para robots.</li> </ol> </li> <li> <ol style="list-style-type: none"> <li>Resumen que establezca paralelismos con la construcción de robots con las máquinas-herramienta.</li> <li>Utilización de normas de arquitectura.</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>El estudiante deberá recopilar cuando menos 10 documentos científicos del estado del arte de aplicaciones de robótica industrial, utilizando para ello los bancos de datos de publicaciones científicas que la UANL provee, o cualquier otra institución de reconocido prestigio internacional. La información deberá ser categorizada por campo de aplicación, sintetizada y presentada en un resumen que incluya las fuentes de información (referencias) y las conclusiones del estudiante.</li> <li>El estudiante deberá calcular la solución numérica computacional del problema de cinemática directa, planteando las ecuaciones y considerando las restricciones 2D, 3D y 4D. Se deberá presentar un reporte e incluir el algoritmo de solución para el problema y la codificación ejecutada en diferentes casos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Definición de robot y sus diferencias con respecto a otras máquinas.</li> <li>Características particulares de los robots.</li> <li>Aplicaciones de los robots industriales</li> <li>Partes que componen un robot industrial.</li> <li>Sistemas de <i>n dimensiones</i> y grados de libertad en máquinas.</li> <li>Nomenclatura y estándares de norma.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Banco de datos de publicaciones científicas UANL.</li> <li>Internet.</li> <li>Laboratorio virtual, Arq de robots.</li> <li>Material de apoyo de la clase.</li> </ol>

**Fase 2:**  
**Elementos de Competencias:**

Evidencias de aprendizaje	Criterios de desempeño	Actividades de aprendizaje	Contenidos	Recursos
<ol style="list-style-type: none"> <li>Problemas resueltos de cinemática directa e inversa de posiciones y velocidades. Reporte escrito para validar soluciones teóricas mediante herramientas computacionales y/o interpretación geométrica.</li> <li>Reporte escrito de conclusiones con el planteamiento funcional de un robot industrial resuelto y validado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Los modelos matemáticos obtenidos (directo e inverso) deben ser congruentes con la arquitectura del robot en todas sus configuraciones.</li> <li>La solución del problema cinemático debe ser función solamente de las coordenadas espaciales de posición en el brazo y de las de orientación en la muñeca.</li> <li>Deberá comprobar que el modelo cinemático inverso en función del cinemático directo o viceversa, es la identidad.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>El estudiante presentará un resumen de casos utilizando herramientas computacionales manipulando el Jacobiano de velocidades para determinar el par requerido en las articulaciones y la fuerza de actuación que se requiere en la herramienta. Deberá mostrar escenarios representativos para los modelos cinemáticos directos e inversos de posición y de orientación. La presentación deberá incluir un reporte que detalle: 1) descripción del ambiente sintético, 2) el método de solución utilizado, 3) las restricciones de entrada, 4) los algoritmos utilizados, 5) las soluciones encontradas, 6) sus conclusiones.</li> <li>El estudiante deberá presentar -a partir de la hoja de datos de un robot industrial- un reporte en donde a su juicio se determinen las configuraciones singulares, se planteen las consecuencias de operación en dichas configuraciones, y se propongan estrategias de programación de posiciones y orientaciones deseadas admisibles para el robot.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Movimientos rígidos y transformaciones homogéneas.</li> <li>Composición de transformaciones homogéneas.</li> <li>Representación de Denavit-Hartenberg.</li> <li>Cinemática directa de velocidades.</li> <li>Solución geométrica y por transformada inversa del problema cinemático inverso de posición y de orientación.</li> <li>Cinemática inversa de velocidades.</li> <li>Configuraciones singulares de posiciones y velocidades tangenciales y angulares.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Banco de datos de publicaciones científicas UANL.</li> <li>Internet.</li> <li>Laboratorio virtual, Arq de robots.</li> <li>Material de apoyo de la clase.</li> </ol>

**Fase 3:**  
**Elementos de Competencias:**

Evidencias de aprendizaje	Criterios de desempeño	Actividades de aprendizaje	Contenidos	Recursos
<ol style="list-style-type: none"> <li>Resolver posiciones y velocidades para que un robot alcance coordenadas de una posición inicial a un punto final. Implementar el modelo matemático para que el efector final siga tanto una trayectoria lineal 3D así como una trayectoria circular 3D entre la posición inicial y final.</li> <li>Implementar el modelo matemático para que el efector final siga una trayectoria libre utilizando polinomios y/o curvas de Bezier.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Planteamiento de ecuaciones matemáticas del robot.</li> <li>Cálculo de los valores de coordenadas espaciales del efector final (TCP).</li> <li>Cálculo de posiciones intermedias del efector final (TCP).</li> <li>Análisis de cinemática directa e inversa.</li> <li>Comprobación de cálculos utilizando diferentes herramientas computacionales.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>El estudiante implementará la trayectoria lineal y circular del robot del laboratorio virtual en un sistema computacional. Deberá entregar un reporte técnico con las ecuaciones y cálculo de dicha implementación y los archivos generados de implementación: 1) Archivos fuente. 2) Análisis de cinemática inversa para los puntos Pini, Qfin, 3) ecuación del movimiento, 4) Video de animación, 5) Valores XYZ de tres puntos equidistantes intermedios interpolados en la trayectoria.</li> <li>Trayectorias complejas del robot del laboratorio virtual utilizando código computacional y algoritmos propios. Deberá entregar un reporte técnico con las ecuaciones y cálculo de dicha implementación y los archivos generados de implementación: 1) Archivos fuente. 2) Análisis de cinemática inversa para los puntos Pini, Qmed, Rfin, 3) ecuación del movimiento, 4) Video de animación, 5) Valores XYZ de tres puntos equidistantes intermedios interpolados en la trayectoria.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Puntos y posiciones (interpolación y ajuste a curvas).</li> <li>Interpolación lineal. El segmento de recta 3D.</li> <li>Interpolación circular y arcos.</li> <li>Cambio de base. Funciones 3D.</li> <li>Curvas de forma libre. Curvas de Bezier.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Banco de datos de publicaciones científicas UANL.</li> <li>Internet.</li> <li>Laboratorio virtual, Arq de robots.</li> <li>Material de apoyo de la clase.</li> </ol>



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



**FIME**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## 7. Evaluación integral de procesos y productos

Esquema global de evaluación de la Unidad de Aprendizaje

Aspecto a evaluar	Porcentaje
Actividades fundamentales	40
Examen medio curso y examen ordinario	30
Producto Integrador de Aprendizaje	30
Calificación Final	100 %





# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



# FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

## Esquema de evaluación de la Unidad de Aprendizaje desglosada por Fases y Evidencias de Aprendizaje:

Fase	Evidencia de Aprendizaje	Ponderación
1	El estudiante deberá recopilar cuando menos 10 documentos científicos del estado del arte de aplicaciones de robótica industrial, utilizando para ello los bancos de datos de publicaciones científicas que la UANL provee, o cualquier otra institución de reconocido prestigio internacional. La información deberá ser categorizada por campo de aplicación, sintetizada y presentada en un resumen que incluya las fuentes de información (referencias) y las conclusiones del estudiante.	8
1	El estudiante deberá calcular la solución numérica computacional del problema de cinemática directa, planteando las ecuaciones y considerando las restricciones 2D, 3D y 4D. Se deberá presentar un reporte e incluir el algoritmo de solución para el problema y la codificación ejecutada en diferentes casos.	8
2	El estudiante presentará un resumen de casos utilizando herramientas computacionales manipulando el Jacobiano de velocidades para determinar el par requerido en las articulaciones y la fuerza de actuación que se requiere en la herramienta. Deberá mostrar escenarios representativos para los modelos cinemáticos directos e inversos de posición y de orientación. La presentación deberá incluir un reporte que detalle: 1) descripción del ambiente sintético, 2) el método de solución utilizado, 3) las restricciones de entrada, 4) los algoritmos utilizados, 5) las soluciones encontradas, 6) sus conclusiones.	8
2	El estudiante deberá presentar -a partir de la hoja de datos de un robot industrial- un reporte en donde a su juicio se determinen las configuraciones singulares, se planteen las consecuencias de operación en dichas configuraciones, y se propongan estrategias de programación de posiciones y orientaciones deseadas admisibles para el robot.	8
2	Examen de medio término	15
3	El estudiante implementará la trayectoria lineal y circular del robot del laboratorio virtual en un sistema computacional. Deberá entregar un reporte técnico con las ecuaciones y cálculo de dicha implementación y los archivos generados de implementación: 1) Archivos fuente. 2) Análisis de cinemática inversa para los puntos Pini, Qfin, 3) ecuación del movimiento, 4) Video de animación, 5) Valores XYZ de tres puntos equidistantes intermedios interpolados en la trayectoria.	8
3	El estudiante implementará trayectorias complejas del robot del laboratorio virtual utilizando código computacional y algoritmos propios. Deberá entregar un reporte técnico con las ecuaciones y cálculo de dicha implementación y los archivos generados de implementación: 1) Archivos fuente. 2) Análisis de cinemática inversa para los puntos Pini, Qfin, 3) ecuación del movimiento, 4) Video de animación, 5) Valores XYZ de tres puntos equidistantes intermedios interpolados en la trayectoria.	8
3	Examen ordinario	15
1,2,3	Producto Integrador de Aprendizaje	30
TOTAL Puntos		100

## 8. Producto integrador de aprendizaje

Producto Integrador de Aprendizaje:	
<b>Instrucciones: Evaluación final:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para poder acreditar una calificación, el estudiante deberá entregar de forma digital su Portafolio de Evidencias y el Producto Integrador.</li> <li>2. Se entregará debidamente rotulado por el autor(es), de no cumplirse este requisito, el PIA será calificado con CERO.</li> </ol>
<b>Ponderación:</b>	30 %
<b>Criterios de evaluación:</b>	<p>El Producto Integrador de Aprendizaje debe incluir:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reporte técnico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documento de word de cuando menos diez páginas explicando a detalle los aspectos del trabajo, con texto explicativo del entregable y gráficas de pantalla</li> <li>• En su caso, copia firmada del registro de equipo hecha al inicio del curso</li> </ul> </li> <li>2. Archivos de simulación <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los archivos en su versión original</li> </ul> </li> <li>3. Videos generados <ul style="list-style-type: none"> <li>• La(s) simulación(es) computacional(es) corriendo en formato de video</li> </ul> </li> </ol>
<b>Forma de entrega:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual o en Equipo</li> </ul>
<b>Medio de entrega:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Gestión de Aprendizaje (Plataforma MS Teams)</li> </ul>

## 9. Fuentes de apoyo y consulta:

### Bibliografía Básica y Complementaria

- Libro: Modern Robotics: Mechanics, Planning and Control, Cambridge University Press 2017, K.M. Lynch y F. C. Park
- Libro: Robotics: Modelling, Planning and Control (Advanced Textbooks in Control and Signal Processing), Springer, 1a ed. 2009, B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani y G. Oriolo. Libro: Robótica, 3ª ed. Autor: J.J. Craig Editorial: Prentice Hall, 2006
- Libro: Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence Autor: K.S. Fu, R.C. González, y C.S.G. Lee Editorial: Mc. Graw Hill, 1987
- Libro: Robot Dynamics and Control Autor: M. W. Spong, y M. Vidyasagar Editorial: John Wiley & Sons, 1989
- Revista: J. of the Chinese Institute of Engineers Número: 11:6, 643-652, DOI: 10.1080/02533839.1988.9677116 Título del artículo: Kinematic Synthesis of a Robot with five degrees of freedom Autor: M. J. Tasai
- Revista: Advanced Robotics Número: 28:2, 77-89, DOI: 10.1080/01691864.2013.856831 Título del artículo: Design of six-legged walking robot, Little Crabster for underwater walking and operation Autor: J-Y Kim, y B-H Jun
- Revista: Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia Número: 46, pp. 132-144 Título del artículo: Estudio y modelado del robot KUKA KR6 Autor: J. F. Archila, y M. S. Dutra
- Revista: Advanced Robotics Número: 26:7, 709-727, DOI: 10.1163/156855312X626343 Título del artículo: Soft Robot Arm Inspired by the Octopus Autor: C. Laschi, M. Cianchetti, B. Mazzolai, L. Margheri, M. Follador y P. Dario
- Revista: Int. J. of Control Número: 87:2, 249-263, DOI: 10.1080/00207179.2013.827791 Título del artículo: Impedance adaptation for optimal robot-environment interaction Autor: S. Ge, Y. Li, y C. Wang
- Tema: Material académico de la asignatura. Liga: <http://elopez.fime.uanl.mx> Fecha última revisión: Agosto, 2020
- <https://www.fime.uanl.mx/ingeniero-en-mecatronica/>

## 10. Perfil del docente:

### Prof.Dr. Eugenio López

Mechanical Electrical Engineer and Control Computer Engineer at the UANL. He granted his MSC in Systems Administration at the same University. While his Master studies he was at the Technische Universität Hamburg-Harburg, Germany, where he wrote his Master Thesis.

He has a Doctoral Degree in Material Engineering at the Universidad Autónoma de Nuevo León. His work was a Cooperation with the Materials and Production Department from the Technische Universität Hamburg-Harburg.

He is a full time Professor at the Coordinación de Ingeniería Mecatrónica y Biomédica in FIME.

### Prof.Dr. René Galindo

Cultiva las líneas de investigación Análisis y control de sistemas lineales, de sistemas modelados en bond graph, basado en pasividad y de sistemas LPV. Ha dirigido una tesis de doctorado y siete de maestría, formación de un investigador postdoctoral, publicación de diversos artículos en revistas y congresos, responsable de diversos proyectos, y estancias postdoctoral y sabática.

Aportaciones principalmente en el análisis y control basado en pasividad de sistemas modelados en bond graph, al desacoplamiento entrada/salida, análisis de estabilidad de polinomios con coeficientes matriciales, y expresiones analíticas de la parametrización de todos los controladores estabilizantes.

Tiene participación en la reforma del plan de estudios, y evaluaciones del Programa Nacional de Posgrados de Calidad.