CINVESTAV-COAHUILA

ÁREA DE ROBÓTICA Y MANUFACTURA AVANZADA

Cinvestav

PROGRAMA ACADÉMICO
DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS EN
ROBÓTICA Y MANUFACTURA AVANZADA

Enero de 2010
(Actualizado Sept, 2013)

Nota: Este programa académico está en proceso de aprobación con nuevos cambios

Contenido

Lista de acrónimos ……..…… 2

1. Introducción.…… …….. 3
   1.1. La Robótica y la visión
   1.2. La Manufactura Avanzada
   1.3. Antecedentes y contexto actual
   1.4. Justificación del programa de posgrado

2. Plan de estudios ..…… 16
   2.1. Objetivos y metas
   2.2. Colegio de Profesores
   2.3. Colaboraciones externas
   2.4. Perfil de admisión
   2.5. Perfil del egresado
   2.6. Procedimiento de admisión
   2.7. Mapa curricular
   2.8. Seguimiento del programa
   2.9. Requisitos para la obtención del grado académico

3. Infraestructura de apoyo …….. 38
   3.1. Infraestructura
   3.2. Equipamiento
   3.3. Personal de apoyo
   3.4. Vinculación

Anexos …… 42
A. Curriculum Vitae resumido de los Investigadores que suscriben la propuesta…… 43
B. Temario de los cursos…….. 63
   B.1. Cursos propedéuticos
   B.2. Cursos obligatorios
   B.3. Cursos optativos

Lista de acrónimos

Cinvestav	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
CITI	Centro de la Industria de Tecnologías de la Información
CV	Currículo (*Curriculum Vitae*)
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
IES	Instituciones de Educación Superior
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
LITT	Laboratorio de Innovación y Transferencia de Tecnología
MEMS	Sistemas microelectromecánicos (de sus siglas den inglés)
PIIT	Parque de Investigación e Innovación Tecnológica
PNP	Padrón Nacional de Posgrado
SCADA	*Supervisory Control And Data Acquisition*
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
TI	Tecnologías de la Información
TLC	Tratado de Libre Comercio

1. INTRODUCCIÓN

La globalización de los mercados productivos ha generado un ambiente comercial altamente competitivo, en el cual, la necesidad de innovación como herramienta de progreso para optimizar sus procesos de producción y distribución, ha resultado en la creación o actualización de su tecnología y de sus estrategias de operación. Esta evolución tecnológica y organizacional obliga a las compañías a contar con una planta de personal altamente capacitado en el manejo de las nuevas tendencias tecnológicas y sus paradigmas de aplicación, y así mantener sus programas de mejora continua en aras de permanecer en el mercado.

En la zona norte del país, por su cercanía con la potencia comercial que significan los EEUU de América, la actividad industrial se ha desarrollado vertiginosamente en las últimas décadas, estableciéndose industrias que desarrollan labores de ensamble y de transformación, organizadas en corredores industriales para facilitar el flujo de su producción. Sin embargo, su crecimiento no fue acompañado de la construcción de un aparato educativo acorde a las necesidades de la nueva tecnología para satisfacer sus necesidades de personal especializado, por lo que, tanto el Gobierno Federal (a través de las secretarías de economía y de educación), como el del Estado de Coahuila, han mantenido una política que fomenta el establecimiento de posgrados especializados en el área tecnológica asociadas a la producción, para, en una primera etapa resolver el problema de personal capacitado y, en una segunda, aspirar a la generación de tecnología propia de alto valor agregado.

El Cinvestav, como centro de excelencia académica en el país, ha sido sensible a la necesidad de una formación de alto nivel para apoyar el desarrollo tecnológico y productivo del país, y por medio de la Unidad Saltillo, respondió al llamado de los gobiernos y, considerándolo pertinente, propuso la creación del posgrado en Robótica y Manufactura Avanzada, como un posgrado dirigido hacia el área de manufactura con un enfoque Mecatrónico, iniciando con las áreas de Robótica, Visión, y Manufactura Avanzada en el área de Automatización.

1.1. Robótica y Visión

Robótica es un área científica y tecnológica que en su definición más amplia abarca el estudio, diseño y construcción de sistemas físicos, en general articulados, reactivos a condiciones no estructuradas de su medio. En sus orígenes, era un área predominantemente mecánica en los años cincuenta, pasando a ser electro-electrónico- informática, en los ochentas, hasta convertirse en los noventas en una disciplina con méritos propios, independiente entre las ciencias aplicadas. Actualmente es considerada un área multidisciplinaria en la que convergen las áreas de mecánica, electrónica, informática, inteligencia artificial e ingeniería de control, que permite desarrollar mecanismos con cierta autonomía y, para tareas específicas, ofrecer un desempeño superior al obtenido por los humanos. Sus principales aplicaciones se encuentran en la exploración y en la industria,

especialmente cuando se desarrollan en ambientes inaccesibles o peligrosos para el hombre (algunos ejemplos de aplicaciones se muestran en la columna izquierda de la tabla 1). Recientemente, gracias a los estudios de interacción hombre-máquina, también han sido utilizados en rehabilitación y como robots de servicio.

Tabla 1. Ejemplo de disciplinas que conforman las áreas de Robótica y Visión.

Robótica	Visión
• Multi-manipuladores y cooperativos • Robots industriales • Interfaces hápticas • Servovisión • Simuladores • Interfaces humano-máquina • Humanoides • Robots no inerciales • Tele operación • Aplicaciones	• Inspección visual automática de líneas de producción • Control automático de robots por medio de visión • Navegación visual • Desarrollo de una red de cámaras inteligentes • Reconstrucción en 3D (tanto de escenas a gran escala como de objetos) • Mejoramiento de imágenes

Visión por computadora podría definirse como un área de investigación tecnológica que estudia la extracción de información específica contenida en imágenes de objetos o escenas; estudio que incluye la generación de imágenes y los métodos de filtrado para resaltar sus características principales. De la misma manera que en el área de Robótica, la Visión, actualmente es un área multidisciplinaria en la que convergen áreas como Óptica, Informática, Algorítmica, Inteligencia Artificial y Electrónica. Su importancia radica en las aplicaciones de inspección y supervisión, en Medicina, Producción y Seguridad, que auxilian a un operador humano, sin la necesidad de mantener un contacto físico con el objeto de interés, y expandiendo su capacidad sensorial más allá de los parámetros normales de la sensibilidad humana. Desde los años noventas, las contribuciones de las ciencias computacionales en visión para robots han generado una simbiosis con la investigación en Robótica, especialmente como elemento sensorial en robots autónomos o para facilitar la interacción entre humanos y robots, cuyas aplicaciones pueden innovar en el desarrollo de humanoides, o en las áreas de supervisión y control de calidad de los sistemas de producción (algunos ejemplos de aplicaciones se muestran en la columna derecha de la tabla 1).

1.2. La Manufactura Avanzada

Manufactura es un área tecnológica que se ocupa de la transformación de materias primas, por medio de una labor física, manual o automatizada, en productos terminados para su venta, considerando especialmente procesos de producción a gran escala. La Manufactura es una actividad que ha evolucionado conceptualmente a la par de la tecnología y de sus nuevos paradigmas, hoy en día emplea el formalismo y rigor científico, tanto del desarrollo tecnológico como de las ciencias organizativas, para desarrollar productos y sistemas de

producción eficientes (ver tabla 2).

La Manufactura Avanzada es de naturaleza multidisciplinaria y se enfoca a atender problemas de diferentes niveles de integración del proceso de producción, esto es, desde la elaboración de componentes simples, hasta las estrategias operativas de todo un corporativo, pasando por sistemas compuestos, y los complejos sistemas de producción y distribución; En todo los casos mediante el uso de estrategias de diseño basadas en la simulación numérica de modelos dinámicos, para asistir en la toma de decisiones.

Tabla 2. Ejemplo de disciplinas que forman parte del área de Manufactura.

Manufactura Avanzada
• Estudio de materiales • Control de sistemas de manufactura • Diseño de procesos de manufactura • Manufactura asistida por computadora • Modelado de sistemas de manufactura • Sistemas mecatrónicos de manufactura

En particular, el Programa centra su atención en la parte de automatización industrial, y junto con las áreas de Robótica y Visión, se crea una sinergia para la solución de problemas de los sistemas de manufactura, para permitir el desarrollo de sistemas automatizados más eficientes, tanto para las labores de ensamble como para el control de calidad y monitoreo de líneas.

Tabla 3. Niveles de Integración de los temas

ROBÓTICA Y MANUFACTURA AVANZADA Niveles de Integración				
	1er Nivel Sistemas Dinámicos	2o Nivel Robótica	3er nivel Sistemas Distribuidos Discretos	4o Nivel Sistemas Integrados de Manufactura
Temas de Especialidad	Control			
		• Manipuladores • Robots móviles • Robots Industriales		
			• Líneas de producción • Automatización	
				• Procesos • CIM • CNC
	Visión			
		• Sistemas de eventos discretos • Agentes		

Como se puede ver en la tabla 3, en el Programa se realizará investigación en los cuatro niveles de integración de conocimientos, los cuales convergen en las áreas de Robótica/Visión y Manufactura Avanzada. Es por esto que el programa de **Robótica y Manufactura Avanzada**, pensando en satisfacer las necesidades regionales y en aprovechar la experiencia de sus integrantes, ha incluido tres áreas temáticas de desarrollo:

1. Robótica
2. Visión
3. Manufactura Avanzada

1.3. Antecedentes y contexto actual

La educación, la ciencia y la tecnología están directamente relacionadas con el desarrollo económico. La diferencia principal entre los países desarrollados y los demás radica en su capacidad científica y tecnológica para producir bienes y ofrecer servicios de la mejor calidad en el menor tiempo. Por otra parte, las nuevas tecnologías exigen la realización de actividades cualitativamente diferentes, lo que crea así una situación en donde se suprimen algunos puestos de trabajo, pero al mismo tiempo se generan otros con nuevas características de acuerdo a los nuevos requerimientos de producción y de servicios. La situación descrita hace necesario que se realice una adaptación de los sistemas educativos mediante la incorporación de metodologías para la enseñanza que motiven la innovación y la creatividad. Para lograr esto, es necesario reconocer que la creatividad está ligada no solamente a la investigación científica sino también a los investigadores científicos y a los profesionistas que se desenvuelven en las disciplinas de carácter técnico. Las nuevas tecnologías exigen un aprendizaje tecnológico y de especialización y requieren de constituir y configurar un carácter innovador.

Dadas las diferencias económicas, sociales, culturales, históricas y educacionales entre países, no todas las sociedades pueden realizar su actualización tecnológica por el mismo camino. En nuestro país, se ha seguido en gran medida por el de la adquisición de tecnología y su posterior adecuación. El camino que se inicia con la investigación y el desarrollo tecnológico se ha intentado poco y este posgrado motivará grandemente la preparación de expertos y la innovación tecnológica.

A continuación se explican los contextos mundial y nacional

1.3.1. Contexto Mundial

En el ámbito internacional, la automatización de los procesos de producción y de procesamiento de información se ha convertido en la piedra angular del desarrollo tecnológico y productivo. El éxito de la industria japonesa en el diseño, desarrollo y comercialización de productos y sistemas robotizados y de manufactura puede atribuirse al enfoque utilizado en ese país para las estrategias de desarrollo de productos, su educación en ingeniería y su sistema de entrenamiento. En Europa, por otro lado, hasta finales de los setentas, los ingenieros no habían tenido interés en el conocimiento y filosofía del concepto de la robótica y la manufactura avanzada. Sin embargo, las instituciones de educación superior y algunos sectores de la industria en ese continente han considerado este campo más activamente y actualmente hay señales alentadoras de que esta área está siendo reconocida mundialmente. En Estados Unidos de América, en particular en el Estado de Texas, el cual nos es de interés particular por la cercanía territorial con nuestro país, se ha llevado a cabo un análisis [1] de la posición competitiva de seis agrupamientos industriales, con el fin de fortalecer cada uno de estos y mejorar la competitividad nacional y mundial del Estado. En la recopilación y análisis de la información correspondiente a cada agrupamiento

[1] Un análisis similar fue realizado en los estados fronterizos de la República Mexicana, incluyendo al Estado de Coahuila.

participaron gente de la industria, academia, gobierno y empresarios interesados. Uno de los agrupamientos, es el de Tecnologías Avanzadas y de Manufactura (AT&M por sus siglas en inglés: Advanced Technologies and Manufacturing), el cual se refiere a la integración y utilización de tecnologías en un sistema de producción para mejorar los procesos y técnicas para producir bienes y servicios de una manera más rápida, barata y segura. Del estudio realizado para este agrupamiento, se seleccionó un número de tecnologías clave para conformar el plan competitivo y así crear colaboraciones fuertes industria-academia-estado, estas son:

- Nanotecnología
- Sistemas micro-electromecánicos (MEMS)
- Manufactura digital avanzada (procesos de manufactura en capas)
- Distribución y cumplimiento de cadenas de suministros
- Robótica
- Sensores
- Tecnologías de vehículos híbridos (alternativas a vehículos de gasolina)
- Polímeros, materiales avanzados y nuevos plásticos
- Herramientas avanzadas para manufactura y diseño

1.3.2. Contexto Nacional

El norte de México concentra un gran porcentaje de la industria manufacturera, lo cual da como resultado que esta región tenga la mayor concentración de plantas robotizadas en México (por ejemplo: Daimler-Chrysler, Magna-Formex). Asimismo, con la aprobación del Tratado de Libre Comercio (TLC) en 1994, México entró de lleno al mundo globalizado con Canadá y Estados Unidos de América. Gracias a esto, en la actualidad la manufactura contribuye en forma importante al producto interno bruto, por ejemplo en 2004 fue del 16.3%[2]. El 27% de este último proviene del norte del país.

Por otro lado, en el centro del país ha prevalecido la generación de empresas incubadoras de tres tipos: 1) comercio-servicios, 2) tecnología intermedia y 3) tecnología alta. Se sabe que las empresas de los tipos dos y tres son promovidas a través de la Secretaría de Economía y de los organismos empresariales. En el sureste por ejemplo, el Centro de la Industria de Tecnologías de la Información (CITI)[3] estableció, en 2002, alianzas con trece empresas de tecnologías de información (TI) nacionales y extranjeras, entre ellas se incluye a PEMEX; dando como resultado una empresa incubadora con tres áreas de desarrollo: integración, capacitación y comercialización. A diferencia, en el norte del país se estableció el corredor industrial “Silicon Border”, en Mexicali, conocido como el Acelerador Tecnológico México-Silicon Valley y está compuesto por diez empresas en los rubros de: tecnologías asociadas a semiconductores, software y hardware, pigmentos, mecatrónica, biotecnología y plasma, cuya finalidad es la generación de alta tecnología industrial en corto plazo.

[2] INEGI: http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=cuna12&c=1662
[3] http://www.software.net.mx/desarrolladores/clusters/yucatan/citi_centro.htm

Otro esquema interesante se introdujo en Monterrey con “La Ciudad Internacional del Conocimiento”, con una inversión de 1,000 millones de pesos, por medio del cual se vinculará el trinomio gobierno/academia/industria en un Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), en un terreno de 80 hectáreas. Su objetivo principal es el de concentrar y fomentar la innovación, el desarrollo tecnológico y la transferencia tecnológica en las áreas de biotecnología, nanotecnología, mecatrónica, TI y salud. A diferencia de los proyectos anteriores, en éste se incluye la participación de ocho Instituciones de Educación Superior (IES) con cuarenta programas de posgrado, agrupados en laboratorios comunes de investigación, que son, entre otros: Materiales y Manufactura, Cómputo y Simulación de Procesos, Física médica y Bioelectrónica, estos dos últimos del Cinvestav.

En la expo show mundial de aviación de Paris de 2006, se dieron a conocer[4] los detalles de inversión a siete años, en Querétaro, de los 200 millones de dólares de Bombardier y sus proveedores para la manufactura de jets de pasajeros. El Gobierno de Querétaro[5] ha anunciado también la instalación de una compañía líder de manufactura de helicópteros en el mismo parque industrial. Estos hechos inéditos en México indican la necesidad inmediata de personal calificado en procedimientos de manufactura con estándar del sector de la aviación comercial. Para satisfacer necesidades inmediatas, la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ) ha creado un Centro de Entrenamiento Aeroespacial, dirigido a personal técnico para el desarrollo de ensambles eléctricos y ensambles estructurales de aviones[6].

Ante esta actividad creciente del desarrollo nacional, el Estado de Coahuila, para asegurar su participación, ha impulsado, con una visión de largo plazo, el desarrollo del trinomio gobierno/academia/industria para aumentar la productividad, el nivel competitivo y el valor agregado de los productos manufacturados en el estado.

1.3.3. Contexto Cinvestav

En el Cinvestav se ha logrado un extraordinario nivel de productividad científica y tecnológica y es hoy en día una de las mejores instituciones de investigación del país[7]. Realiza el 17% de la investigación con sólo el 4% de investigadores del país. Aunado a esto, en la institución se ha implementado una extraordinaria etapa de expansión: en el norte del país se han instalado dos nuevas unidades, una en Monterrey y otra en Ciudad Victoria. Además en la Unidad Saltillo se está llevando a cabo un plan de crecimiento, tanto de sus programas académicos como de sus recursos humanos y de su infraestructura.

No es de sorprenderse entonces que en el Cinvestav se impulse la creación de nuevos programas de alta tecnología y de impacto inmediato, no sólo en el Estado de Coahuila, sino en general en los estados del norte del país. Estos esfuerzos están orientados a la creación de programas de posgrado que contribuyan a consolidar la industria de alto valor agregado.

---

[4] Grupo Imagen, Radio, Saltillo, 19 de julio de 2006
[5] Diario de Querétaro, Junio de 2006
[6] http://atc.uteq.edu.mx/
[7] Suplemento Universitario (CAMPUS), 8 de diciembre, 2005, El reto del Cinvestav, seguir siendo la mejor institución de investigación del país: Rosalinda Contreras

Como respuesta a este esfuerzo, se propone la creación de un programa de posgrado de alto nivel de especialización en las áreas de Robótica y Manufactura Avanzada.

1.3.3.1. Antecedentes de la Robótica y Manufactura Avanzada en el Cinvestav

Existen en el Cinvestav cuatro grupos de investigación cuyos temas de trabajo son de interés para el grupo de *Robótica y Manufactura Avanzada* de la Unidad Saltillo, éstos son:

1. **Grupo de Mecatrónica** del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Zacatenco
2. El **Departamento de Control** Automático de la Unidad Zacatenco y
3. El Departamento de Ingeniería Eléctrica de la **Unidad Guadalajara**
4. **El Grupo de Física e Ingeniería Biomédicas de Monterrey**

En particular los temas de interés de grupo de Robótica y Manufactura Avanzada son los siguientes:

- Manufactura Avanzada
  Manufactura esbelta, moderna y flexible, producción, logística, cadenas productivas
- Robótica
  Multimanipuladores y cooperativos, robots industriales, interfaces hápticas, servovisión, simuladores, interfaces humano-máquina, robots móviles en 3D
- Visión
  Navegación, inspección visual, bioinformática

Con el desarrollo de estos temas se conformarán inicialmente dos áreas de investigación[8] en la Unidad Saltillo y en función al crecimiento del grupo de investigadores se incrementará el número de áreas.

1.4. Justificación del programa de posgrado

Así, desde las últimas décadas del siglo XX, con el avance tecnológico en la microelectrónica y control de máquinas (robótica), ha surgido la necesidad de contar con una educación de alto nivel en estas nuevas áreas de la ingeniería para lograr el diseño integrado de productos y sistemas.

Tabla 4. Centros de investigación y desarrollo de Robótica o Manufactura en el Mundo

[8] De acuerdo a Conacyt, un área de investigación debe estar apoyada por al menos tres investigadores

País	Universidad	Cursos (Lic./ posgrado)	Investigación	Professor (Chair)
Alemania	Technical University of Munchen, University of Karlsruhe	x 	x x	x
Austria	Johannes Kepler University Linz	x	x	x
Bélgica	Katholieke Universiteit Leuven	x	x	
Canadá	McGill University, University of Waterloo, University of Toronto	x x x	x x x	x x x
Dinamarca	Technical University of Denmark	x	x	
EUA	Carnegie Mellon, MIT, University of Illinois, Stanford University, University of Kentucky, University of Massachusetts, University of Wisconsin, University of California, Harvard University	x x x x x x x x	x x x x x x x x	x x x x x x x x
Finlandia	Helsinki University of Technology, University of Tampere, University of Oulu	x x x	x x x	
Holanda	University of Twente, Eindhoven University of Technology	x x	x x	x x
Japón	Ritsumeikan University, Tsukuba University, Tokyo University, Waseda University	x x x x	x x x x	x x x x
Nueva Zelanda	Massey University	x	x	x
Suecia	KTH in Stockholm	x	x	x
Suiza	ETH Zurich, EPFL de Lausanne	x x	x x	x x
Turquía	University Bosphorus, METU	x 	x x	x

En la tabla 4 se muestra una lista de universidades en el mundo que realizan [9] investigación en la robótica o manufactura avanzada; y se informa sobre la oferta de cursos de licenciatura, maestría y doctorado y de la creación de puestos de profesor de tiempo completo para el programa correspondiente. De esta manera se sabe de la existencia de grupos de investigación en el mundo que ofrecen programas similares al de esta propuesta.

[9] Páginas web de cada una de estas universidades

Sin embargo, en nuestro país no existe un programa de Robótica y Manufactura Avanzada aunque sí existen líneas de investigación en robótica y en manufactura en diversos centros de investigación, incluyendo al Cinvestav.

1.4.1. Necesidad de una Educación Multidisciplinaria

En la actualidad existe una tendencia por conjugar en forma sinérgica los conocimientos y técnicas instrumentales de la ingeniería y de otros campos de conocimiento.

La creación de nuevas áreas de estudio ha estado, por lo general, en concordancia con las necesidades del aparato productivo, y con las necesidades futuras que la evolución de la ciencia y la tecnología señala. Al igual que en el resto del mundo, es necesario un nuevo perfil del profesional y de los investigadores en ingeniería, los cuales, auxiliados o trabajando en colaboración con especialistas de otras áreas, deberán tener una visión global técnica y organizativa que les permita usar nuevos conceptos, creando sistemas integrados del conocimiento en áreas múltiples.

Los argumentos a favor de la generalización del entrenamiento y de la ingeniería aumentan cada vez más. Tradicionalmente, las empresas tenían pequeños enclaves con ingenieros altamente especializados, en los cuales las discusiones acerca de los productos que involucraban varias tecnologías inevitablemente se alargaban sin muchos resultados. La industria ahora está requiriendo de ingenieros con una mayor profundidad en el conocimiento pero, al mismo tiempo, una actitud y aptitud más abiertas a otras disciplinas del conocimiento. Por ejemplo, en 1989 el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT por sus siglas en inglés) nombró una comisión con el propósito de estudiar la productividad y el desempeño de la industria en los Estados Unidos. La comisión también estudió varios sectores de la educación superior, incluyendo el programa de los cursos existentes en ingeniería, e hizo algunas recomendaciones; entre las que se encuentran:

- Formar estudiantes y académicos que se caractericen por la habilidad de operar eficientemente en diferentes disciplinas.

- Dar un énfasis a la experiencia en solución de problemas reales; por lo que los estudiantes de ingeniería deben ser expuestos a problemas que vayan más allá de abstracciones idealizadas.

- Enfatizar la importancia del trabajo en equipo introduciendo proyectos prácticos en las diferentes etapas de la educación de los estudiantes de ingeniería.

La comisión del MIT finalmente hizo hincapié en la necesidad de formar un nuevo núcleo de ingenieros que tuvieran bases más amplias pero con un conocimiento especializado en una disciplina y la habilidad para trabajar en grupos multidisciplinarios. Tomando en consideración estas recomendaciones la especialidad en Robótica y Manufactura Avanzada resulta muy pertinente.

En el contexto nacional se ha expresado la necesidad de tener un programa inter/multi-disciplinario de carácter práctico, cerca de las zonas industrializadas que requieren personal especializado y capacitado en las nuevas técnicas de manufactura.

Así, hemos experimentado una fuerte tendencia hacia la especialización multi/inter-disciplinaria debido esencialmente a las fuentes de mercado globalizadoras en todos los ámbitos. Esto sobrepasa entonces las áreas establecidas que han sido tradicionales en la ingeniería eléctrica y demanda una formación más *ad hoc* para estar a la vanguardia.

Existen en México enormes oportunidades en el campo de la robótica y manufactura pero por alguna razón éstas no han sido plenamente atendidas por las Instituciones de Educación Superior. Aun así, continúa un enorme impulso de las empresas de alto valor agregado que dependen de la robótica y manufactura. Sólo basta revisar las últimas noticias[10] en donde se anuncia una inversión de 1,000 mdd para instalar una planta moderna armadora de coches de General Motors. Esto contrasta con el cierre o reducción de plantas similares en otros países, por lo que México requiere urgentemente de un programa de formación de recursos humanos de alto nivel e investigación básica y aplicada en estas áreas para aumentarles el nivel competitivo.

1.4.2. Necesidad de un posgrado en Robótica y Manufactura Avanzada en México

Debido al desarrollo acelerado de la industria en el corredor Saltillo-Monterrey y el interés del Gobierno Federal y del Estado de Coahuila en estos temas, el Cinvestav consideró conveniente la creación de un grupo de investigación científico-tecnológico, multi- e interdisciplinario y altamente capacitado para atender las necesidades de la industria manufacturera regional. Las áreas de Robótica y Manufactura Avanzada son el núcleo de este reto, la creación de un programa de estudios a nivel de posgrado, orientado a la solución de problemas reales de la industria regional es vuelve de importancia vital para la economía local y nacional

Como respuesta a la necesidad de la región en el desarrollo de expertos y de empresas de manufactura avanzada se propone la creación, en la Unidad Saltillo del Cinvestav, del ***Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada***, que tiene como premisa cubrir dichas necesidades. La localización estratégica de este programa dará la oportunidad de incidir y convertirse, a mediano plazo, en un referente nacional en las áreas de Robótica y Manufactura Avanzada y a largo plazo en un referente internacional.

1.4.2.1. Trascendencia

El Programa que se propone, además de satisfacer la demanda nacional existente, en el ejercicio profesional de la robótica y la manufactura avanzada, ayudará a crear una cultura de acercamiento gobierno/academia/industria. Esta vinculación será soportada por un perfil del egresado que contará con actitudes y aptitudes que le permitirán trabajar en problemas de ingeniería de alto valor agregado.

[10] *La Opinión* de San Luis Potosí, 22 de marzo2006

Este perfil será moldeado por una excelente formación en los cursos y seminarios, relaciones de trabajo con el profesorado y una infraestructura adecuada. Los egresados tendrán una especialización que les permitirá colaborar con Instituciones de Educación Superior y con el sector productivo.

Así entonces, la creación de un programa pionero que aglutine la formación de recursos humanos de muy alto nivel y la investigación en Robótica y Manufactura Avanzada permitirá al Cinvestav la posibilidad de trascender en el mediano plazo ante la comunidad académica nacional e internacional.

1.4.2.2. Pertinencia

El uso de nuevas tecnologías, bajo la óptica de la robótica y la manufactura avanzada, permitirá la creación de sistemas de alto valor agregado. En México necesitamos incidir en estas áreas relevantes y pertinentes para el sector productivo, ya que en el orden mundial actual, éstas son un requisito para la mejora sustancial de la productividad y de la competitividad.

Una realidad actual es la existencia del corredor industrial Querétaro/San Luis Potosí/Saltillo/Monterrey cuya importancia se debe al empuje en las áreas de la industria aeroespacial y automotriz. Estas industrias, tradicionalmente de alta tecnología y complejidad, requieren siempre de soluciones regionalizadas a los problemas naturales de la fabricación de piezas y máquinas de precisión.

Por otro lado, la simbiosis que existe entre el investigador y sus estudiantes le permite al primero acercarse en sus intereses de investigación, básica o aplicada y al segundo en su formación. De esta manera, la creación de un posgrado permitirá al mismo tiempo la consolidación científica de los profesores/investigadores del programa y el desarrollo de recursos humanos de nivel superior.

De esta manera se pueden enumerar algunos aspectos fundamentales que muestran la pertinencia de la creación del programa de Robótica y Manufactura Avanzada en la Unidad Saltillo del Cinvestav:

1. Este programa reforzaría el área tecnológica del Cinvestav y permitiría posicionarlo en la vanguardia de la Robótica y de la Manufactura Avanzada. Así mismo, permitiría atender los segmentos de:
   - Formación de recursos humanos,
   - Desarrollo de investigación básica y de tecnología
   - Desarrollo de investigación aplicada y transferencia de tecnología

2. Los investigadores que formarán la planta académica han sido seleccionados con un perfil que considera algunas de las áreas avanzadas de la Robótica y la Manufactura Avanzada. Todos los investigadores son especialistas en temas de alguna de estas dos áreas y conforman en su conjunto un capital humano e intelectual de primer nivel, complementado con una importante infraestructura de espacios y equipo.

3. Al crearse este programa en la Unidad Saltillo, el Cinvestav satisface la petición del Gobierno del Estado de Coahuila para la creación de un grupo de investigación que ayude a la generación de nuevas tecnologías para la aplicación de la manufactura mexicana y aproveche la inversión y apoyo estatales para este programa. Así mismo el programa queda localizado en un punto estratégico en el corredor industrial Querétaro/San Luis Potosí/Saltillo/Monterrey

4. Al crearse este programa se permitirá el desarrollo y fortalecimiento de un área emergente importante no sólo en el Cinvestav, sino en el país, debido a la dependencia del PIB del sector productivo de la manufactura robotizada del sector automotor, abriendo espacios para el acercamiento industria-academia-estado.

5. Esta propuesta de creación representa igualmente un paso natural en el proceso de consolidación y maduración de la robótica y la manufactura en la Unidad Saltillo, con una visión global de la manufactura y sino además por su orientación científico/práctica enfocada en los problemas de la industria local.

1.4.2.3. Impacto Nacional e Internacional

El impacto de este programa puede trascender desde sus inicios al ámbito nacional, dado que el programa es el primero enfocado conjuntamente en las áreas de Robótica y Manufactura en México y se localizará en un estado fronterizo, facilitando de esta manera la participación en programas binacionales, de las Instituciones de Educación Superior y la industria en ambos lados de la frontera.

Una de las actividades importantes del quehacer científico en cualquier institución académica nacional o extranjera es la organización y/o coordinación de eventos científicos y académicos. En este programa se planea organizar y coordinar, a través de su planta académica y la de otros investigadores asociados al programa, eventos tales como talleres y congresos de carácter nacional e internacional que cuenten, además, con la participación del sector productivo. De igual manera, ya que todos los investigadores que forman parte de este programa participan activamente en eventos internacionales importantes (congresos, simposios, conferencias, etc.), a través de éstos se presentarán los logros de investigación del Programa. De esta manera se logrará un crecimiento y fortalecimiento de grupos de investigación afines en el país.

Por otro lado, existe experiencia en la gestión de recursos. Varios de los investigadores que subscriben la presente propuesta han conseguido proyectos financiados por el Conacyt, por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), por la industria privada y por organismos internacionales[11]. Esta experiencia permitirá obtener financiamiento para proyectos de impacto industrial y aplicativo. Tanto esta experiencia como los financiamientos podrán ser transferidos a los estudiantes a través de los proyectos de grado.

[11] Ver CV en el anexo A de este documento

2. PLAN DE ESTUDIOS

El Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada de la Unidad Coahuila del Cinvestav, está dirigido principalmente, pero no de forma excluyente, a especialistas en Robótica, Manufactura, Ingeniería Eléctrica, Ciencias Computacionales, Mecatrónica y ramas afines. Las áreas de especialidad de este programa serán *Robótica, Visión* y *Manufactura Avanzada*.

El Colegio de Profesores, constituido por el total de profesores adscritos al programa, será el órgano coordinador de los asuntos académicos.

2.1. Objetivos y metas

2.1.1. Objetivos

Los objetivos fundamentales del programa de estudio son los siguientes:

a) Preparar recursos humanos altamente especializados en robótica, manufactura avanzada y visión por computadora.
b) Realizar investigaciones originales en áreas científicas y tecnológicas que permitan elevar los niveles de vida e impulsar el desarrollo del país, específicamente en la región del norte de México que demanda expertos en las áreas de robótica, manufactura avanzada y visión por computadora para satisfacer necesidades de investigación en el ámbito académico e industrial.

Sobre la base anterior se desprenden las siguientes metas:

2.1.1.1. Metas.

a) *Hacer del programa un referente con reconocimiento nacional y mundial*.
Basados en la madurez científica de sus investigadores, la estructura y organización de su programa de posgrado, los proyectos de investigación con financiamiento externo y la vinculación con el sector productivo, se puede comprometer un programa competitivo y con reconocimiento nacional y mundial en las áreas de Robótica y de Manufactura Avanzada por medio de un trabajo de equipo entre los integrantes del programa y una colaboración con otros investigadores del Cinvestav.

b) *Realizar investigación de calidad en las áreas de competencia.*
Para esto se requiere la interacción continua con nuestros pares internacionales.

c) *Formar especialistas con nivel de posgrado que sean líderes en la investigación, el desarrollo tecnológico y la educación en las áreas del conocimiento de la Robótica y Manufactura Avanzada.*
Los egresados del programa deben trascender e influir en el desarrollo del país a través del uso adecuado y racional de los conocimientos adquiridos. Una característica importante del programa de posgrado es la participación de los

estudiantes en proyectos de equipo para resolver problemas específicos de ingeniería planteados en algunos cursos. Esto asegura que los egresados adquieran una metodología de trabajo en equipo y una formación multidisciplinaria.

En el caso particular de los *egresados de Maestría*:
Formar profesionales altamente capacitados que dominen los temas de la robótica y de la manufactura avanzada, capaces de resolver las diferentes problemáticas de los sectores productivo y académico.

En el caso particular de los *egresados de Doctorado*:
Formar recursos humanos de alto nivel, capaces de generar conocimiento en las áreas de Robótica y Manufactura Avanzada, comprometidos con México y sus problemáticas, que sean capaces de

i. Integrarse a la vida académica e industrial nacional e internacional y
ii. Concebir, dirigir y realizar proyectos de investigación científica con una visión tecnológica.

d) Impactar y trascender en el entorno académico, educativo y productivo con un programa de posgrado de calidad e investigación de punta.

Para asegurar el cumplimiento de las metas se plantean lo siguiente.

1. *Cuidar la alta calidad profesional y científica de los egresados de maestría y doctorado.*
   Los estudiantes contarán con una buena atención y seguimiento puntual en su desempeño académico, para su mejor preparación se les incorporará a los diversos proyectos multidisciplinarios que involucran prácticas de laboratorio con tecnología de punta.

2. *Organizar talleres y congresos de carácter nacional e internacional.*
   Lo anterior permitirá difundir la disciplina entre los beneficiarios directos (instituciones de enseñanza e investigación, industria, etc.), para atraer, estudiantes, colaboradores y proyectos. Se planea organizar un taller nacional anual y un congreso internacional cada dos años, y la creación de una asociación académica nacional. La participación de los estudiantes será un punto clave para su formación al ser capaz de intercambiar conocimientos y exponer sus proyectos de investigación.

3. *Reforzar las cooperaciones con otros grupos de nuestra institución y de otras Instituciones de Educación Superior nacionales e internaciones.*
   Al establecer una cooperación con instituciones de prestigio internacional, los estudiantes podrán realizar estancias de investigación en el extranjero, abriendo con ello su formación en un contexto internacional, con el fin de asegurar el reconocimiento de las competencias y la calidad de los titulados.

4. *Crear vínculos sólidos con la industria local*
   A futuro, se creará un Laboratorio de Innovación y Transferencia de Tecnología (LITT) que permitirá desarrollar los mecanismos adecuados para contar con una fuerte actividad de difusión, promoción y transferencia de tecnología, útiles al sector productivo del país.

2.2. Colegio de Profesores

La planta académica de profesores del Programa, como lo muestra la tabla 5, está conformada por un núcleo de doce profesores investigadores a tiempo completo apoyados por cinco profesores asociados. Por lo que en su totalidad el programa estará compuesto por diecisiete profesores.

Tabla 5. Profesores del Programa de "Robótica y Manufactura Avanzada"

Nombre	Categoría	SIN	Adscripción	Área
1. Dr. Gustavo Arechavaleta Servín	3 A	SNI 1	Saltillo	Robótica
2. Dr. Arturo Baltazar Herrejón	3 B	SNI 1	Saltillo	Manufactura
3. Dr. Mario Castelán	3 B	Someterá en 2012	Saltillo	Visión
4. Dr. Ismael López Juárez	3 B	SNI 1	Saltillo	Manufactura y Visión
5. Dr. América Morales Díaz	3 B	Someterá en 2012	Saltillo	Manufactura
6. Dr. Ernesto Olguín Díaz	2 A	Someterá en 2012	Saltillo	Robótica
7. Dr. Keny Ordaz Hernández	2C	C	Saltillo	Manufactura
8. Dr. Vicente Parra Vega	3 C	SNI II	Saltillo	Robótica
9. Dr. Francisco Ruiz Sánchez	2 A	Someterá en 2012	Saltillo	Robótica y Manufactura
10. Dr. Anand Sánchez Orta	3 A	SNI 1	Saltillo	Robótica y Visión
11. Dra. Luz Abril Torres Méndez	3 A	SNI 1	Saltillo	Visión
12. Dr. Chidentree Treesatayapun	3 A	SNI 1	Saltillo	Manufactura
13. Dr. Eduardo Bayro	3 C	SNI 3	Guadalajara	Visión y Robótica
14. Dr. Arturo Minor Sánchez	3 B	SNI 1	Ingeniería Eléctrica	Robótica

Nombre	Categoría	SIN	Adscripción	Área
15. Dr. Antonio Ramírez Treviño	3 B	SNI 1	Guadalajara	Manufactura
16. Dr. Alejandro Rodríguez	3 A	SNI 1	Ingeniería Eléctrica	Robótica y Manufactura
17. Dr. Arturo Sánchez	3 B	SNI 2	Guadalajara	Manufactura

El Colegio de Profesores está conformado por el núcleo de profesores de tiempo completo y tiene como función apoyar al programa y colaborar estrechamente, vía seminarios y proyectos de investigación, básica y aplicada, para el desarrollo de áreas complementarias o de nuevas áreas afines al programa. El Colegio de Profesores es responsable, entre otros, de proponer al Director de Unidad:

a) Candidatos para el Coordinador Académico del Programa, quien estará a cargo de las actividades de administración académica del programa.
b) Un Comité de Admisión de Maestría y Doctorado, compuesto por tres profesores que serán los encargados del proceso de admisión de estudiantes.

Paralelamente al Colegio de Profesores hay un grupo de otros cinco profesores del Cinvestav asociados en ambas áreas al Programa, quienes han accedido a colaborar en diferentes actividades.

2.3. Colaboraciones externas

Colaboración académica nacional:

- Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) (Dr. Eugenio López, Dr Jesús de León, Dr. Marco Tulio Mata)
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Monterrey, Campus Estado de México, Campus Ciudad de México (Dr. José Luis Gordillo)
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí-UASLP, (Dr. Emilio González)
- Universidad Autónoma Metropolitana, UAM (Dr. Jesús Álvarez C.)
- Facultad de Ingeniería, UNAM (Dr. Marco Arteaga)
- Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Querétaro (Dr. Gilberto Herrera y Dr. Eduardo Castillo)
- Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Celaya
- Departamento de Ingeniería Eléctrica, CUCEA, Universidad de Guadalajara (Dr. Víctor Larios)
- Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), Guanajuato, Gto. (Dr. Rafael Murrieta, Dra, Claudia Esteves)

- Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), Puebla, Puebla (Dr. Enrique Sucar, Dr, Eduardo Molina)
- CIATEQ, A.C., Centro de Tecnología Avanzada. Querétaro, Qro. (Dr. Rogelio Álvarez)
- Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), Querétaro, Qro. (Dr. Carlos Pedraza)
- Facultad de Matemáticas de la Univ. Autónoma de Yucatán (Dr. Arturo Espinosa)

Colaboración tecnológica nacional:

- Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Celaya.
- Laboratorio de Manufactura, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Tecnología Avanzada del IPN. México, D.F. (Dr. Rosas)
- Centro Nacional de Actualización Docente, SEIT-DGETI, Delegación Tláhuac, México, D.F. (Ing. Felipe Camarena)
- Universidad Tecnológica de Coahuila, UTC (Ing. José Arturo Hernández)

Colaboración académica en el extranjero:

- Dr. Kazuo Tanie, Departamento de Robótica, Laboratorio Nacional de Ingeniería Mecánica, AIST-MITI, Japón
- Dr. J. René Villalobos, Centro de Manufactura y Electrónica, Universidad de Texas en El Paso, Texas, EUA
- Dr. Gregory Dudek, Centro de Máquinas Inteligentes, Universidad de McGill, Canadá.
- Dr. Yiannis Rekleitis, Grupo de Tecnologías Espaciales, Agencia Espacial Canadiense, Canadá
- Dr. Wayne Hung, Texas A&M University, Department of Mechanical Engineering
- Dr. Jorge Leon, Texas A&M University, Department of Engineering & Industrial Distribution
- Dr. Leo Joskowickz, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel
- Dr. Suguru Arimoto, Departamento de Robótica, Universidad de Ritsumeikan, Japón.
- Dr. Gerd Hirzinger, Departamento de Mecatrónica y Robótica de la Agencia Aeroespacial Alemana
- Dr. Liu Yunhui, The Chinese Univ. of Hong Kong
- Dr. Carlos Canudas de Wit, Grupo de Robótica, Laboratorio de Control Automático, Instituto Nacional Politécnico de Grenoble
- Dr. Michel Perrier, Laboratorio de Robótica Submarina, IFREMER
- Dr. Gerrit Van Straten, Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda
- Dr. Xavier Fisher, ESTIA, Laboratorio de Ingeniería de Procesos
- Dr. Max Donelan, SFU, Simon Fraser University, Vancouver Canada

Industria:

A través de mecanismos específicos que permiten la colaboración subvencionada, se dirigirán importantes esfuerzos hacia el sector industrial. Sectores de interés particular son: el automotor (Magna-Formex, Daimler-Chrysler, General Motors), el de

exploración de PEMEX, el de sensores e instrumentación y de redes de CFE, de logística de corredores industriales, de automatización de procesos, de tratamiento de agua, entre otros..

2.4. Perfil de ingreso

El perfil general de ingreso de los estudiantes de posgrado en Robótica y Manufactura Avanzada es el de una persona con interés por el desarrollo formal de tecnología basado en metodologías de diseño, interés por la investigación con un pensamiento crítico; creatividad e inventiva para abordar problemas nuevos o innovar ofreciendo soluciones a problemas reales de automatización y producción, disposición al uso de sistemas informáticos, determinación y perseverancia. También debe presentar capacidad de expresión y una disposición al trabajo en equipo para abordar problemas complejos que involucren diferentes especialidades. Finalmente debe tener un nivel de conocimientos del idioma inglés que le permita seguir un textos y un cursos en este idioma.

2.4.1. Perfil de ingreso a los estudios de Maestría

Además del perfil general, el interesado debe tener una base firme en las matemáticas y la física. Debe tener una formación en algunas de las áreas fundamentales de la tecnología moderna: robótica, manufactura, informática (software y hardware), control, electrónica, mecánica, ingeniería industrial, química, mecánica-eléctrica o mecatrónica, a nivel licenciatura.

2.4.2. Perfil de ingreso a los estudios de Doctorado

Además del perfil general, el interesado en igresar al doctorado, debe tener una base firme en matemáticas y física. Debe tener formación en al menos una de las áreas fundamentales de la tecnología moderna: robótica, manufactura, informática (software y hardware), control, electrónica, mecánica, ingeniería industrial, química, mecánica eléctrica o mecatrónica, a nivel maestría o ser un estudiante destacado en primer año de estudios de la Maestría en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada, impartida por el mismo colegio de profesores.

2.5. Perfil del egresado

2.5.1. Perfil del egresado de Maestría

El egresado del programa de Maestría en Ciencias será un profesional de calidad y alto nivel técnico, que entienda el estado del arte de la Robótica y Manufactura Avanzada y que posea las bases científicas para la solución de problemas de desarrollo tecnológico multi/interdisciplinario.

Al concluir los estudios de maestría el egresado tendrá las siguientes capacidades:

- Manejo del método científico.
- Análisis crítico de la literatura sobre tecnología especializada.
- Evaluación de la problemática y de las necesidades contemporáneas de la industria de la manufactura.
- Capacidad de trabajo en equipos multidisciplinarios.
- Habilidad para presentar sus trabajos, oralmente y por escrito, ante la comunidad científica, tecnológica e industrial.

2.5.2. Perfil del egresado de Doctorado

El egresado del programa de doctorado será un investigador que domine el estado del arte en Robótica y Manufactura Avanzada, que posea las bases científicas y tecnológicas para convertirse en líder nacional e internacional en su especialidad. Será capaz de concebir y realizar proyectos de investigación científica y tecnológica, para la academia o la industria.

Al concluir los estudios de doctorado el egresado tendrá las siguientes capacidades:

- Dominio del método científico.
- Análisis crítico de la literatura y tecnología especializada.
- Conocimiento del estado del arte en Robótica y Manufactura Avanzada.
- Capacidad individual de desarrollo en y como líder de equipos multidisciplinarios.
- Capacidad para relacionarse con la comunidad científica de su especialidad.
- Habilidad para presentar sus trabajos, oralmente y por escrito, ante la comunidad científica, tecnológica e Industrial a nivel nacional y en el extranjero.
- Capacidad de generar conocimiento nuevo e innovación de tecnología.
- Capacidad para actuar como líder en la industria.
- Capacidad para desarrollarse como empresario.

2.6. Procedimiento de admisión

El Colegio de Profesores determinará el número máximo de estudiantes de nuevo ingreso, considerando factores como tamaño de la planta académica, infraestructura, espacio para estudiantes, etc.

2.6.1. Para la admisión como Estudiante de Maestría

Para ser admitido al programa de Robótica y Manufactura Avanzada como estudiante de maestría, el aspirante deberá cubrir lo siguiente:

2.6.1.1. Requisitos de admisión como estudiante de maestría

a) Haber terminado los estudios de una licenciatura[12] en un área afín al programa con un promedio no menor de 8.0.
b) Tener, a juicio del Comité de Admisión de Maestría, suficientes conocimientos del idioma inglés[13] con un nivel equivalente a 400 puntos de TOEFL.
c) Aprobar los exámenes de admisión.

2.6.1.2. Trámites de admisión como estudiante de maestría

a) Entregar una solicitud de admisión, dirigida al coordinador académico del programa.
b) Entregar la documentación necesaria según los requerimientos de Cinvestav al departamento de Servicios Escotares.
c) Entregar dos cartas de recomendación[14].
d) Cubrir todos los requisitos especificados en el Reglamento General de Estudios de posgrado del Cinvestav.
e) Asistir al curso propedéutico[15].
f) Ser aceptado por el Comité de Admisión a la Maestría.

2.6.1.3. Exámenes de Admisión

Se considerarán cuatro exámenes de admisión que serán aplicados inmediatamente después del periodo de los cursos propedéuticos. Estos son:

a) Entrevista con el Comité de Admisión de Maestría.
   Esta evaluación tiene como objetivo determinar la *motivación* del aspirante para realizar estudios de Maestría en Ciencias.
b) Examen de habilidades (psicométrico).
   Esta evaluación tiene como objetivo determinar la *capacidad* del aspirante para trabajar de forma colaborativa, individual, bajo presión y para determinar su estabilidad emocional.
c) Examen de conocimientos
   Esta evaluación tiene como objetivo determinar los *conocimientos* del aspirante afines al área de la Maestría en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada. Esta evaluación será hecha sobre el contenido de los cursos propedéuticos.
d) Examen de Inglés
   Esta evaluación tiene como objetivo determinar si el *nivel de inglés* del aspirante es suficiente para leer y seguir un curso impartido en inglés.

[12] Se podrán admitir alumnos en proceso de titulación, previo análisis de su expediente.
[13] Si el aspirante no alcanza este puntaje, es facultad del Comité de Admisión de Maestría acreditar la admisión del aspirante.
[14] Se recomienda que estas validen el desempeño del candidato desde el punto de vista académico y/o profesional.
[15] Este no es un requisito indispensable, pero sí es altamente recomendable.

2.6.1.4. Cursos Propedéuticos

El programa ofrecerá cursos propedéuticos, ver tabla 6, en las áreas básicas de Álgebra lineal, Ecuaciones Diferenciales y probabilidad y estadística; así como en áreas complementarias: Métodos Numéricos, Mecánica de materiales, Control y Electrónica, con la finalidad de evaluar y homologar los conocimientos en estas materias de los aspirantes. La duración de los cursos será de cuatro semanas, a razón de cuatro horas diarias.

Tabla 6. Cursos Propedéuticos

Cursos Propedéuticos Áreas Básicas	Duración (hrs.)	Créditos
Ecuaciones Diferenciales	20	0
Álgebra Lineal	20	0
Probabilidad y Estadistica	20	0

Cursos Propedéuticos Áreas Complementarias	Duración (hrs.)	Créditos
Métodos Numéricos	20	0
Mecánica de Materiales	20	0
Electrónica	20	0
Control	20	0

El estudiante podrá cursar el total de los cursos de áreas básicas y elegir al menos un curso complementario. La evaluación tomará en cuenta el promedio en los resultados de los exámenes en las áreas básicas más los cursos de áreas complementarias que haya elegido.

2.6.1.5. Selección de Candidatos

La primera parte de la selección de aspirantes es realizada por el Comité de Admisión. Este revisará las solicitudes de admisión y determinará su pertinencia. La evaluación inicial de los aspirantes tomará en consideración los resultados de los exámenes de admisión y la evaluación del CV (experiencia profesional, estudios previos, etc.)

El Comité de Admisión de Maestría turnará los expedientes de los aspirantes seleccionados a los miembros del Colegio de Profesores para la evaluación final. Éste podrá considerar criterios adicionales que considere relevante.

2.6.1.6. Notificación de Resultados

La decisión sobre la aceptación de un candidato como alumno de maestría del Programa será publicada por el Comité de Admisión de Maestría en un periodo máximo de una semana posterior a la fecha del último examen de admisión.

2.6.2. Para la admisión como Estudiante de Doctorado

El Programa de Doctorado tiene el siguiente procedimiento de admisión:

2.6.2.1. Requisitos de admisión como estudiante de doctorado[16]

a) Poseer grado de Maestría[17] en Ciencias en áreas afines a la Robótica y Manufactura Avanzada con un promedio mínimo de 8.0 o su equivalente.
b) Conocimiento del idioma inglés a consideración del Comité de Admisión de Doctorado (equivalente a 500 puntos de TOEFL).
c) Aprobar los exámenes de admisión.
d) Carta de un miembro del programa académico en la que se manifieste su interés y compromiso por dirigir al estudiante en un tema de investigación afín.

2.6.2.2. Trámites de admisión como estudiante de doctorado

a) Entregar una carta de solicitud de admisión dirigida al coordinador académico del programa.
b) Entregar la documentación requerida por el Cinvestav al departamento de Servicios Escolares.
c) Entregar un Currículum Vitae con copia de los documentos que acrediten la información presentada.
d) Entregar un resumen de la tesis de maestría[18].
e) Entregar dos cartas de recomendación que validen el desempeño académico y/o profesional del candidato[19].
f) Aprobar una entrevista con el Comité de Admisión del Doctorado.
g) Ser aceptado por el Comité de Admisión del Doctorado.

2.6.2.3. Exámenes de Admisión

Se consideran cuatro exámenes de admisión:

a) Examen de habilidades (psicométrico).
   Esta evaluación tiene como objetivo determinar la *capacidad* del aspirante para trabajar de forma colaborativa, individual, bajo presión y para determinar su estabilidad emocional.
b) Examen de conocimientos generales
   Esta evaluación tiene como meta determinar los *conocimientos* del aspirante en las áreas de Robótica y Manufactura Avanzada.
c) Examen de inglés
   Únicamente para aquellos candidatos que no certifiquen su nivel.
d) Presentación de un artículo ante el Comité de Admisión
   El Comité de Admisión, entregará al candidato un artículo de su área de expertís relacionado con la Robótica y Manufactura Avanzada. El candidato deberá hacer una presentación de este artículo en un tiempo entre 24 y 48 hrs. después de hacer sido entregado el artículo.

[16] El Colegio de Profesores tiene la facultad de acreditar la admisión de un candidato
[17] A excepción de los candidatos que cumplan con los requisitos de la modalidad de doctorado directo
[18] A excepción de los candidatos que cumplan con los requisitos de la modalidad de doctorado directo
[19] Es deseable que al menos una sea de un profesor investigador

2.6.2.4. Selección de Candidatos

El Comité de Admisión revisará las solicitudes de admisión y determinará su pertinencia. Posteriormente turnará los expedientes, con los resultados de los exámenes de admisión de los aspirantes seleccionados al Colegio de Profesores quien determinará la *aceptación* del aspirante o su negativa.

2.6.2.5. Admisión a la modalidad de Doctorado Directo

Los estudiantes de maestría del programa de Robótica y Manufactura Avanzada que obtengan un promedio mínimo de 9 en el primer año podrán solicitar al Comité de Admisión de Doctorado su incorporación a la modalidad de Doctorado Directo. El candidato deberá cumplir con

a) Carta de un miembro del programa académico en la que se manifieste su interés y compromiso por dirigir al estudiante en un tema de investigación afín.
b) Aprobar una entrevista con el Comité de Admisión del Doctorado.
c) Presentación de un artículo ante el Comité de Admisión y
d) Ser aceptado por el Comité de Admisión del Doctorado.

2.6.2.6. Notificación de Resultados

La notificación del resultado del proceso de admisión la efectuará el Comité de Admisión de Doctorado por escrito al aspirante (ésta será inapelable) extendiéndole una carta de aceptación o su negativa. La carta de aceptación tendrá la validez de un año. La notificación deberá darse en un periodo máximo de ocho semanas a partir de la fecha de solicitud.

2.7. Mapa curricular

El Programa será impartido bajo el esquema de cuatrimestres que empiezan en enero, mayo y septiembre de cada año. Los estudios de doctorado podrán comenzar al inicio en cualquier cuatrimestre.

Tabla 7. Plan de estudios de Maestría

Cuatrimestre	RETÍCULA	Duración (horas)	Créditos
1ro	Matemáticas I	40	8
	Modelado de Sistemas	40	8
	Sistemas Dinámicos	40	8
	Robótica I	40	8
	Seminario 1 (Introducción a los materiales, procesos y sistemas de manufactura)	20	4
	Subtotal	**180**	**36**
2do	Matemáticas II	40	8
	Control I (Control de sistemas dinámicos)	40	8
	Visión por computadora	40	8
	Manufactura I (Automatización Industrial)	40	8

Cuatri mestre	RETÍCULA	Duración (horas)	Créditos
	Seminario 2 (Programación estructurada)	20	4
	Subtotal	**180**	**36**
Asignación de tema de tesis u opción de doctorado directo			
3ro	Optativa 1	40	8
	Optativa 2	40	8
	Seminario optativo	20	4
	Seminario de Tesis I	20	4
	Desarrollo de trabajo de tesis	--	--
	Subtotal	**120**	**24**
4to	Optativa 3	40	8
	Seminario de Tesis II	20	4
	Desarrollo de trabajo de tesis	--	--
	Subtotal	**60**	**12**
5to	Seminario de Tesis III	20	4
	Desarrollo de trabajo de tesis	--	--
	Subtotal	**20**	**4**
6to	Desarrollo de trabajo de tesis	--	--
	Presentación de trabajo de tesis	--	80
	Subtotal	**--**	**80**
	TOTAL	**560**	**192**

2.7.1. Mapa curricular de Maestría

La maestría se cursará en un plazo normal de dos años dividido en seis cuatrimestres de tiempo completo. Este plazo no excederá los tres años. Los cursos y actividades se conforman de un tronco común de ocho materias obligatorias, dos seminarios obligatorios y un seminario optativo, tres materias optativas a definir según el área de especialidad y tema de tesis, tres seminarios de investigación y el desarrollo del trabajo de tesis. Estos se muestran en la tabla 7.

Al final de segundo cuatrimestre, es decir al terminar las materias de tronco común, se asignará al estudiante el tema de tesis bajo la supervisión del Colegio de Profesores. Para los estudiantes que opten por el doctorado directo (ver sección 2.6.2.5), éstos serán evaluados a partir de esta opción por el Comité de Admisión del Doctorado.

La carga normal de trabajo está estimada en 40 hrs. a la semana. En un cuatrimestre normal de 14 semanas, el estudiante debe dedicar 560 hrs. El tiempo estimado de estudio personal que el estudiante debe dedicar por cada hora de cátedra es de aproximadamente 2 hrs.

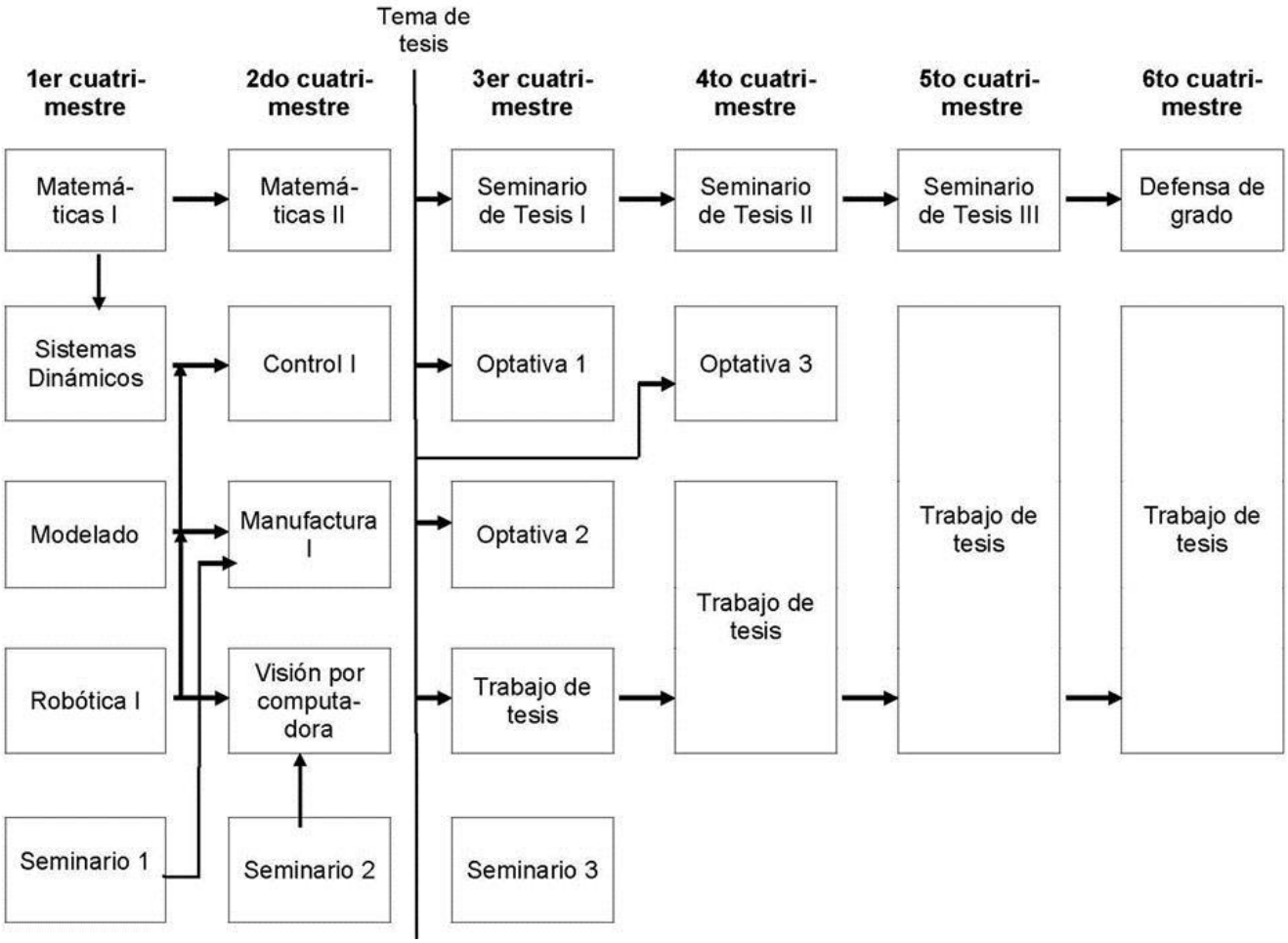

Figura 1. Seriación y prerrequisitos de las materias del plan de estudios de Maestría

Tabla 8. Horas estimadas de carga de trabajo

Cuatrimestre	Cursos	Estudio personal	Trabajo de tesis	Total
1ro	180	380	0	560
2do	180	380	0	560
3ro	120	280	160	560
4to	60	140	360	560
5to	20	60	480	560
6to	0	0	560	560
Total	560	1240	1560	3360

2.7.1.1. Asignación de tema de tesis

La asignación de los temas de tesis se hará bajo la supervisión del Colegio de Profesores. Este propondrá tantos temas como alumnos haya inscritos en el segundo cuatrimestre de maestría. La selección se hará en base a los méritos académicos del estudiante y a los criterios del Colegio de Profesores, dejando en lo posible libertad de selección al estudiante.

2.7.1.2. Opción de doctorado directo

Si el estudiante cumple con los requisitos adecuados y es su deseo iniciar el doctorado en este programa, puede solicitar su ingreso al doctorado al terminar el segundo cuatrimestre. En este caso, no le será asignado tema de tesis de maestría sino un tema de doctorado.

2.7.1.3. Cursos Optativos

Los cursos optativos serán seleccionados por el director de tesis de maestría, en acuerdo con el estudiante y acordes con el tema de tesis. El director de tesis podrá determinar materias adicionales, si así lo requiere el alumno. En caso de que se requieran materias adicionales fuera del Cinvestav, será necesario que la materia, así como el docente que la imparte, sean aprobados por el Colegio de Profesores y esté de acuerdo al Reglamento General de Estudios de Posgrado del Cinvestav. En la tabla 9 se muestran los cursos optativos para este programa.

2.7.1.4. Defensa de grado

Una vez concluida la tesis, ésta será revisada por un jurado designado por el Comité Académico de Seguimiento en un plazo no mayor de cuatro semanas; una vez aprobada por éste la tesis será presentada y defendida en un examen abierto en las siguientes dos semanas.

Tabla 9. Cursos y seminarios* optativos

Cursos	Tema principal	Áreas de especialidad	
		Robótica/ Visión	Manufactura
Planificación de movimientos para robots	Fundamentos algorítmicos del movimiento robótico	x	
Visión 3D	Percepción, Modelado y visualización de ambientes	x	
Fusión de datos multisensoriales	Teoría y aplicaciones de la fusión de datos provenientes de diversos sensores	x	
Introducción al control visual de robots	Fundamentos y aplicaciones del control servo visual	x	
Navegación y control de vehículos no tripulados	Modelado y control usando la estimación de estado	x	
Métodos avanzados de evaluación no destructiva usando ultrasonido	Aplicaciones avanzadas del ultrasonido en END		x
Planificación de movimientos y control de humanoides reconfigurables	Fundamentos algorítmicos del movimiento robótico aplicado a humanoides	x	
Diseño estadístico de experimentos	Introducción a los métodos de DEE	x	x
Evaluación no destructiva en manufactura	Introducción a los métodos de END		x
Introducción de sistemas digitales	Temas introductorios en sistemas digitales	x	
Modelado y optimización	Introducción a la optimización como herramienta para la resolución de problemas	x	x
*** Sistemas neurodifusos y sus aplicaciones**	Aplicación de ANFIS y FREN en control e identificación	x	x
*** Redes neuronales artificiales: aplicación en robótica y manufactura**	Teoría y aplicaciones de las redes neuronales artificiales en problemas de robótica y manufactura	x	x
*** Estadística multivariada y análisis de datos**	Análisis de subespacios vectiriales con aplicaciones en problemas de control	x	x

2.7.2. Mapa curricular de Doctorado

La duración normal de los estudios de Doctorado en Ciencias será de cuatro años, dividido en doce cuatrimestres. Las actividades que conforman este grado son: Creación del Protocolo de Investigación, Desarrollo del proyecto de investigación, Actividades académicas, Examen predoctoral, Estancia de Investigación y Defensa de grado.

El Colegio de Profesores nombrará un Comité de Seguimiento Académico (CAS) para cada estudiante. Éste estará compuesto por tres profesores incluyendo al Director(es) de Tesis y un miembro del Colegio de Profesores.

El Comité Académico de Seguimiento correspondiente podrá revisar solicitudes especiales y autorizar la graduación en un plazo menor a los cuatro años o la inscripción a cuatrimestres adicionales. Para la obtención del grado de doctorado por la vía tradicional, la duración total de los estudios de doctorado no podrá ser inferior a dos años y no podrá ser mayor a cinco años (3 cuatrimestres adicionales). Mientras que para la modalidad de doctorado directo, se deberá cumplir una estancia mínima de tres años y máxima de cinco años.

Tabla 4. Plan de estudios de Doctorado (Modificado)

	Cuatrimestre	**Doctorado Tradicional** Aspirantes con grado de maestría		**Doctorado Directo** Aspirantes con grado de licenciatura	
Año cero (M en C)	**1ro(M en C)**			Inscrito como **estudiante de maestría** cursa **TODAS** las materias del plan de estudios	
	2do (M en C)				
	3ro (M en C)				
Primer año (Doctorado)	**1ro**	Cursos optativos (mínimo 2) + Curso de Trabajo de Investigación	***Protocolo de investigación***	Cursos optativos (mínimo 3) + Curso de Trabajo de Investigación	***Protocolo de investigación***
	2do		***Desarrollo del Proyecto de Investigación***		***Desarrollo del Proyecto de Investigación***
	3ro				
Segundo año (Doctorado)	**4to**				
	5to				
	6to				

Tercer año (Doctorado)	**7**to	***Examen predoctoral***		***Examen predoctoral***	
	8to				
	9to	***Estancia de investigación***		***Estancia de investigación***	
Cuarto año (Doctorado)	**10**mo				
	11ro				
	12do	***Defensa de grado***		***Defensa de grado***	

(M en C) son cuatrimestres de los estudios de Maestría en Ciencias

Las actividades del estudiante de doctorado tanto por la vía tradicional como por el doctorado directo se muestran en la tabla 4.

2.7.2.1. Creación del Protocolo de Investigación

Antes de finalizar el primer cuatrimestre, el alumno deberá presentar un ***protocolo de investigación*** al Comité Académico de Seguimiento. Este podrá ser *aceptado*, *no-aceptado* o *preaceptado con recomendaciones*. En este último caso, el protocolo deberá ser presentado nuevamente al Comité Académico de Seguimiento para un nuevo dictamen.

2.7.2.2. Desarrollo del proyecto de investigación

El Proyecto de Investigación es el núcleo del trabajo del estudiante de doctorado. Este trabajo será supervisado por su director(es) de tesis y monitoreado periódicamente por el Comité Académico de Seguimiento correspondiente con presentaciones cada cuatrimestre.

2.7.2.3. Actividades académicas

Las actividades académicas serán asignadas a cada alumno por su director de tesis con el aval del Comité Académico de Seguimiento respectivo; comprenderán además del proyecto de investigación, cursos, talleres, seminarios, actividades docentes y aquellas otras que proporcionen una sólida formación académica en los conocimientos específicos del campo de interés principal del alumno y lo preparen para la candidatura al grado de doctor. Las actividades antes mencionadas se habrán de realizar sin perjuicio de otras actividades asignadas por el director de tesis y el Comité Académico de Seguimiento. Asimismo, el Comité Académico de Seguimiento avalará que el alumno asista y apruebe un mínimo de tres cursos (cuatro en la modalidad de doctorado directo) que serán de carácter obligatorio. Uno de estos cursos deberá tener como objetivo el desarrollo de habilidades de ***Trabajo de Investigación*** y deberá ser cubierto durante el primer año.

2.7.2.4. Examen Predoctoral

Se considerará que un alumno es candidato a doctor cuando demuestre que cuenta con una sólida formación académica y capacidad para la investigación. En consecuencia deberá presentar un examen predoctoral, cuya evaluación tendrá por finalidad verificar que el aspirante:

- Sea capaz de identificar y plantear un tema de investigación original en su campo disciplinario con destreza y creatividad.
- Maneje de manera crítica la información científica y tecnológica de fuentes especializadas de actualidad relacionadas con el proyecto de investigación que lo conducirá a su tesis de grado.
- Tenga conocimientos sólidos en su campo disciplinario y temas afines que estén relacionados con su investigación y tenga capacidad para integrarlos.

El examen predoctoral deberá presentarse antes del final del séptimo cuatrimestre. Éste versará principalmente sobre el campo disciplinario de la investigación del alumno, los temas más cercanos y la propuesta en primera aproximación de la base teórico-metodológica de su tesis de grado.

Para los casos excepcionales donde el estudiante o profesor soliciten que el tiempo de tesis sea menor a los 4 años, el Colegio de Profesores deberá definir el momento adecuado para la presentación del examen predoctoral.

Si no se presenta este examen en tiempo y forma, el alumno causará baja automática del programa.

Para obtener la candidatura al grado de doctor el Comité Académico de Seguimiento emitirá un dictamen que puede ser *aprobado, no aprobado* o *condicionado*. En este último caso, el estudiante podrá presentarlo con correcciones sólo una vez más, en un periodo no mayor a dos cuatrimestres después de la primera presentación de examen predoctoral..

2.7.2.5. Estancia de Investigación

Esta estancia no es obligatoria, sin embargo es altamente deseable, deberá realizarse en una institución diferente del Cinvestav, preferentemente en el extranjero. Podrá hacerse en dos periodos y en instituciones diferentes. La suma total del tiempo de estancia deberá tener una duración de entre tres y doce meses. El proyecto de estancia deberá ser aprobado por el Comité Académico de Seguimiento correspondiente.

2.7.2.6. Defensa de grado

Una vez concluida la tesis, ésta será revisada por un jurado designado por el Comité Académico de Seguimiento en un plazo no mayor de seis semanas; una vez aprobada por éste la tesis será presentada y defendida en un examen abierto en las siguientes dos semanas.

2.7.2.7. Requisitos de Permanencia

La permanencia en los estudios del doctorado estará sujeta a los siguientes requisitos:

- Dedicar tiempo completo.
- Realizar satisfactoriamente las actividades académicas que establezca el Comité Académico de Seguimiento.
- Recibir un dictamen *aprobatorio* en el examen predoctoral.
- Cuando un alumno interrumpa los estudios de doctorado, el Comité Académico de Seguimiento determinará los términos para ser reincorporado al programa. El tiempo total de inscripción efectiva no podrá exceder los límites establecidos en el Reglamento General de Estudios de Posgrado del Cinvestav.
- Un estudiante que esté dado de baja podrá solicitar la presentación del examen de grado previa presentación de la tesis sólo si su periodo de baja es inferior a un año.

2.8. Seguimiento del programa

Para cuidar el criterio importante de la eficiencia terminal, se han instrumentado los siguientes mecanismos para que se de un seguimiento al estudiante que asegure el desarrollo adecuado de su trabajo de investigación.

2.8.1. Seguimiento del plan de Maestría

El seguimiento de los estudiantes de maestría estará a cargo del Colegio de Profesores. Este organismo estará encargado de revisar el desempeño de los estudiantes tanto en las materias, como en el desarrollo del trabajo de tesis. Esto último se hará a través de seminarios de investigación, de presentación del protocolo de investigación y presentaciones de avance de tesis.

Cada estudiante será asignado a un profesor que funcionará como tutor académico. Será éste quien dará un seguimiento personalizado durante los primeros dos cuatrimestres. A partir del tercero, el seguimiento personalizado quedará a cargo del asesor(es) de tesis.

2.8.1.1. Responsabilidades del tutor

El tutor es responsable del seguimiento académico de su tutelado, durante los cursos obligatorios.

Durante el desarrollo de tesis, el estudiante deberá presentar avances en cada cuatrimestre. Las primeras tres presentaciones (tercer, cuarto y quinto cuatrimestres), el estudiante las hará en los seminarios de investigación como parte de la currícula. Una última presentación corresponderá al examen de grado a partir del sexto cuatrimestre.

Cuando el estudiante necesite un cuatrimestre adicional para terminar su trabajo de tesis, deberá solicitarlo al Colegio de Profesores. El plazo máximo de las extensiones será de tres cuatrimestres (un año). No podrá autorizarse ninguna extensión adicional.

2.8.2. Seguimiento del plan de Doctorado

Para los estudiantes de doctorado, el Comité Académico de Seguimiento (CAS) se encargará de revisar la propuesta de tesis doctoral, el plan de actividades académicas, la presentación del examen predoctoral y del trabajo final de tesis en escrito y oralmente.

El Comité Académico de Seguimiento es responsable de que:

- Se autorice la existencia de un director(es) de tesis.
- Se establezca un plan de actividades académicas del estudiante para obtener el grado de doctorado y que éste sea realizable en el tiempo previsto.
- El alumno desarrolle adecuadamente su plan de actividades académicas y que sus logros sean evaluados periódicamente.
- Se facilite hacer adecuaciones y modificaciones al plan de actividades académicas, si así se requiere.

Para inscribirse a los cuatrimestres décimotercero, decimocuato y/o decimoquinto, el alumno deberá presentar un examen de avance de tesis en sesión abierta para cada inscripción. Este examen será calificado por el Colegio de Profesores y por el Comité Académico de Seguimiento.

El Comité Académico de Seguimiento será el encargado de determinar si el alumno de doctorado está preparado para optar por la candidatura al grado. Las características y procedimientos del examen de candidatura al grado de doctor serán descritos en las normas operativas del reglamento interno de este posgrado.

2.9. Requisitos para la obtención del Grado Académico

2.9.1. Grado de Maestro en Ciencias

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias se requerirá que el estudiante cumpla con los siguientes requisitos:

a) Cumplir con las obligaciones académicas establecidas en este documento y por el Reglamento General de Estudios de Posgrado del Cinvestav.
b) Cumplir con el programa de estudios con un promedio mínimo de 8, sin cuantificar las calificaciones del trabajo de tesis.
c) Presentar y aprobar el examen de grado de maestría.

2.9.1.1. Características de la Tesis

Es recomendable que del trabajo de tesis se genere como mínimo una publicación en extenso en un congreso internacional y/o de preferencia en una revista internacional especializada.

Examen de Grado. El examen de grado consistirá en la presentación y defensa de la tesis de grado ante un jurado. Este jurado será propuesto al Colegio de Profesores y estará integrado por al menos los siguientes miembros del Colegio de Profesores:

- El Director de Tesis
- Al menos dos profesores, de los cuales al menos uno deberá ser miembro del Colegio de Profesores

Con la aprobación del director de tesis, el estudiante entregará la tesis terminada a todos los miembros del jurado designado por el Colegio de Profesores. El estudiante estará obligado a atender las observaciones de los miembros del jurado. Una vez efectuada la revisión de la tesis el estudiante solicitará la presentación del examen de grado bajo el Reglamento General de Estudios de Posgrado del Cinvestav.

Si la defensa es exitosa de acuerdo con los criterios del jurado designado, el Cinvestav otorgará al estudiante el grado de Maestría en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada.

2.9.1.2. Obligaciones del Jurado

Previo al examen de grado, es obligación de los miembros del jurado revisar el manuscrito de la tesis y contestar con sus observaciones en un plazo de entre dos y cuatro semanas.

2.9.2. Grado de Doctor en Ciencias

Previo cumplimiento del Reglamento General de Estudios de Posgrado del Cinvestav y para obtener el grado de Doctor en Ciencias se requerirá que el candidato cumpla los siguientes requisitos:

a) Haber cumplido con el programa académico propuesto por el Comité Académico de Seguimiento con un promedio mínimo de ocho.
b) Haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos de permanencia.
c) Demostrar un dominio del inglés con un mínimo de 550 puntos del TOEFL.
d) Elaborar una tesis doctoral basada en los resultados de las investigaciones realizadas.
e) Haber publicado o tener aceptado un producto que la COPEI considere con una calificación igual o mayor a cinco puntos en una revista indizada como primer autor; en donde el trabajo de investigación de la tesis sea el elemento sustancial (El Comité Académico de Seguimiento verificará que se cumpla este aspecto).
f) Haber publicado un artículo en extenso en algún congreso internacional como primer autor, avalado unánimemente por el Comité de Examen Doctoral como un congreso de alta calidad.
g) Presentar y aprobar el examen de grado de doctor.

2.9.2.1. Características de la Tesis

La tesis de doctorado deberá corresponder a la realización de un proyecto de investigación original acorde con los propósitos del Programa. Ésta será una evidencia escrita integral y sistemática de las hipótesis planteadas, las estrategias empleadas en la resolución del problema de investigación y los resultados obtenidos.

2.9.2.2. Examen de Grado

El examen de grado consistirá en la presentación y defensa de la tesis de grado. El Comité Académico de Seguimiento será el encargado de proponer el jurado de examen al Colegio de Profesores.

El Comité de Examen Doctoral o Jurado será nombrados por el Comité Académico de Seguimiento e integrados por al menos cinco y un máximo de siete miembros, bajo el siguiente esquema:

- Los Directores de Tesis.
- Los otros miembros del Comité Académico de Seguimiento.
- Al menos un miembro del Colegio de Profesores que no pertenezca al Comité Académico de Seguimiento
- Al menos un investigador de prestigio externo al Colegio de Profesores

Además de los directores de tesis, no deberá haber más de una persona en el Jurado con las cuales el alumno haya publicado sus resultados.

Con la aprobación del director de tesis, el estudiante entregará la tesis terminada a todos los miembros del Jurado, quienes la revisarán. El estudiante estará obligado a responder pero no necesariamente atender las observaciones de los miembros del Jurado. Una vez efectuada la revisión de la tesis el estudiante solicitará la presentación del examen de grado. La operación y procedimientos respectivos serán resueltos conforme a las normas operativas del Reglamento General de Estudios de Posgrado del Cinvestav.

Si la defensa es exitosa de acuerdo con los criterios del Jurado designado, el Cinvestav otorgará al estudiante el grado de Doctor en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada.

2.9.2.3. Obligaciones del Jurado

Previo al examen de grado, es obligación de los miembros del jurado revisar el manuscrito de la tesis y contestar con sus observaciones en un plazo máximo de seis semanas.

3. INFRAESTRUCTURA DE APOYO

3.1. Infraestructura

En el nuevo Unidad Saltillo se dispondrá de un edificio de dos pisos con un espacio de aproximadamente 2,000 m^2 que albergará cinco laboratorios, dieciséis oficinas de profesores, área de cubículos de estudiantes y oficinas de apoyo, además de sala de juntas, oficinas de profesor visitante y sala de estar. Es importante mencionar también que se contará con el apoyo de cinco talleres (mecánicos, de impresión de circuitos, fotográficos, multimedia, etc.) equipados para apoyar los desarrollos experimentales del personal académico y de los estudiantes.

3.1.1. Infraestructura para Laboratorios de Investigación

Se usarán cinco laboratorios, de los cuales cuatro serán para docencia e investigación. El quinto será para vinculación y transferencia de tecnología. Los laboratorios serán temáticos, con el propósito de promover espacios e infraestructura comunes por temáticas, para mayor interacción del todo el personal.

3.1.2. Infraestructura para la Práctica Docente

- El programa contará con dos aulas y con un acceso programado a un gran auditorio en el nuevo Unidad Saltillo y con una sala Audiovisual y de multimedia
- Los estudiantes de maestría tendrán un espacio de cubículos y los de doctorado espacios en los laboratorios, junto a las estaciones experimentales.

3.1.3. Infraestructura adicional

- Biblioteca de la Unidad
- Red de cómputo, incluyendo nodo de Internet 2
- Taller de maquinado.
- Laboratorio externo de robótica

3.2. Equipamiento

3.2.1. Equipamiento de laboratorios

Se ha adquirido y ya se encuentra en los laboratorios el siguiente equipamiento:

1. Instrumentación, tarjetas de adquisición, software NI departamental
   - 1.1 5 estaciones Elvis, de NI
   - 1.2 55 tarjetas IO-NI (incluyen drivers y módulos de tiempo real), de NI
   - 1.3 Software departamento (incluye todo el software de la plataforma NI), de NI
   - 1.4 10 kits de desarrollo de adquisición de datos y cuadratura de encoders, de Overseas Computers
   - 1.5 Equipo de instrumentación (incluyen 10 sets de osciloscopio, multímetros, fuentes de poder conmutadas y generadores de señales), de Balkan Instruments
   - 1.6 Red industrial de desarrollo de Profibus, de Festo.
   - 1.7 Sistema de procesamiento inmerso DSP (DS1104 R&D Controller Board), con software RT, de dSpace (incluye licencias de Matlab)
   - 1.8 Sistema de desarrollo WinCon de tiempo real, de Quanser

1.9 Sistema de desarrollo de 8 canales (tarjeta Multifunción Q8 de Quanser)

2. Manufactura
   2.1 Fresadora CNC, 3 ejes de Haas Automation
   2.2 Torno CNC, 3 ejes de Haas Automation
   2.3 Interfaz háptica para prototipado rápido
   2.4 Cama de prueba de sensores de flujo con accesorios (SL40, SL1. SL103, SL118-121),
   2.5 Control multivariable de tanques acoplados (CE105MV),
   2.6 Sistema de sensores e instrumentación (SIS); servomotor para control de velocidad (CE107) con interfaz digital (CE122).

3. Robótica y Visión
   3.1 Robot PA-10 7 grados de libertad en arquitectura abierta, con todos los accesorios, con el simulador simple, incluye 2 estaciones de trabajo
   3.2 Mobile robot ActivMedia Pioneer 3-AT (P3T0001, ACT0012 and ACT0010). Pioneer 3-AT 4-skid-steer, onboard PC 1.6GHz with 20 GB HD and 512MB RAM, batteries, and mounted 5dof Arm with 1dof gripper
   3.3 Complete Laser Mapping & Navigation System including Laser range-Finder (ACA0023, SICK LMS200)+Laser integration Pkg (cables, mount, Laser Control Plug-In). + Laser Mapping & Navigation Software (Laser Mapper. Map Editor, ARIA. + Laser. Log, ARNL Laser Navigation & Localization) + Docs
   3.4 Pant-Tilt Stereovision for range-finder (ACA0095). Includes twin cameras, lenses, pan-tilt, firewire cd, cabling stereo software, camera drivers for Linux/WN, cables.
   3.5 2 Cámaras (digitales IEEE 1394 Basler A602F a color. Basler A602FC Color IEEE-1394 CMOS Camera, 100fps)
   3.6 Phantom FreeForm
   3.7 Escáner láser 3D Vivid de Konika Minolta

3.2.2. Mobiliario en cubículos

El mobiliario, estándar para toda la nueva Unidad, incluye: escritorios, sillas, libreros, mesas de trabajo, sillones, pizarrones, estantes, archiveros, etc.

3.2.3. Equipo de Cómputo

Se contará con una PC por estudiante en la sala de cómputo y una PC por estudiante en las estaciones de trabajo de cada tesista. Las PC serán de última generación. Además, se adquirirá una plataforma mínima de licencias del siguiente software:

Tabla 11. Paquetería computacional (software)

Descripción	Versión
Inventor	11
Compiladores varios	
MATLAB	7.1
MathCad	6.0

Descripción	Versión
Scientific Work Place	4.0
SIMNON	3.0
Visual Studio	2005
LabWindows/CVI	4.01
Developer Network	V2
Visual Nastran	V2005 4D
CATIA	V5 R16
ADAMS	2005R2

3.2.4. Telecomunicaciones.
Se contará con acceso de Internet de gran ancho de banda, así como Internet 2, además de teléfono y videoconferencia.

3.2.5. Biblioteca
Como parte de la infraestructura de apoyo a los programas de Maestría y Doctorado se equipará la biblioteca de la Unidad Saltillo con volúmenes en las áreas que cultiva el presente programa. Es importante mencionar que se planea también la adquisición de volúmenes básicos para todos los cursos del programa académico. Asimismo, se establecerá un convenio con la biblioteca del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE) de Zacatenco, la cual cuenta con un acervo de aproximadamente 13,500 volúmenes, 362 suscripciones a las revistas más importantes de cada disciplina y diversas bases de datos en discos compactos. Además de lo anterior, esta biblioteca posee una extensa colección digital formada fundamentalmente por la producción interna del DIE entre la que podemos mencionar, memorias de tesis y documentos de eventos científicos tales como: conferencias, coloquios, seminarios y reuniones a la cual se tiene acceso integro desde la Unidad Saltillo. Además se han solicitado 1,200 libros especializados y 30 revistas y bases de datos complementarios a aquellas con que tendríamos acceso, vía DIE, desde Saltillo.

3.3. Personal de Apoyo

Un aspecto sustancial en todo programa de robótica de alto nivel es la característica de que el equipo de los laboratorios está constituido por tecnologías de última generación. En el Programa, el Cinvestav y los investigadores adscritos al mismo programa, han dedicado esfuerzos sustanciales para el equipamiento de cuatro laboratorios, con prioridad en los aspectos docentes (recordemos que nuestros cursos están intrínsicamente ligados a prácticas de laboratorio) del Programa, por lo que es fundamental el rol que jugarán el personal de apoyo.

3.4. Vinculación

Se han implementado enormes esfuerzos desde hace dos décadas en el sector educativo público y privado en México, para establecer el círculo virtuoso del flujo de conocimiento hacia beneficios tangibles para la sociedad. Sin embargo, por diversas y muy complejas razones no se han alcanzado las metas establecidas. En otras palabras, los conocimientos

aplicados que generan las Instituciones de Educación Superior deberían ser transferidos hacia el sector productivo para un mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad. Los primeros pasos esenciales para esto es la formación de masa crítica de expertos en áreas estratégicas y una clara y efectiva estrategia de transferencia de conocimientos, metodologías y técnicas para la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías. Esto ha sido el factor de éxito de todos los países avanzados y es más evidente en los países de economías emergentes de Asia, tales como Corea y Taiwán.

El establecimiento de un Centro para fomentar la Innovación y mejorar la Transferencia de Tecnología en las nuevas instalaciones de la Unidad Saltillo ofrecerá un espacio efectivo para motivar la creación de vínculos entre el sector industrial y los diferentes Programas Académicos existentes en el campus.

ANEXOS

ANEXO A: Curriculum Vitae Resumido de los Investigadores que suscriben la propuesta

Gustavo Arechavaleta Servín, 36 años
Investigador CINVESTAV 3A
Correo electrónico: garechav@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctorado en Robótica, 2007. Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia.
- Maestría en Robótica, 2004. Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia.
- Maestría en Ciencias de la Computación, 2003. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- Licenciatura en Informática, 2001. Universidad Tecnológica de México.

Áreas de Especialización

- Planificación de movimiento de robots
- Robótica humanoide
- Neurociencias computacionales del movimiento

Docencia

- Cursos de posgrado en temas de robótica en el programa académico de robótica y manufactura avanzada del Cinvestav, Unidad Saltillo.

Investigación

Miembro del *SistemaNacional de Investigadores:* Nivel 1.
Artículos Publicados en revistas: 9
Artículos en Congresos: 26

Formación de recursos humanos:

Dirección de 1 Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación en Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.Dirección de 1 Tesis de Maestría Germano-Mexicana en Mecatrónica en la FACH Aachen University of Applied Sciences y CIDESI y 4 Tesis de Maestría en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada en CINVESTAV.

Participación en Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

- Responsable del proyecto "Planificación y generación de movimientos para sistemas robóticos antropomorfos sujetos a restricciones cinemáticas y dinámicas ", Otorgado por SEP-CONACyT en la convocatoria 2007, Monto: $580,000.00; Duración 3 años.
- Responsable del proyecto "Generación automática de movimientos cooperativos entre humanos y robots humanoides", Otorgado por CONACyT en la convocatoria 2013 de Cooperación Bilateral Científica y Tecnológica con Quebec, Canadá.

Aportaciones

Ha desarrollado algoritmos para modelar, generar y controlar los movimientos de robots caracterizados por la complejidad de su estructura mecánica. Ha desarrollado algoritmos para optimizar trayectorias de robots redundantes, subactuados y sujetos a restricciones bilaterales y unilaterales a nivel cinemático y dinámico. Ha desarrollado modelos computacionales para identificar las primitivas de movimiento de sistemas biológicos.

Arturo Baltazar Herrejón, 46 años

Investigador CINVESTAV 3B
Correo electrónico: arturo.baltazar@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Ph.D. en The Ohio State University, Columbus, OH, USA, en el Department of Industrial, Welding and System Engineering, 1995-2002.
- Maestría en Metalurgia y Ciencia de Materiales en la Universidad Michoacana, en el Inst. de Investigaciones Metalúrgicas, 1990-1992.
- Licenciatura en Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana, 1984-1989.

Áreas de Especialización

- Evaluación Cuantitativa No-Destructiva (QNDE)
- Evaluación No-Destructiva de estructuras y procesos de ingeniería.
- Métodos Avanzados de QNDE usando ultrasonidos
- Desarrollo de sistemas robóticos y automatizados de control de calidad no-destructivo.
- Control probabilístico de la calidad

Docencia

- Instituto Tecnológico de Hermosillo, Escuela de Licenciatura en Ingeniería Industrial : Metodología de la Investigación Científica.; Métodos de Evaluación No-Destructiva; Introducción al Diseño de Experimentos; Metrología y Normalización
- Líder del cuerpo académico en Biomecánica y Ergonomía ocupacional del Posgrado en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico.
- Cinvestav Unidad-Saltillo, Programa de Robótica y Manufactura Avanzada:
  Seminary I- Introduction to materials and processes in manufacturing; Math II- Probabilistic models;Nondestructive Evaluation in Manufacturing; Advanced Nondestructive evaluation methods; Statistical Design of Experiments

Investigación

Miembro del *SistemaNacional de Investigadores:* Nivel 2.
Artículos Publicados en revistas: 20
Artículos en Congresos: 18
Desarrollos tecnológicos: 1

Formación de recursos humanos:

Dirección de 3 Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Hermosillo

Dirección de 7 Tesis de Maestría en Ciencias en el Programa de Robótica y Manufactura Avanzada

Participación en Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

- Jefe del proyecto "Caracterización No-Destructiva de Productos Agrícolas", Otorgado por COSNET-SEP, Monto: $365,000.00; Duración 2004-2005.

- Jefe del proyecto, “Determinación de propiedades físicas en la fruta del mango usando espectroscopia ultrasónica”, Otorgado por CONACYT (Investigación Científica Básica) 2004. Monto: $512,000.00; Duración, 2005-2008.

- “Determination of physicalproperties in mangoefruitusingultrasonicspectroscopy", Teammembers: (PI) Arturo Baltazar[1], Rafael García Martinez[1], Gustavo Gonzalez[2], y J. I. Aranda Sanchez[3], [1]Instituto Tecnológico de Hermosillo, [2]Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD), [3]Universidad Michoacana (UMSNH). Proyecto 48085; grantedby CONACYT-Científica Básica 2004, 2005-2006.

- “Development of an Ultrasonic Technique for Monitoring Damage of Overhead Power Lines”. Team members: (Co-PI) Stefan Hurlebaus[1], (Co-PI) Arturo Baltazar[2], Vicente Parra[2], J-Y Kim[3], J. I. Aranda-Sánchez[4]. 1Texas A&M University, [2]Cinvestav Unidad-Saltillo, [3]Georgia Technology Institute, [4]Universidad Michoacana (UMSNH). Proyectgrantedby TAMU-CONACYT initiative, 2007-2008.

- "Interaction of guided ultrasonic elastic waves with imperfect interfases and cracks between two hollow cylinders axially joined". Teammembers: (PI) Arturo Baltazar[1], Vicente Parra[2], J-Y Kim[3], J. I. Aranda-Sánchez[4], Alberto Ruiz[4], Elisa Martinez[5], [1]Cinvestav Unidad-Saltillo, (CIAD), 3Georgia TechnologyInstitute, [4]Universidad Michoacana (UMSNH), [5]Instituto de Investigaciones Electricas, Grantedby CONACYT, Investigación Básica, 2008-2010.

- “Buried Pipeline Active Sensing and Damage Detection using Piezoelectric Nanocomposites”. Team members: (CO-PI) Arturo Baltazar1, (CO-PI) Ken Loh[2], J-Y Kim[3] .[1]Cinvestav Unidad-Saltillo; [2]University of California; [3]Georgia Technology Institute. Granted by 2011 UC MEXUS-CONACYT Collaborative Research Grants. Amount $300,000.00, 2011-2013.

Aportaciones

En Adler Consultants Inc. Research Center, Columbus, OH (1999-2001) participó en la investigación para el desarrollo y validación de un método ultrasónico con haz angular para la determinación de microgrietas en estructuras compuestas.

Mario Castelán, 35 años

Investigador CINVESTAV 3B
Correo electrónico: mario.castelan@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctor en Ciencias de la Computación, TheUniversity of York, UnitedKingdom. (2002 – 2006)
- Maestría en Inteligencia Artificial en la Facultad de Física e Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana/Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA), México. (2001-2002).
- Licenciado en Informática en la Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana. (02/2001).

Áreas de Especialización

- Reconstrucción 3D
- Aplicaciones del álgebra lineal
- Análisis facial 2D/3D
- Estéreo fotométrico
- Localización de robots
- Síntesis de color

Docencia

- Cinvestav, posgrado en Robótica y Manufactura Avanzada: Matemáticas I, Visión I, Visión 3D, Seminario de estadística multivariada.
- The University of York: Introduction to Computer Mathematics, Computer Vision, Computer Graphics and Visualization.
- Universidad Veracruzana: Inteligencia Artificial, Representación del Conocimiento.
- Universidad del Golfo de México: Organización de Computadoras, Matemáticas Discretas I, Matemáticas Discretas II, Graficación, Inteligencia Artificial.
- Instituto Veracruzano de Estudios Superiores: Geometría Analítica, Lógica simbólica, Algoritmos, Graficación.

Investigación

Miembro del *SistemaNacional de Investigadores:* SNI 1.
Artículos publicados en revistas:*16*
Artículos en Congresos: *20*
Formación de recursos humanos: 9 Maestros en Ciencias en el Posgrado en Robótica y Manufactura Avanzada del Cinvestav. 1 Maestro en Ciencias en el Programa de Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana. 1 Maestro en Ciencias en el Posgrado en Ciencias de la Computación del Centro de Investigación en Matemáticas.

Participación en Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Responsable técnico del proyecto: "*Modelos Estadísticos y Moldeado Facial Mejorados para la Recuperación de la Estructura Facial a partir de Fotografías*". Fondo: I0003-Fondo SEP-CONACYT. No. Proyecto: 61593. Periodo: 2008-2010.

Aportaciones

Ha desarrollado métodos de transferencia de características 2D a 3D a partir del estudio de conjuntos de entrenamiento. Ha estudiado las trayectorias humanas desde la perspectiva de la descomposición espectral lineal y multilineal. Ha estudiado el efecto de la iluminación en el cálculo de información 3D a partir de una o más cámaras. Durante 2010-2012, fue coordinador académico del posgrado.

Ismael López Juárez, 45 años

Investigador CINVESTAV 3C
Correo electrónico: Ismael.lopez@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Posdoctorado: Soldadura Robotizada GMAW, COMIMSA, 2010.
- Doctorado en Filosofía: Robótica Inteligente, TheNottinghamTrentUniversity, U.K., 2000.
- Maestría en Ciencias: Diseño de Instrumentos, Manchester University, U.K., 1995.
- Ingeniero Mecánico-Electricista. Facultad de Ingeniería-UNAM, México D. F., 1991.

Áreas de Especialización

- Robótica y Manufactura Inteligente
- Ensamble mecánico empleando robots
- Inteligencia Artificial: Redes Neuronales y Lógica Difusa
- Fusión sensorial y aprendizaje multimodal
- Inspección y control de calidad empleando visión maquinal
- Manufactura Flexible
- Instrumentación Electrónica y Automatización Industrial
- Sistemas Embebidos
- Reconocimiento y aprendizaje de patrones
- Teoría de Resonancia Adaptable (ART)
- Sistema de Gestión de Calidad y Transferencia de Tecnología

Docencia

Manufactura 1, Inteligencia Artificial, Redes Neuronales, Robótica Industrial y Ensamble Mecánico, Robótica Industrial y Visión Artificial.

Investigación

***SistemaNacional de Investigadores*:** Nivel 2
Artículos Publicados en revistas: 22
Artículos en Congresos: 113
Capítulos en libros: 10
Libros: 1
Formación de recursos humanos: 3 Doctores, 10 Maestros y 7 Ingenieros.

Participación en Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

- Diseño de robot para drenajes. Industria de Servicio, 2013.
- Diseño de Sistema de Inspección visual de soportes, Industria Manufacturera, 2011.
- Desarrollo de sistema de digitalización para industrial del calzado, 2009
- Diseño de Manipulador para Mofles, Empresa de Autopartes, 2006
- Medición e Instrumentación de Humedad en Planta de Liofilización, Industria Alimenticia, 2006
- Control del Proceso de Corte de Queso, Industria Alimenticia-CONACyT, 2006
- Desarrollo de Sensor de Microondas para Medición de parámetros de Queso, Industria Alimenticia, 2005
- Diseño de Control de posicionamiento para Microscopio Óptico, Armada de México, 2005
- Diseño de un medidor de Hidrogeno en aluminio líquido, Industria de Autopartes, 2004
- Diseño de un módulo digitalizador para máquinas-herramienta, Industria Metal-Mecánica, 2003
- Design of an Intelligent Manufacturing System, DAAD-CIATEQ, 2002

Aportaciones

Desarrollo de sistemas inteligentes con aprendizaje incremental en línea y su aplicación en la industria.
Desarrollo de algoritmos basados en computación suave y su implementación en sistemas embebidos, de instrumentación y control de procesos, en la industria.

América Berenice Morales Díaz, 41 años

Investigador CINVESTAV 3B
Correo electrónico: america.morales@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctorado en Ciencias, en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, en el Área de Control de Procesos Químicos. (09/1998-05/2001).
- Maestría en Ingeniería Química en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. (10/1996-09/1998).
- Licenciatura en Ingeniería Química Petrolera en el Instituto Politécnico Nacional. (09/1989-02/1994).

Áreas de Especialización

- Control de procesos químicos, desarrollo del diseño de un control en cascada para reactores químicos usando técnicas no lineales, como tema de tesis en la Maestría.
- Control de sistemas no lineales, desarrollo de un análisis riguroso del funcionamiento de los controladores tipo PID para el control robusto de procesos químicos, como tema de tesis en el desarrollo del Doctorado.
- Diseño de un sistema de administración y control de operaciones para mezclado de hidrocarburos, particularmente en el desarrollo de esquemas de control optimizante.

Docencia

1999-2000 Desempeño como profesor en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, impartiendo cursos de fenómenos de transporte I y II a los alumnos de las licenciaturas de Ingeniera Bioquímica e Ingeniería en alimentos.
2006-2012. Cursos de la maestría de Robótica y Manufactura Avanzada, Control avanzado, Sistemas Dinámicos, Seminarios de investigación I, II, III, Optimización, propedéuticos de modelado, control y álgebra lineal.

Investigación

***SistemaNacional de Investigadores*:** Solicitará en 2014
Artículos Publicados en revistas:15
Artículos en Congresos: 41
Formación de recursos humanos: 1 tesis de licenciatura y **11 de maestría**

Participación en Proyectos de Investigación

Responsable de proyecto de ciencia básica CONACYT N. 084067 denominado "Minimización del consumo de energía en el desarrollo de caminado estable de un robot bípedo con movimiento en el plano sagital", durante un año y un monto de $130,000, 2008-2009.

Jefe del proyecto denominado "*Diseño de un sistema de administración y control de operaciones: aplicación a procesos de mezclado*". Instituto Mexicano del Petróleo, Dirección de Investigación Sep. 2003 – Febrero 2005.

Aportaciones

- He participado en el desarrollo de un sistema de administración y control de operaciones: aplicación a procesos de mezclado. La importancia del proyecto es la mejora de mezclas de hidrocarburos, en particular de petróleo crudo para las terminales de distribución y transporte de PEMEX Exploración y Producción.

- Actualmente participa en la formación de recursos humanos, a través de la dirección de tesis de licenciatura y maestría. Por otro lado busco la vinculación de la investigación teórica con los problemas prácticos presentes en la industria nacional, esto ha derivado en la elaboración y dictado de cursos a nivel maestríapara empresas privadas.
- Desarrollo de temas de investigación relacionados con la adquisición de trayectorias humanas y su transferencia a robots bípedos en el plano sagital.
- Se cuenta con 64 citas en revistas indexadas internacionales y 8 en congresos internacionales.
- En 2006 se participó en el desarrollo de los programas de posgrado de maestría y doctorado en Robótica y Manufactura Avanzada, los cuales fueron aprobados por la junta directiva del CINVESTAV en Octubre del mismo año. Además en el año del 2007 se obtuvo el ingreso de la maestría y del doctorado al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).
- A partir de 2007 se ha incursionado en un área diferente como es el control de robots, lográndose el apoyo CONACYT de la convocatoria de ciencia básica 2008 del proyecto con registro N. 084067 y con titulo MINIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL DESARROLLO DE CAMINADO ESTABLE DE UN ROBOT BÍPEDO CON MOVIMIENTO EN EL PLANO SAGITAL, por un año y un monto de $130,000.00. Sumándose a esto la dirección de dos tesis de maestría en el área de robótica que están por concluirse en el Julio 2010.
- Participación en el comité organizador del congreso "DYCOPS-IFAC" 2007 En Cancún México.
- Evaluación de la propuesta de proyecto terminal: análisis de lazos retroalimentados biológicos con teoría de sistemas de control, UAM-Azcapotzalco propuesta por el coordinador de Lic. Ing. Química.
- Revisor de la 3rd International Conference on electrical and Electronics Engineering (ICEEE 2006), Veracruz México, 6-8 SEP. 2006.
- Participación del proyecto del Fondo de Innovación Tecnológica Secretaría de Economía-CONACYT 2010 C02, N. 146979 Denominado “Desarrollo de un proceso de galvanizado con baja producción de Dross y menor variabilidad del espesor galvanizado mediante el control con compensación dinámica de la temperatura”, Asignado por un Monto de $3,8MM, (2010).
- Participación en la formación de la red temática de Modelación Matemática y Computacional (2010)
- Participación como revisora en de la revista *Bioresource Technology* de *Elsevier*, con un total de 5 participaciones de 2008-2011.
- Participación como revisora en de la revista *Journal of Process Control de Elsevier*, con un total de 11 participaciones de 2008-2011

Presidenta del Comité Organizador del Congreso Nacional de la Asociación de México de Control Automático 2011, realizado en Saltillo Coahuila los días 5-7 de Octubre.

Ernesto Olguín Díaz, 44 años

Investigador CINVESTAV 2A

Correo electrónico: ernesto.olguin@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctorado, otorgado por el *Institute Nacional Polytechnique de Grenoble*(INPG), Francia, en el área de Control y Automatización (10/1995-01/1999).
- Maestría en Control Automático, en la *EcoleNationaleSuperieured'IngenieursElectriciens de Grenoble*(ENSIEG), Francia (10/1994-06/1995).
- Licenciatura en Ingeniería Mecánica Electricista en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). (08/1987-12/1991).

Áreas de Especialización

- Robótica no inercial: Robots móviles y humanoide
- Modelado y control de sistemas multicuerpos
- Robótica biomimética
- Control robusto y control de sistemas subaccionados

Docencia

- Cursos de posgrado en temas de robótica y control de robots en el programa académico de robótica y manufactura avanzada del Cinvestav, Unidad Saltillo.
- Cursos de licenciatura en temas de control y mecatrónica, en diferentes programas de ingeniería del ITESM (1999-2005)

Investigación

***SistemaNacional de Investigadores*:** Solicitará en 2014
Artículos Publicados en revistas:4
Artículos en Congresos: 23
Capítulos de Libros: 3

Formación de recursos humanos

- Graduados: 8 estudiantes de maestría y 59 de licenciatura.
- En curso: 3 estudiantes de doctorado y 3 de maestría

Participación en Proyectos de Investigación

- Responsable Técnico del proyecto "Modelado y Control de un Helicóptero para navegación Autónoma en 3D, en tiempo real ", Otorgado por SEP-CONACyT en la convocatoria Ciencia básica 2006, Monto: $474,000.00; (2008-2011).
- Jefe del proyecto: "*Piloto automático de un helicóptero de Radio Control para tomas aéreas"*. ITESM, Dirección de Graduados e Investigación (2003 – 2004).
- Colaborador en el proyecto "Robótica Móvil de Servicio". Consiste en la integración de técnicas de control y planeación de trayectorias de un robot móvil para ser utilitario (2002-2003).
- Desarrollador del proyecto "*Modélisation et commanded'unvéhicule/manipulateursous-marin*" con el IFREMER, Instituto Francés de Investigación Marina (1996-1999).

Aportaciones

- Desarrollo de un método novedoso y paralelizable para la modelación y simulación de sistemas mecánicos multicuerpos.
- Desarrollo de controles robustos para sistemas lagrangianos con una baja o nula dependencia del modelo.
- Participación fundamental en la creación del programa de Maestría y Doctorado en Robótica y Manufactura Avanzada del Cinvestav, Unidad Saltillo.
- Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del ITESM, CCM. Fundador y creador de licenciatura en Ingeniería Mecatrónica y de la Maestría en Ciencias del la Ingeniería en el ITESM. Actualización curricular de diferentes programas de ingeniería

Keny Ordaz Hernández, 36 años
Investigador CINVESTAV 2C
Correo electrónico: keny.ordaz@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctorado, otorgado por la *École Centrale de Nantes* (ECN), Francia, en el área de Ingeniería Mecánica (12/2004-12/2007).
- Maestría en Ingeniería de Software Distribuido, en la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), México (01/2002-10/2004).
- Licenciatura en Ingeniería Civil, en el Instituto Tecnológico de Tapachula (ITT). (08/1992-02/1997).

Áreas de Especialización

- Multipercepción sensorial para robots industriales, desarrollo de un modelo neuronal multimodal para la fusión de percepción háptica y visual en tareas de ensamble, como tema de tesis de maestría.
- Diseño interactivo de producción, desarrollo de técnicas de modelado para simulación interactiva de prototipos virtuales, como tema de tesis doctoral.
- Ingeniería virtual, utilización de herramientas computacionales para diseño y manufactura virtual; y una metodología en proceso de desarrollo.
- Análisis de líneas de producción, desarrollo de software de análisis de eventos de logística: Proyecto de Fondos de Innovación.
- Manipulación de objetos deformables en tareas robóticas, asistida por percepción sensorial.

Docencia

2005-2007 en *École Supérieure des Technologies Industriels Avancées* (ESTIA), impartiendo cursos de Mecánica de Estructuras, Construcción mecánica, Toma de decisiones asistida por computadora, Herramientas informáticas para el diseño y la manufactura; a alumnos de las tres maestrías de Ingeniería.

2011-a la fecha en CINVESTAV Unidad Saltillo, impartiendo cursos de Diseño geométrico asisdo por computadora, Álgebra lineal, Programación en C++, Matemáticas I, Modelado, Mecánica de Materiales; en el Programa de Maestría en Robótica y Manufactura Avanzada.

Investigación

***SistemaNacional de Investigadores*: Candidato**
Artículos Publicados en revistas: 8
Artículos en Congresos: 10

Participación en Proyectos de Investigación

- Jefe del proyecto: "*Desarrollo de sistemas para transportadores".* CIATEQ, oct. 2009 – nov. 2010.
- Colaborador en el proyecto "Aerogenerador de 1.2 MW". IIE-CIATEQ, ene. 2010 – nov. 2010.
- "Prototypage Virtuel en Conception Interactive", como proyecto de tesis doctoral.

Aportaciones

- Desarrollo de modelos de cuerpos deformables para tareas robóticas de manipulación (robots industriales y humanoides) e implementación dependiendo sólo de software libre.
- El modelo de red neuronal multimodal, desarrollado como trabajo de maestría, sirvió de base para la integración de dos trabajos doctorales: el primero en planeación de trayectorias y el segundo en el reconocimiento de objetos.

Vicente Parra Vega, 45 años
Investigador CINVESTAV 3C
Correo electrónico: vparra@cinvestav.mx

Antigüedad Cinvestav: 20 años

Dirección de tesis: 8 de doctorado y 19 de maestría

Escolaridad

- Postdoctorado: Instituto de Robótica y Mecatrónica, Centro Aeroespacial Alemán – DLR, Oberpfaffenhofen, Alemania
- Doctorado en Ciencias: Departamento de Ingeniería Matemática y Física de la Información, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio, Japón.
- Maestría en Ciencias: Sección de Control Automático, Departamento de Ingeniería, Cinvestav, México
- Licenciatura: 2 carreras (Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones y Ingeniero en Control y Computación) de la FIME de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Áreas de Especialización

- Investigación Básica: Visual servoing, bípedos, multi-manipuladores, interfaces hápticas, teleoperación, fricción dinámica, cirugía háptica
- Investigación Aplicada: Robots industriales, metodologías de diseño mecatrónico y mecatrónica computacional
- Innovación e Investigación Tecnológica: Refrigeración industrial, Redes de agua potable, Robot manipuladores, Servomecanismos de precisión

Docencia

Modelado y control de robots, Control Avanzado de Robots, Control basado en Imágenes, Interfaces Hápticas

Investigación

- **Sistema Nacional de Investigadores:** Nivel 2
- **Artículos Publicados en Revistas:**18
- **Artículos en Congresos:** 150
- **Capítulos de libro:** 5

Participación en Proyectos de Investigación

- CooperativeHapticNonintertial Robot Systems
- Modelado y Control de Interfaces Hapticas
- Sistemas Robóticos sujetos a Restricciones Holonomas Inciertas
- Teleoperación Bilateral Háptica vía Internet
- Interacción Multilateral vía Internet 2 con Robots Cooperativos
- High Fidelity Active HapticInterfase
- Handcontrol of Haptic Interfaces
- Control y Síntesis de Sistemas Utilizando Redes Neuronales Aplicadas a un Sistema Mecánico Subactuado
- Experimentos de Controladores de Alto Rendimiento Para Robots
- Manejo Hábil de Materiales Deformables con Manos Robotizadas
- Maquinado Robótico de Alta Precisión
- Modelado, control y simulación de redes de agua potable
- Modelado de un sistema industrial de refrigeración

Aportaciones

- Ha propuesto un marco teórico original y novedoso para controlar sistemas genéricos electromecánicos Euler-Lagrange, por lo tanto aplicable a diversos sistemas físicos. Esto esmotivado por implicaciones físicas de sistema, por lo tanto viable de sintetizar en en la práctica y en tiempo real. Esto constituye una herramienta novedosa para diseñar, controlar e implementar alto desempeño de una amplia clase de sistemas electromecánicos, incluyendo diseño mecatrónicoen lazo cerrado.
- Participación definitiva en 2 nuevos programas de posgrado del Cinvestav, el primer posgrado de Mecatrónica en México (en Zacatenco) y el primer posgrado de Robótica y Manufactura Avanzada (en la Unidad Saltillo)

Francisco José Ruiz Sánchez, 48 años
Investigador CINVESTAV 2A
Correo electrónico: fruiz@cinvestav.mx

Escolaridad

- Doctor Ingenieur en Control de Sistemas, 1997.Université de Tecnologie de Compiègne, Francia.
- Diplômed'ÉtudesApprofondies, 1993. Universidad de Tecnología de Compiègne, Francia.
- Licenciatura en Física, 1990. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Técnico en Urgencias Médicas, Escuadrón S.O.S., Hospital Inglés ABC y Hospital Pediátrico DIF, 1989. México D. F.

Áreas de Especialización

- Instrumentación y Automatización
  - Modelado de sistemas dinámicos, sistemas de control en lazo cerrado utilizando enfoques de la teoría de control clásico, moderno e inteligente.
  - Identificación y diagnóstico de fallas.
  - Instrumentación en interfaces Hombre Máquina con aplicación en Rehabilitación Robótica e investigación biomédica.
  - Esquemas Cognitivos aplicados al Control para sistemas autónomos.
- Líder de proyecto
  - Dirección de proyectos tecnológicos multidisciplinarios en automatización, control calidad, detección y diagnóstico de fallas, diseño, optimización de líneas de producción.
  - Modelado y análisis para la toma de decisiones.
  - Conocimientos de base en acondicionamiento de señales, visión artificial, control Tiempo Real, programación, Realidad Virtual, diseño CAD-CAE, diseño de controladores en lazo cerrado, simulación numérica.

Docencia

Cinvestav-Saltillo: Modelado de Sistemas Dinámico, Control NeuroFuzzy y aplicaciones, Elaboración de textos científicos, Sistemas de Manufactura, Manejo de Incertidumbres en resultados experimentales.
Cinvestav-Zacatenco: Control Fuzzy, Neuro-Control, Sistemas mecatrónicas, Modelado de Sistemas Dinámicos, Modelado de sistemas Mecatrónicos, CAD-CAM-CAE.
CIP UPAEP: Manufactura Auxiliada por Computadora, Electrónica Industrial.
CADIT Universidad Anáhuac: Manufactura apoyada por computadora, Instrumentación y control en sistemas de manufactura, Gestión de inventarios y líneas de distribución.
Fac. Ingeniería, Universidad Anáhuac: Electrónica Analógica, Sistemas integrados de Manufactura.
Fac. Ciencias, UNAM : Ecuaciones Diferenciales, Óptica, Interacción Radiación con Materia.

Investigación

- Artículos Publicados en revistas: 4
- Artículos en Congresos:
  - Conferencias Internacionales con actas y con revisión estricta 48
  - Conferencias Nacionales con actas y revisión estricta 14
- Reportes Técnicos 5
- Estudio solicitados por instituciones gubernamentales 2

Formación de recursos humanos:

- Estudiantes de posgrado: Doctor en Ciencias 3,Maestros en Ciencias 19.
- Estudiantes de licenciatura: 7

Participación en Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

- [2013] Diseño y construcción de un exoesqueleto de miembro superior.
- [2011] Creación del Laboratorio de Robótica no Inercial e Interfaces Hombre-Máquina, Cinvestav-Monterrey.
- [2010] Identificación y Detección de Fallas en una Central Termoeléctrica.
- [2009] Interfaz de robot arquitectura abierta (FESTO didactics)
- [2008] Estudio "Mecatrónica en México: Inventario de Centros e Instituciones con Actividad relacionada al desarrollo de la Mecatrónica", Dirección general de comercio interior y economía digital, Secretaría de Economía.
- [2007] Sistema de diagnóstico y control de deformación de trabes (Cinvestav-AHMSA)
- [2007] Creación del programa de posgrado « Robótica y Manufactura Avanzada », Cinvestav-Saltillo
- [2006] Desarrollo de técnicas de automatización para aplicaciones en microrrobótica (Cinvestav-Texas A&M University)
- [2005] Interfaz de control de procesos (FESTO didacticsMexico)
- [2004] Interacción multilateral con robots colaborativos vía internet 2
- [2000-2004] Sistema de Inspección visual para el control de calidad de tarjetas de circuito impreso de alta densidad
- [1999-2006] Red binacional Mex-USA para el desarrollo y la educación en Manufactura.

Aportaciones

Formación de recursos humanos especializados actualmente trabajando en el sector productivo, tanto en investigación tecnológica como en dirección de proyectos. Soluciones de consultoría y desarrollo tecnógico de alto valor agregado para problemas específicos de la industria instalada en México. Creación de redes de colaboración internacional que han resultado en programas de posgrado o empresas de consultoría (MANETMex-USA, DIM-Cinvestav, etc.). Creación y organización de programas de capacitación especializada de Cinvestav para los Institutos Tecnológicos, para el CNAD, para estudiantes de posgrado en general con el Programa académico de Robótica y Manufactura Avanzada, Cinvestav-Saltillo. Creación del Laboratorio de Robótica no- inercial e interfaces hombre máquina. Desarrollo de la Rehabilitación asistida por Robots en México.

Anand Eleazar Sánchez Orta, 36 años

Investigador CINVESTAV 3B
Correo electrónico: anand.sanchez@cinvestav.mx

Escolaridad

- Postdoctorado: Universidad Tecnológica de Compiègne, Francia,2008-2009.
- Doctorado de la Universidad Tecnológica de Compiègne, Francia, 2003-2007.
- Maestro en ciencias de la Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME), Doctorado en Ingeniería Eléctrica(DIE), 1999-2001.
- Ingeniero en Control y Computación, UANL, FIME, 1994-1999.

Áreas de Especialización

- Diseño, modelado e implementación de Vehículos Aéreos no Tripulados
- Sistemas de Navegación
- Visión por computadora para Robots
- Fusión de Datos e Integración de Sensores
- Observación No lineal
- Control No lineal
- Sistemas Mecánicos Subactuados

Docencia

Profesor investigador de tiempo parcial (ATER) en la Universidad Tecnológica de Compiègne, Francia, 2006-2008.

Profesor de asignatura en la FIME de la UANL, Nuevo León, México, 2001-2003.

Investigación

Sistema Nacional de Investigadores: Nivel 1
Artículos publicados en revistas:*10*
Artículos de revista aceptados para su próxima publicación: *2*
Artículos en Congresos: *37*
Capítulos en libros: 5

Participación en Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico

- Responsable del proyectode Ciencia Básica “Diseño y Control de Vehículos Aéreos no Tripulados Reconfigurables”, Otorgado por SEP-CONACyT en la convocatoria 2009, número: 133544, Monto: $972,200 pesos; Duración 25/03/2011 a 24/03/2014.
- Proyecto NAVIFLOW –“Projetd’Assistance à la NAVIgation par Flux Optique”(Proyecto para la asistencia a la navegación por flujo óptico) Otorgado por “Fondation de Recherchepourl’Aéronautique&l’Espace”, Francia,Duración: 2007-2010.
- Proyecto “Etude et conceptiond’undroneminiature à décollage vertical” (Estudio y diseño de un Vehículo Aéreo no Tripulado miniatura de despegue y aterrizaje vertical)de “RechercheExploratoire et Innovante” REI Otorgado por: “Directiongénérale de l'armement”, Francia, Duración: 2007-2009.
- Proyectos regionales de Francia“DIagnostic et VéhiculesAvancés” (Diagnostico y Vehículos Avanzados) DIVA
    - “Localisation et commande de robots volantsautonomes” (Localización y Control de robots voladores autónomos), Duración: 2001-2004.
    - “Véhiculesaériensautonomes” (Vehículos Aéreos Autónomos), Duración: 2004-2007.
- Proyectos otorgados por:“Office national d'études et de recherches aérospatiales” y “Direction générale de l'armement”, ONERA-DGA, Francia,
    - “BIRotor Orientable en TANdem” (Birrotor con orientación en Tándem

)BIROTANDuración: 2003-2005.
    - Multi-rotors,Duración: 2007-2009.
- Proyectos otorgados por el “Laboratoire Franco-Mexicaind’AutomatiqueAppliquée” (Laboratorio Franco Mexicano de Control Automatico Aplicado) LAFMAA,
    - “Localisation et commande de véhiculesaériensautonomes en utilisant la visión” (Localización y control de vehículos aéreos autónomos utilizando la visión)Duración: 2002-2004.
    - “Commanded’uneGrue à 3 Degrés de Liberté” (Control de una grúa de 3 grados de libertad) Duración:2003-2004.

Aportaciones

- Desarrollo de algoritmos de control y de estimación de estado para estabilizar un Avión a despegue y aterrizaje vertical en un plano.
- Desarrollo de plataformas experimentales de Vehículos Aéreos no Tripulados para la validación de algoritmos de control.
- Desarrollo de un algoritmo de control acotado para la estabilización de una cadena de integradores en cascada en tiempo discreto.
- Diseño y construcción de un sistema integrado de control embarcado para Vehículos Aéreos miniatura.

Luz Abril Torres Méndez, 40 años
Investigadora Cinvestav 3A
Correo electrónico: abril.torres@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctorado en Ciencias, en la Universidad de McGill, Montreal, Canadá, en el Área de Visión Computacional y Robótica Móvil. [09/98-12/2005].
- Maestría en Ciencias Computacionales en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Morelos, con la especialidad en Inteligencia Artificial. [08/1993-08/1995].
- Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Veracruz (01/1989-12/1992).

Áreas de Especialización

- Reconocimiento de objetos. Desarrollo de un sistema de reconocimiento de objetos en 2D invariante a traslación, rotación y escalamiento, como tema de tesis en la Maestría.
- Fusión de datos incompletos. Desarrollo de un método de aprendizaje estadístico para la fusión de datos visuales y de rango incompletos aplicado en la construcción de modelos en 3D utilizando un robot móvil, como tema del Doctorado.
- Visión computacional, procesamiento de imágenes.
- Métodos estocásticos en mejoramiento de imágenes y estimación de datos.
- Robótica basada en datos sensoriales, en particular, la creación y refinamiento de mapas de ambientes no estructurados.
- Robótica de campo terrestre y acuática.

Docencia

01/2001-04/2004 Desempeño como asistente de profesor en la Universidad de McGill, en las materias de “Introducción a los Sistemas Computacionales, Paradigmas y Lenguajes de Programación”, “Gráficas por Computadora”, “Introducción a los Robots Móviles”.

09/2006-a la fecha Impartición de los siguientes cursos en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias en Robótica y Manufactura Avanzada: Programación Estructurada, Visión por Computadora, Visión 3D, Fusión de Datos Multi-sensoriales, Introducción al Control Servo Visual.

Investigación

Sistema Nacional de Investigadores: Nivel I
Artículos Publicados en revistas:15
Artículos en Capítulos de Libro: 6
Artículos en Congresos internacionales: 26
Libros: 2

Participación en Proyectos de Investigación

Responsable técnico del proyecto: "*Percepción Activa Multi-sensorial para el modelado tridimensional de entornos desconocidos y poco estructurados*". Fondo: I0003-Fondo SEP- CONACYT. No. Proyecto: 55203. Periodo: 2008-2011.

Particpante del proyecto: "*Modelos estadísticos y moldeado facial mejorados para la recuperación de la estructura facial a partir de fotografías*". Fondo SEP-Conacyt. Responsable técnico: Dr. Mario Castelán

Participante del proyecto: "Arquitectura cognitiva multimodal inspirada percepción sensorial y aprendizaje en sistemas robóticos". Fondo Sectorial SEP-Conacyt. Responsable técnico: Dr. Ismael López Juárez.

Participante del proyecto "*The AQUA Project".* Instituciones participantes: Universidad de McGill, Universidad de Dalhousie y Universidad de York. Periodo: 2003 – 2005.

Aportaciones

- Desarrollo de algoritmos y técnicas de visión para el control y navegación autónoma de un robot acuático.
- Desarrollo de un cabezal robótico estéreo inspirado biológicamente.
- Desarrollo de un sistema de mejoramiento de imágenes submarinas. Este sistema se instaló en el robot submarino AQUA para poder realizar tareas de navegación, localización y razonamiento a través de la combinación sensores visuales y de sonido.
- Desarrollo de un sistema calibrado de captura, registro e integración automatizada de datos visuales y de rango montado en un robot móvil.
- Desarrollo de un método novedoso de aprendizaje estadístico para la estimación de datos incompletos para el modelado de ambientes en 3D.

ChidentreeTreesatayapun, 37 años

Investigador CINVESTAV 3C
Correo electrónico: chidentree@cinvestav.edu.mx

Escolaridad

- Doctorado en Ciencias, Ph.D. (ElectricalEngineering), Chiang Mai University, Thailand 2004
- M.Eng. (Electrical Engineering), Chiang Mai University, Thailand 2001
- B.Eng. (Electrical Engineering), Chiang Mai University, Thailand 1998

Áreas de Especialización

- Biomecatrónica
- Procesamiento de señales e imágenes
- Sistemasinmersos
- Electrónica de potencia y sistemas de transmisión

Docencia

Cursos de licenciatura y en posgrado

- Diseñoavanzado de circuitos
- Ingeniería de circuitosintegrados
- Ingeniería de sistemas de control
- Diseño de sistemasmicroprocesadores
- Procesamiento de señales e imágenes
- Electrónica de potencia
- Sistemas de transmisión

Investigación

***SistemaNacional de Investigadores*:** Nivel 1
ArtículosPublicados en revistas: 20
Artículos en Congresos: 30
Capítulos de libro: 2
Formación de recursos humanos: 6 Maestro en Ciencias

Participación en Proyectos de Investigación

- Blood pressure reducing control system by using fuzzy rules emulated controller
- States Measurement of Temperature and Humidity of Longan Drying by Boiler System
- Viral load control system of a HIV-1 dynamic model by using fuzzy rules emulated adjustable networks
- Estimación de estados sistemas con bus IEEE 24
- Medición de la calidad de potencia y detección y compensación de caídas
- Control de motores de inducción
- Cargador de baterías solares de 150 W
- Invertidores de 250 W
- Fuzzy Rules Emulated Networks and Estimated Cost Function for Discrete-Time Robotic Control Systems in Contact with the Environment

Aportaciones

- Desarrollo de un sistema biomecatrónico para dosificación de medicinas

- Instalación y Director del Laboratorio de Inteligencia Artificial y Robótica y del Laboratorio de Automatización
- Ha llevado a cabo proyectos con financiamiento público y privado en la universidad, lo cual dio origen a los laboratorios arriba mencionados

ANEXO B Cursos

Cursos Propedéuticos- Área Básica

Propedéutico 1: Álgebra Lineal

Objetivo
Recordar los fundamentos de las operaciones entre matrices y vectores y su interpretación geométrica, conocer las propiedades invariantes de una matriz.

Contenido
1. Introducción a los sistemas de ecuaciones lineales.
2. La ecuación matricial Ax = b.
3. Eliminación de Gauss-Jordan y Gaussiana.
4. Sistemas homogéneos.
5. Matrices y operaciones con matrices.
6. Inversa, transpuesta, pseudoinversa y otras matrices elementales.
7. Matrices triangulares, diagonales y simétricas.
8. Solución de sistemas de ecuaciones lineales.
9. Aplicación en la representación de sistemas lineales.
10. Propiedades de los determinantes.
11. Regla de Cramer.
12. Definiciones y propiedades de los espacios vectoriales
13. Norma de vectores, producto punto y producto cruz.
14. Rectas y planos.
15. Combinaciones lineales y espacios generados y vectores generadores.
16. Independencia lineal
17. Eigenvalores, eigenvectores y formas canónicas.

Bibliografía

[1] Grossman, Stanley I, Álgebra Lineal, 5ª ed., Mc Graw Hill, 1996.
[2] Lay, David C., Linear Algebra and its applications, 3ª ed., Addison-Wesley, 2003.
[3] Antón, Howard, Introducción al Álgebra Lineal, 3ª ed. Limusa Wiley, 2003.

Propedéutico 2. Ecuaciones Diferenciales

Objetivo
Revisar los fundamentos de variable compleja para su aplicación en la resolución de diversos tipos de ecuaciones diferenciales lineales. Analizar los métodos de solución de ecuaciones diferenciales lineales clásicos y los métodos numéricos.

Contenido
1. Números complejos
   1.1 Números reales
   1.2 Números complejos
   1.3 Coordenadas polares
   1.4 Operaciones en coordenadas polares
   1.5 Potencias y raíces
   1.6 Variable compleja, serie de potencias y funciones analíticas
   1.7 Funciones exponenciales y funciones trigonométricas
   1.8 Funciones hiperbólicas
2. Valores promedio y series de Fourier
   2.1 Valores promedio

2.2 Funciones pares y nones
2.3 Funciones periódicas
2.4 Series de Fourier

3. Ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes
   3.1 Ecuaciones lineales
   3.2 La función complementaria
   3.3 Separación de variables
   3.4 Variación de parámetros
   3.5 Sistemas de ecuaciones
   3.6 Las ecuaciones diferenciales para un circuito eléctrico
   3.7 Cuentas de banco y las ecuaciones diferenciales lineales
   3.8 Modelos de crecimiento poblacional
   3.9 Ecuaciones diferenciales exactas
   3.10 Soluciones en serie
4. Métodos numéricos
   4.1 El método de Euler
   4.2 Otros métodos con mayor precisión
   4.3 Análisis del error
   4.4 Aproximación final de la solución
   4.5 Implicaciones prácticas

Bibliografía

[1] Differential equations, dynamical systems & an introduction to chaos. Morris W.
[2] Ordinary Differential Equations by Morris Tenenbaum, Harry Pollard.
[3] Differential equations for engineers. Philip Franklin, Dover.
[4] Differential equations: Part 1, Part 2 y Part 3. J.H. Hubbard, B.H. West. Springer-Verlag.
[5] Ordinary Differential Equations. Arnold, V.I. MIT Press, Cambridge, MA, 1973.

Propedéutico 3: Probabilidad y estadística

Objetivo: Revisar los fundamentos básicos de los modelos y métodos básicos de la estadística y probabilidad.

Contenido:

1. Estadística descriptiva
   1.1 Introducción
   1.2 Población, muestras y procesos
   1.3 Métodos de tabulares y gráficos in la estadística descriptiva
   1.4 Gráficos de puntos
   1.5 Histogramas
   1.6 Mediciones: media, mediana, quartiles
   1.7 Mediciones de variabilidad
   2. Probabilidad
   2.1 Espacio de muestra y eventos
   2.2 Axiomas de probabilidad
   2.3 Técnicas de conteo
   2.4 Probabilidad condicional
   2.5 Independencia
   3. Variable discreta y distribución de probabilidad
   3.1 Variable aleatoria
   3.2 Distribución de probabilidades para variable discreta
   3.3 Valores esperados para variable aleatoria discreta
   3.5 Distribución binomial
   3.6 Distribución geométrica
   3.7 Distribución de Poisson

4. Variables aleatoria continúa
4.1 Variable aleatoria y función de densidad
4.2 Funciones de distribución acumulativa y valores esperados
4.3 Distribución normal
4.4. Distribución Gamma
4.5 Otras distribuciones: Weibull, Beta.
4.6 Gráficos de probabilidad

5. Probabilidad conjunta y muestreo aleatorio
5.1 Distribución conjunta de variables aleatorias
5.2 Valor esperado, covariancia y correlación
5.3 Estadísticas y sus distribuciones
5.4 Distribución de la media de muestreo
5.5 Estimadores puntual

***Bibliografía*:**

[1] Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias, Jay L. Devore, 7ª edición

Cursos Propedéuticos- Área Complementaria

Propedéutico 4: Control

Objetivo
Conocer los fundamentos de análisis y control de sistemas lineales continuos y discretos. Aplicarlos en el diseño de control clásico y moderno a sistemas de primero y segundo orden usando representación en espacio de estados y de función de transferencia.

Contenido
1. Introducción
   1.1. Panorama general de control, control automático y automatización
   1.2. Noción de lazo abierto y lazo cerrado y esquemas y tipos de control
2. Respuesta en el tiempo de sistemas dinámicos
   2.1. Nociones de estabilidad y desempeño
   2.2. Respuesta en estado permanente a la frecuencia
3. Diseño de controladores
   3.1. en el dominio del tiempo
   3.2. en base a frecuencia
4. La representación de Estado (sistemas SISO)
   4.1. Nociones de Controlabilidad y observabilidad.
   4.2. La ley de control $u(t)=-Kx(t)$
5. Sistemas de tiempo discreto
   5.1. El teorema de muestreo de Shannon
   5.2. La trasformada Z
   5.3. Equivalencias entre el plano s y el plano z
   5.4. Estabilidad
   5.5. Representación de estado
   5.6. Diseño de controladores

Bibliografía
[1] Process Control, design process and control systems for dynamic performance. Marlin, Thomas. McGraw-Hill International Editions, 1995.
[2] Automatic Control Systems. Kuo, Benjamin C. Prentice Hall 1995, 7th ed. ISBN 0-13-304759-8.

[3] Modern Control Engineering. Ogata, Katsuhiko Prentice Hall, 4thed.
[4] Classical feedback control with MATLAB / Boris J. Lurie, Paul J. Enright. New York, Marcel Dekker, 2000.

Propedéutico 5: Electrónica

Objetivo

Conocer las leyes de modelación de circuitos eléctricos para el cálculo de corrientes, voltajes, cargas y flujos magnéticos generados en los dispositivos del circuito. Estudio y comprensión de los Amplificadores Operacionales mediante el diseño de filtros y circuitos de acondicionamiento de señales básicos.

Contenido

1. Teoría básica para análisis de circuitos eléctricos
   - 1.1. Elementos eléctricos básicos: resistencia, inductancia y capacitancia.
   - 1.2. Leyes de Kirchhoff y el Teorema de superposición.
   - 1.3. Teoremas de red: Norton, Thevenin e intercambio de fuentes.
   - 1.4. Señales y funciones en el procesamiento analógico de señales.
2. Electrónica de bajas señales y de potencia.
   - 2.1. Dispositivos semiconductores
     - 2.1.1. Diodos
     - 2.1.2. Transistores
   - 2.2. Amplificadores
     - 2.2.1. Características
     - 2.2.2. Configuraciones
   - 2.3. Electrónica de potencia
     - 2.3.1. SCR
     - 2.3.2. TRIAC
     - 2.3.3. FET, BJT
     - 2.3.4. Puente H
3. Amplificadores operacionales
   - 3.1. Amplificador operacional ideal y real.
   - 3.2. Ganancia en bucle abierto y bucle cerrado.
   - 3.3. Circuitos lineales.
   - 3.4. Linealización de algunos circuitos no lineales.
   - 3.5. Función de transferencia.
   - 3.6. Polos y ceros.
   - 3.7. Respuesta en la frecuencia y en tiempo y sus relaciones
   - 3.8. Circuitos retroalimentados.
   - 3.9. Circuitos lineales: Amplificador inversor, no inversor, diferencial, sumador, acoplador de impedancias, amplificador de instrumentación
   - 3.10. Circuitos no lineales: Integradores, comparadores, recortadores, multiplicadores,
   - 3.11. Filtros diferenciales.
   - 3.12. Filtros analógicos no lineales.
4. Electrónica digital
   - 4.1. Circuitos TTL
   - 4.2. Microcontroladores

Bibliografía

[1] Microelectronics: Digital and Analog Circuits and Systems, Jacob Millman, Arvin Grabel, McGraw-Hill
[2] Design with operational amplifiers and analog integrated circuits, 3rd ed. Sergio Franco, Edit. McGraw-Hill (2002).
[3] Operational amplifiers and linear integrated circuits. Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll. Prentice Hall 6th ed. (2000).
[4] Microelectronic Circuits, Adel S. Sedra, Oxford University Press US, 4th ed.(1997)

Propedéutico 6. Mecánica de materiales

Objetivo: El curso de Mecánica de materiales es básico en la formación de los ingenieros en robótica y manufactura avanzada, ya que aporta los conocimientos básicos e iniciales para la interpretación de los conceptos de las propiedades mecánicas de los materiales y su aplicación en el diseño de componentes mecánicos de los sistemas mecatrónicos y en diversos procesos de manufactura.

Contenido

1. Esfuerzo y deformación.
    - 1.1. Introducción
    - 1.2. Esfuerzo
    - 1.3. Esfuerzo normal promedio en una barra sujeta a carga axial.
    - 1.4. Esfuerzo cortante promedio.
    - 1.5. Esfuerzo permisible.
    - 1.6. Deformación.
    - 1.7. Deformación (Strain).
    - 1.8. Diagrama de esfuerzo-deformación.
    - 1.9. Ley de Hooke.
    - 1.10. Energía de deformación.
2. Carga axial.
    - 2.1. Principio de Saint-Venant
    - 2.2. Deformación elástica de un elemento sujeto a carga axial.
    - 2.3. Principio de superposición.
    - 2.4. Elemento sujeto a carga axial estáticamente indeterminado.
    - 2.5. Esfuerzo térmico.
3. Torsión.
    - 3.1. Deformación torsional de una barra circular.
    - 3.2. Fórmula de torsión.
    - 3.3. Elemento sujeto a carga torsional estáticamente indeterminado.
4. Flexión.
    - 4.1. Deformación por flexión en un elemento recto.
    - 4.2. Fórmula de flexión.
5. Cortante.
    - 5.1. Cortante en elementos rectos.
    - 5.2. Fórmula del cortante.
    - 5.3. Esfuerzos cortantes en vigas.
6. Temas selectos.
    - 6.1. Esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo en el plano
    - 6.2. Círculo de Mohr en esfuerzo plano
    - 6.3. Círculo de Mohr en deformación plana

Bibliografía

[1] Hibbeler, R.C. 2004. Statics and Mechanics of Materials, SI ed. Pearson - Prentice-Hall
[2] Popov, E. P. 1982. Mecánica de Materiales. Limusa.

Propedéutico Métodos Numéricos

Prerrequisitos:

- El interesado debe poseer una formación en ingeniería o áreas afines. Se considera que el interesado cursó materias a nivel licenciatura relacionadas con:
    - Álgebra lineal
    - Ecuaciones diferenciales
    - Cálculo diferencial e integral
    - Computación científica

Objetivo:

- Aprender a formular matemáticamente problemas comunes en ingeniería de tal manera que una computadora pueda resolver eficientemente considerando errores de precisión y aproximación.

Duración

- 20 horas, una semana (4 horas diarias)

Contenido

1. Representación de números en punto flotante
2. Errores por redondeo y precisión de la máquina
3. Operaciones con números en punto flotante
4. Operaciones con matrices: niveles 1, 2 y 3 en BLAS
5. Descomposición LU
6. Factorización de Matrices: Cholesky y QR
7. Minimos cuadrados y SVD
8. Gradiente conjugado lineal
9. Método Newton-Raphson
10. Método de Newton inexacto
11. Método secante (quasi-Newton)
12. Búsqueda lineal de primer orden: Método del gradiente
13. Búsqueda lineal de segundo orden: Método de Newton
14. Diferencias finitas: izquierda, derecha y central.
15. Integración de ecuanciones diferenciales: Método de Euler
16. Integración de ecuanciones diferenciales: Método de Runge-Kutta

Bibliografía

- Wi.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery, Numerical Recipes in C++. Cambridge University Press, 2007.
- G.H. Golub, C.F. Van Lan, Matrix Computations. The Johns Hopkins University Press, 1996.
- J. Nocedal, S.-J. Wright, Numerical Optimizacion. Springer, 2006.
- S.-K. Gupta, Numerical Methods for Engineers. New Age International (P) Ltd, Publishers, 1995.

Cursos Obligatorios

Curso Obligatorio 1: Matemáticas I

Objetivo
Conocer y manejar las propiedades de sistemas de ecuaciones lineales y su aparición en problemas de ingeniería. Comprenderá las operaciones entre matrices y vectores y su significado geométrico mediante su interpretación en problemas reales de ingeniería. Entender el fundamento de métodos numéricos mediante su aplicación en la resolución de problemas de gran dimensión. Conocerá las diferentes estructuras matemáticas y su relación con problemas de control y modelado de sistemas físicos.

Contenido
1. Modelos matriciales
   - 1.1 Sistemas dinámicos y cadenas de Markov
   - 1.2 Modelos entrada-salida de Leontief
   - 1.3 Iteraciones de Gauss-Seidel y de Jacobi, y sistemas dispersos
   - 1.4 El método de potencias y su aplicación en búsquedas internas
2. Transformaciones lineales
   - 2.1 Matrices vistas como transformaciones
   - 2.2 Geometría de operaciones lineales
   - 2.3 Kernel y rango
   - 2.4 Composición e invertibilidad de transformaciones lineales
   - 2.5 Isometrías
   - 2.6 Representación gráfica por computadora
3. Dimensión y estructura
   - 3.1 Base y dimensión
   - 3.2 Propiedades de las bases y cambios de bases
   - 3.3 Espacios fundamentales de una matriz
   - 3.4 El Teorema de la dimensión y sus implicaciones
   - 3.5 El Teorema del rango y sus implicaciones
   - 3.6 El Teorema del pivote y sus implicaciones
   - 3.7 El Teorema de la proyección y sus implicaciones
   - 3.8 La mejor aproximación y los mínimos cuadrados
   - 3.9 Bases ortonormales y el proceso de Gram-Schmidt
4. Diagonalizaciones
   - 4.1 Representación de matrices y transformaciones lineales
   - 4.2 Diagonalización y similitud
   - 4.3 Diagonalización ortogonal
   - 4.4 Formas cuadráticas
   - 4.5 Propiedades de las formas canónicas de Jordán y diagonales
   - 4.6 Aplicación de formas cuadráticas a optimización
   - 4.7 Descomposición en valores singulares
   - 4.8 La pseudoinversa de una matriz
   - 4.9 Valores propios y vectores propios
   - 4.10 Teorema de Cayley-Hamilton y de Gershgorin
   - 4.11 Matriz Hermitiana, matriz unitaria y matrices normales
   - 4.12 Ecuaciones diferenciales
5. Introducción al Álgebra Abstracta
   - 5.1 Grupos y Anillos
   - 5.2 Campos y Módulos
   - 5.3 Espacios Vectoriales y Álgebras
6. Espacios vectoriales
   - 6.1 Propiedades y definiciones básicas de estructuras matemáticas
   - 6.2 Axiomas del espacio vectorial
   - 6.3 Espacios Cocientes

6.4 Proposición de Ernst Steinitz
6.5 Producto interno de espacios y series de Fourier
6.6 Transformaciones lineales entre espacios vectoriales
6.7 Isomorfismos, Homomorfismos y Automorfismos
6.8 Rango de un mapeo lineal

Bibliografía

[1] Antón, Howard, Introducción al Álgebra Lineal, 3ª ed. Limusa Wiley, 2003.
[2] Grossman, Stanley I, Álgebra Lineal, 5ª ed., Mc Graw Hill, 1996.
[3] Lay, David C., Linear Algebra and its applications, 3a ed., Addison-Wesley, 2003.
[4] Lipschutz, Seymur, Álgebra Lineal, Schaum-Mc Graw Hill, 1971.
[5] Nering, Evar D., Linear Algebra and Matrix Theory, 2nd edition, Wiley, 1970.
[6] Herstein, Israel N., Abstract Algebra, John Wiley & Sons Inc, 3ª ed. 1996.
[7] Differential equations, dynamical systems and linear algebra. Morris W. Hirsch, Stephen Smale. Academic Press, New York, 1974.

Curso Obligatorio 2: Modelado de Sistemas

Objetivo

Los modelos matemáticos representan una clave para el entendimiento de los sistemas dinámicos en las diversas disciplinas de la ingeniaría. Este curso tiene la finalidad de que el alumno conozca y aplique diversas técnicas de modelado de sistemas, usando principios básicos de balances de materia y energía. La modelación de estos sistemas puede tornarse en modelos muy complicados, razón por la cual se deberá entender y aplicar a los modelos obtenidos técnicas de reducción, que permitan obtener una representación compacta y significativa de sistemas complejos. Esto se reforzará mediante el ejemplo de diversos sistemas comúnmente usados en ingeniería.

Contenido

1. ¿Que es la reducción de modelo?
   1.1 Ejemplos
   1.2 Aplicaciones
2. Descomposición de valores singulares
   2.1 Definiciones y propiedades
   2.2 Aplicación a sistemas dinámicos
3. Sistemas lineales invariantes en el tiempo
   4.1 Alcanzabilidad, definiciones y propiedades
   4.2 Observabilidad, definiciones y propiedades
4. Transformaciones de estado y balances
   4.1 Representaciones por balance
   4.2 Reducción de modelos por balances
   4.3 Aplicaciones
5. Ejemplos de aplicación de reducción de modelos
6. Variaciones de aproximación de modelos
   6.1 Ponderación
   6.2 Balance cuadrático lineal
   6.3 Expansión modal de sistemas
   6.4 Reducción modal: ventajas y limitaciones
   6.5 Ejemplos y aplicaciones
7. Reducción de modelos usando la norma de Hankel
8. Reducción de sistemas de parámetros distribuidos
   8.1 Descomposición ortogonal
   8.2 Reducción de modelos en sistemas de parámetros distribuidos
   8.3 Técnicas de descomposición ortogonal propia (POD) y su aplicación
   8.4 Aproximación de modelos en sistemas de lazo cerrado

Bibliografía

[1] A.C. Antoulas, Approximation of Large-Scale Dynamical Systems, Society for Industrial Applied Mathematics, Philadelphia, PA, 2005.

Curso Obligatorio 3: Sistemas Dinámicos

Objetivo

Análisis de sistemas dinámicos no lineales que se encuentran en diversas disciplinas de ingeniería, como la eléctrica, química, mecánica, entre otras. Determinación de condiciones para la existencia y unicidad de soluciones de ecuaciones diferenciales no lineales. Existencia de ciclos límites, de órbitas periódicas y multiplicidad de soluciones. Definición de funciones de energía, usando el concepto de estabilidad de Lyapunov, el teorema de Bendixson y mapas de Poincare y de bifurcación. Por último, el estudio de atractores caóticos y la definición exponentes de Lyapunov. Todo esto se reforzará con el uso de software de simulación y ejemplos representativos.

Contenido

1. Sistemas lineales
   - 1.1. ¿Qué es la linealización?
   - 1.2. Definiciones
   - 1.3. Ventajas y desventajas
2. Sistemas no lineales
   - 2.1. Estructura general
   - 2.2. Sistemas no lineales
   - 2.3. Linealización y estabilidad
3. Estabilidad de puntos fijos
   - 3.1. Puntos fijos
   - 3.2. Puntos fijos estables
   - 3.3. Puntos fijos inestables
   - 3.4. Puntos fijos atractores y puntos fijos asintóticamente estables
   - 3.5. Verificación de estabilidad de puntos fijos
     - 3.5.1. Ejemplos
     - 3.5.2. Modelo del crecimiento poblacional
     - 3.5.3. Implementaciones numéricas
4. Existencia y unicidad de soluciones
   - 4.1. Existencia de soluciones
   - 4.2. Unicidad de soluciones
   - 4.3. Teorema de existencia y unicidad
   - 4.4. Funciones de energía
   - 4.5. Definición
   - 4.6. La estabilidad y las funciones de energía
   - 4.7. Ejemplo de funciones de energía
   - 4.8. Conjuntos invariantes positivos
5. Equilibrio en sistemas no lineales
   - 5.1. Bifurcaciones, que son
   - 5.2. Bifurcaciones tipo silla
   - 5.3. Bifurcaciones transcríticas
   - 5.4. Bifurcaciones tipo tridente
   - 5.5. Ejemplos
     - 5.5.1. Bola rotando en una olla
     - 5.5.2. Dinámica del crecimiento poblacional
     - 5.5.3. Reacción catalítica
6. Sistemas de dos dimensiones
   - 6.1. Sistemas lineales
     - 6.1.1. Conceptos de estabilidad: definiciones, variedades estables y variedades inestables

6.1.2. Dinámica de sistemas lineales
6.1.3. Soluciones de sistemas lineales
6.1.4. Valores propios y vectores propios
6.2. Sistemas no lineales
6.2.1. Existencia y unicidad de soluciones
6.2.2. Retratos fase
6.2.3. Ejemplos
6.3. Linealización y estabilidad
6.3.1. Definiciones
6.3.2. Un resultado de estabilidad
6.3.3. Ejemplos
7. Sistemas que disipan energía y sistemas que conservan energía
7.1. Funciones de energía
7.2. Sistemas que conservan energía
7.3. Sistemas de tipo gradiente
7.4. Funciones de Lyapunov y estabilidad
8. Ciclos límite
8.1. Orbitas periódicas y su estabilidad
8.2. El teorema de Bendixson-Poincaré
8.3. Sistemas de Liénard
8.4. Mapas de Poincaré

Bibliografía

[1] Nonlinear oscillations, dynamical systems and bifurcations of vector fields. Guckenheimer, J., Homes, P.J. Springer Verlag, Berlin, 1983.
[2] Differential equations, dynamical systems and linear algebra. Morris W. Hirsch, Stephen Smale. Academic Press, New York, 1974.
[3] Nonlinear dynamical systems. Cook, P.A. Prentice Hall, 1989.
[4] Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to physics, biology, chemistry and engineering. Steven H. Strogatz. Addison Wesley Publishing Company.

Curso Obligatorio 4: Robótica I

Objetivo

El estudiante se familiarizará con los conocimientos básicos de modelado geométrico y dinámico de robots manipuladores articulados en coordenadas generalizadas, así como en los aspectos de simulación y control básico, tanto cinemático como dinámico, de robots manipuladores. Así mismo, se verán los aspectos básicos de programación de robots industriales y sus índices de desempeño, y se evaluaran en 2 robots manipuladores en el laboratorio de robótica.

Contenido

1. Introducción a la Robótica
1.1 Objetivo de la robótica y arquitectura de un robot
1.2 Problemas involucrados
1.3 Perspectivas y alcances del curso
1.4 Proyectos finales y videos
2. Transformaciones y antecedentes matemáticos
2.1. Repaso de análisis vectorial
2.2. Transformaciones espaciales y sus propiedades
2.3. Conceptos básicos de estabilidad en el sentido de Lyapunov.
3. Modelo Cinemático
3.1. Descripción cinemática de los eslabones y de las articulaciones
3.2. La convención de Denavit-Hartenberg y DH modificado
3.3. Modelo cinemático directo
4. Cinemática Inversa

4.1. Métodos algebraicos y geométricos
4.2. Repetitibilidad y exactitud y solvabilidad
4.3. Consideraciones computacionales

5. El Jacobiano y Planeación de Trayectorias
   5.1. Velocidad lineal y velocidad angular del cuerpo rígido. Propagación de velocidades
   5.2. Matriz Jacobiana. Singularidades de la matriz Jacobiana
   5.3. Cinemática diferencial y de aceleración
   5.4. Fuerzas estáticas. Transformación de velocidades y fuerzas estáticas
   5.5. Aplicaciones de la matriz jacobiana en el control cinemático
   5.6. Planeación de trayectorias (en el espacio articular y en el espacio cartesiano)
   5.7. Planeación de alto nivel, unos comentarios
   5.8. Control cinemático
6. Modelo Dinámico
   6.1. Ecuación de Euler-Lagrange y antecedentes de mecánica clásica
   6.2. Formulación de la dinámica del robot en coordenadas cartesianas
   6.3. Fricción articular simple
   6.4. Propiedades del modelo dinámico de un robot
7. Introducción a regulación de robots manipuladores
   7.1. Par Calculado
   7.2. Control PID
8. Robot móvil
   8.1. El modelo cinemático de 2 ruedas
   8.2. Planeación de trayectorias
   8.3. Control cinemático
9. Robot con restricciones holonomas
   9.1. El modelo matemático y sus propiedades dinámicas
   9.2. Planeación de trayectorias
   9.3. Par calculado

Bibliografía

[1] Robot Modeling and Control, Mark W. Spong, Seth Hutchinson, M. Vidyasagar, 2005.
[2] Introduction to Robotics: Mechanics and Control, John J. Craig.
[3] Theory of Robot Control, Canudas de Wit, Carlos; Siciliano, Bruno & Bastin, Georges.

Curso Obligatorio 5: Matemáticas II

Objetivo

Conocer los fundamentos de la Teoría Moderna de Probabilidad enfocado a la Ingeniería. Introducir a los procesos estocásticos y las técnicas de simulación estocástica con el fin de aplicar los conceptos aprendidos en problemas modernos de las áreas de Robótica y Manufactura Avanzada.

Contenido

1. Introducción
   1.1. Conceptos básicos
   1.2. Modelos de probabilidad y axiomas
   1.3. Probabilidad Condicional
   1.4. La Regla de Bayes
   1.5. Independencia y Conteo
   1.6. Tipos de datos y representaciones
   1.7. Importancia de la probabilidad y los métodos estocásticos en las áreas de robótica y manufactura avanzada
   1.8. Ejercicios
2. Probabilidad y Distribuciones de Probabilidad
   2.1. Leyes de la Probabilidad
   2.2. Variables aleatorias discretas

2.2.1. Conceptos básicos
2.2.2. Funciones de probabilidad
2.2.3. Funciones de variables aleatorias
2.2.4. Valor esperado, la Media y la Varianza
2.2.5. Probabilidad conjunta de múltiples variables aleatorias
2.2.6. Condicionamiento e Independencia
2.2.7. Ejercicios

2.3. Variables aleatorias continuas
2.3.1. Conceptos básicos
2.3.2. Distribución de probabilidad
2.3.3. Variables aleatorias normales
2.3.4. Variables aleatorias continuas múltiples
2.3.5. Distribuciones derivadas
2.3.6. Ejercicios

2.4. Características adicionales de las Variables Aleatorias
2.4.1. Transformaciones y momentos
2.4.2. Suma de variables aleatorias independientes – Convolución
2.4.3. Más de Valor Esperado Condicional y Varianza
2.4.4. Covarianza y Correlación
2.4.5. Estimación de Mínimos Cuadrados
2.4.6. La distribución Normal Bivariada
2.4.7. Ejercicios

2.5. Distribución Normal
2.6. Distribución Binomial
2.7. Aproximación Normal a Binomial
2.8. Distribución de Bernoulli
2.9. Distribución de Poisson
2.10. El Teorema del Límite Central

3. Procesos Estocásticos
3.1. Conceptos básicos
3.2. Conexión entre la Probabilidad y las Matemáticas Aplicadas: Camino Aleatorio
3.3. Conexión entre la Probabilidad y la Teoría de los Modelos Lineales
3.3.1. Regresión
3.3.1.1. Desde el punto de vista de Mínimos cuadrados
3.3.1.2. Desde el punto de vista estadístico
3.3.2. Teoría de la Predicción
3.3.3. Predicción y Modelado Autoregresivo
3.3.4. Filtrado

3.4. El Método Monte Carlo-Metropolis
3.5. Generación de la distribución de probabilidad Gaussiana
3.6. Cadenas de Markov
3.6.1. Cadenas de Markov en tiempo discreto
3.6.2. Clasificación de Estados
3.6.3. Control Estocástico
3.6.4. Cadenas de Markov en tiempo continuo
3.6.5. Ejercicios

Bibliografía

[1] Dimitri P. Bertsekas and John N. Tsitsiklis. “Introduction to Probability”, Athena Scientific, June 2002.
[2] S.M. Ross. “Introduction to Stochastic Dynamic Programming”. Academic Press, 1983.
[3] S.M. Ross. “Introduction to Probability Models”, Academic Press, 2003.
[4] C.W. Gardiner. “Handbook of Stochastic Methods”. Springer, 2004.
[5] G. Strang. “Introduction to Applied Mathematics. Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, MA, 1986.

Curso Obligatorio 6: Control I (Control de Sistemas Dinámicos)

Objetivo

Conocer las representaciones de sistemas continuos y discretos tanto lineales como no lineales y su aplicación en la obtención de propiedades tales como estabilidad, controlabilidad, observabilidad. Diseñar sistemas de control clásico y moderno para sistemas dinámicos continuos y discretos. Reforzar el aprendizaje con ejemplos.

Contenido

1. Representación en variables de estado
 1.1. Sistemas invariantes en el tiempo
 1.2. Sistemas variantes en el tiempo
 1.3. Sistemas lineales
 1.4. Sistemas con retardo
 1.5. Sistemas no lineales
2. Antecedentes Matemáticos
 2.1. Ecuaciones diferenciales y transformada de Laplace
 2.2. Ecuaciones de diferencia y transformada z
 2.3. Espacios vectoriales
 2.4. Variedades, transformación de coordenadas, espacios tangentes
 2.5. Campos vectoriales, paréntesis de Lie, distribuciones, teorema de Frobenius, formas diferenciales.
3. Conceptos estructurales
 3.1. Controlabilidad
  3.1.1. Controlabilidad de sistemas lineales continuos
  3.1.2. Controlabilidad de sistemas lineales discretos
  3.1.3. Controlabilidad de sistemas no lineales
 3.2. Observabilidad
  3.2.1. Observabilidad de sistemas lineales continuos
  3.2.2. Observabilidad de sistemas lineales continuos
  3.2.3. Observabilidad de sistemas no lineales
4. Estabilidad
 4.1. Criterios de estabilidad de sistemas lineales continuos
 4.2. Criterios de estabilidad de sistemas lineales discretos
 4.3. Estabilidad de sistemas no lineales
5. Retroalimentación
 5.1. Asignación de polos de sistemas lineales por retroalimentación de estado
 5.2. Controladores PID
 5.3. Compensadores digitales
 5.4. Linealización exacta por retroalimentación
  5.4.1. Transformación lineal de coordenadas
  5.4.2. Linealización exacta por retroalimentación
  5.4.3. Dinámica cero
  5.4.4. Retroalimentación estática y dinámica.
  5.4.5. Control discreto
6. Estabilización de sistemas no lineales
 6.1. Estabilidad local y estabilización local por retroalimentación.
 6.2. Estabilización local usando el Método Directo de Lyapunov.

Bibliografía

[1] Isidori, A. Nonlinear Control Systems. Springer Verlag, 1995.
[2] Nijmeijer, H. and van der Schaft, A.J. Nonlinear Dynamical Control Systems. Springer Verlag, 1990.
[3] Khalil, H. Nonlinear Systems. Macmillan Publishing Company, 1992.
[4] Slotine, J.J. and Li, W. Applied Nonlinear Control. Prentice Hall, Inc, 1991
[5] Katsuhiko Ogata, Discrete-Time Control Systems, Prentice Hall, 2nd Edition, 1994.
[6] Karl Johan Astrom, Bjorn Wittenmark, Computer-Controlled Systems: Theory and Design Prentice Hall, 3rd Edition, 1996.

[7] C. L. Phillips and H. T. Nagle, Digital Control System Analysis and Design, Second Edition, Prentice Hall, 1990.

Curso Obligatorio 7: Visión por Computadora

Objetivo

En este curso se introducirá a los estudiantes a la Visión por Computadora, un área importante en tecnologías que involucran sistemas robóticos y de interfaces humano-máquina. Asimismo, se dará un entendimiento de algunos problemas centrales que involucren a la visión por computadora.

Contenido

1. Introducción a la visión por computadora
    - 1.1 ¿Qué es la visión?
    - 1.2 Importancia de la visión y aplicaciones prácticas generales
    - 1.3 Ejemplos de aplicaciones en la Robótica y Manufactura
2. Formación de imágenes
    - 2.1 Geometría proyectiva
    - 2.2 Componentes de un sistema de visión
    - 2.3 Tipos de cámaras, lentes, filtros físicos
    - 2.4 Factores que afectan/limitan la percepción de las imágenes
    - 2.5 Fotometría, color, tipo de sensores, ruido, etc.
    - 2.6 Ejercicios
3. Procesamiento de imágenes
    - 3.1 Filtros para mejoramiento de imágenes
    - 3.2 Visión espacial
        - 3.2.1 Detección de orillas
        - 3.2.2 Procesamiento del color
    - 3.2.3 Análisis y reconocimiento de Texturas
    - 3.3 Ejercicios
4. Estimación de Escenas en 3D
    - 4.1 Visión estereoscópica
    - 4.2 Formas a partir de X (sombras, textura, enfoque)
    - 4.3 Movimiento
    - 4.4 Agrupamiento de orillas
    - 4.5 Segmentación
    - 4.6 Ejercicios
5. Problemas abiertos en Visión

Bibliografía

[1] Computer vision: systems, theory and applications. Editores A. Basu, X. Li. World Scientific, 1993.
[2] Three-dimensional Computer Vision by Olivier Faugeras, MIT Press, 1993.
[3] Readings in Computer Vision: Issues, Problem, Principles, and Paradigms. Edited by Martin A. Fishcler, Oscar Fisrchein, Morgan Kaufmann publisher, 1987.
[4] Computer Vision for Human-Machine Interaction by Roberto Cipolla, Alex Pentland. Cambridge University Press. 1998.

Curso Obligatorio 8: Manufactura I (Automatización Industrial)

Objetivo

El estudiante comprenderá las funciones y fundamentos de los diversos bloques que componen un proceso industrial, y determinara las acciones adecuadas para su automatización, así como las estrategias apropiadas, tanto en elementos de hardware como elementos de software.

Contenido

1. Introducción
   - 1.1. Alcances del curso
   - 1.2. Proyectos finales
2. Procesos industriales
   - 2.1. Componentes principales y principios de modelado
   - 2.2. Sensores, actuadores y acondicionamiento de señales
   - 2.3. Modelado y simulación
   - 2.4. Consideraciones de ingeniería: Fatiga, estrés, anchos de banda, juego mecánico, fricción, perdidas, factor de ingeniería, optimización lineal
   - 2.5. Técnicas de control descentralizado lineal
   - 2.6. Simulación
3. Lenguajes y protocolos de programación
   - 3.1. Lenguajes de programación
   - 3.2. Protocolos
   - 3.3. Normas y estándares
4. Controladores lógicos programables
   - 4.1. Arquitectura computacional
   - 4.2. Adquisición de datos, acondicionamiento de señales y configuración de redes
   - 4.3. Sistemas de actuación controlados por procesador
   - 4.4. Control de procesos de alta dimensión continuos y discretos básicos
   - 4.5. Integración de los sistemas de manufactura por computadora
   - 4.6. Integración de redes y dominios locales
   - 4.7. Programación de hardware
5. Redes industriales
   - 5.1. Integración de redes industriales y GUI
   - 5.2. SCADAs
   - 5.3. Casos de estudio
     - 5.3.1. Con sensores invasivos
     - 5.3.2. Con sensores no invasivos

Bibliografía

[1] Integrated Product, Process and Enterprise Design, de Wang – Technology, Chapman and Hall Ed., 1997.
[2] Mathematics for Computer Graphics Applications: An Introduction to the Mathematics and Geometry of Cad/Cam, Geometric Modeling, Scientific Visualization, and Other Cg Applications by Michael Mortenson.
[3] Virtual and augmented reality applications in manufacturing / S.K. Ong and A.Y.C. Nee (eds.). New York : Springer, 2004.
[4] Manufacturing : design, production, automation, and integration. Beno Benhabib. Marcel Dekker, Inc., New York , 2003
[5] Automated Visual Inspection, Batchelor B.G, Hill D A and Hogson D C, IFS Publication.
[6] Manufacturing Systems, D.J. Williams, Chapman & Hall
[7] Industrial Automation and Process Control, Jon Stenerson, Prentice Hall.
[8] Handbook of Condition Monitoring, techniques and methodoloty, Alan Davies, Chapman & Hall.
[9] Mechanical Assemblies, their design, manufacture, and role in product development, Daniel E. Whitney, Oxford.
[10] Assembly Automation and Product Design, Geoffrey Boothroyd

Curso Obligatorio 9: Trabajo de investigación (sólo será impartido en doctorado)

Objetivo

El alumno comprenderá las diferentes etapas del método científico. Conocerá corrientes del pensamiento crítico y filosófico relacionadas con la naturaleza de la ciencia. Será capaz de exponer su tema de tesis de acuerdo al método científico. Entrenará la expresión oral y escrita de ideas formales mediante presentaciones y ensayos. Conocerá las diversas plataformas de investigación y desarrollo científico y las utilizará de acuerdo a su tema de tesis.

Contenido

1. El Método Científico
   - 1.1. El pensamiento científico de René Descartes
   - 1.2. El Discurso del método
     - 1.2.1. Deducción
     - 1.2.2. Experimentación exhaustiva
     - 1.2.3. Inducción

2. Ciencia
   - 2.1. El pensamiento científico de Friedrich Hegel
   - 2.2. La dialéctica de Hegel como explicación ontológica de la ciencia
     - 2.2.1. Tesis, antítesis y síntesis
     - 2.2.2. Analogías con casos particulares de temas de investigación

3. Plataformas de investigación
   - 3.1. Número de citas y factor de impacto
   - 3.2. Publicaciones más relevantes en el área
   - 3.3. Conferencias más relevantes en el área
   - 3.4. El proceso de sometimiento de artículos en conferencias y revistas
   - 3.5. Redacción de artículos científicos

4. Desarrollo del pensamiento crítico
   - 4.1. Selección y exposición de artículos relacionados con cada tema de tesis.
   - 4.2. Escritura de un ensayo de comprensión del tema de tesis.

5. Administración de proyectos de investigación
   - 5.1. Planeación y administración de recursos materiales y financieros
   - 5.2. Elaboración de reportes técnicos
   - 5.3. Propiedad intelectual
   - 5.4. Transferencia de tecnología

Bibliografía

[1] An Introduction to Scientific Reseach, de E. Wright Wilson, 1991., Dover Publications.
[2] Doing Science: Design, Analysis and Communication of Scientific Research, de Ivan Valiela, 2000. Oxfor University Press.
[3] The art of scientific investigation, William Beveridge, 2004. Blackburn Press.
[4] El discurso del Método, René Descartes.

Seminario obligatorio 1: Introducción a los Materiales, Procesos y Sistemas de Manufactura

Objetivo
Este seminario es una introducción a los procesos de manufactura. Los estudiantes aprenderán conocimientos básicos sobre procesos de fundición, unión, formado y remoción de metal con un énfasis especial en control de calidad y métodos de prueba destructivos y no-destructivos. Este curso presenta una introducción a la automatización de la manufactura como precedente para el curso de Manufactura I.

Contenido
1. Introducción
   a. Alcances
   b. Proyectos finales
2. Fundamentos del comportamiento mecánico de materiales
3. Propiedades de manufactura y estructura de metales
4. Superficies, tribología, características dimensionales, inspección y aseguramiento de control de calidad de productos
5. Procesos y equipo de fundición de metales y tratamientos térmicos
6. Procesos de deformado
7. Procesos de conformado de lamina
8. Polímeros, plásticos y materiales compuestos
9. Procesos de unión y ensamblado
10. Medición e inspección
11. Control de calidad
12. Líneas de producción
13. Sistemas flexibles de manufactura

Bibliografía

[1] Procesos de Manufactura para Materiales de Ingeniería. Serope Kalpakjian & Steven R. Schmid. Prentice Hall; 4a edición, 2002.
[2] Fundamentos de Manufactura Moderna. Mikell P. Groover. Prentice Hall Interamericana, 1997.
[3] Manufactura Ingeniería y Tecnología. Serope Kalpakjian & Steven R. Schmid. Prentice Hall; 5a edición, 2005.

Seminario obligatorio 2: Programación estructurada

Objetivo
Este curso va dirigido a estudiantes que cuenten o no con conocimientos iniciales en programación, con el fin de desarrollar habilidades para diseño de algoritmos y una programación estructurada.

Contenido
1. Estructura de datos y Algoritmos
   1.1. Estructuras de datos
   1.2. Funciones Recursivas
   1.3. Diseño y análisis de algoritmos
   1.4. Algoritmos de búsqueda
   1.5. Algoritmos de ordenamiento
   1.6. Algoritmos Dinámicos
   1.7. Modelo de Grafos
   1.8. Análisis de Complejidad
2. Programación Orientada a Objetos

2.1. Introducción al lenguaje C++
3. Métodos, clases y objetos.
4. Clases y objetos: Declaración de objetos y datos.
5. Abstracción, encapsulado y modularidad.
6. Constructores y destructores.
7. Funciones miembros y datos miembro: público, privado, protegido, estático.
8. Sobrecarga de funciones y operaciones.
9. Plantillas de clases y funciones.

Bibliografía

[1] T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest. "Introduction to Algorithms", MIT Press, Cambridge, MA, 1990.
[2] D. Wood: "Data Structures, Algorithms, and Performance", Addison-Wesley, Reading, MA, 1993.
[3] Walter Savitch. “Problem Solving with C++: The Object of Programming”, 5th Edition, Addison Wesley Publishing Company, Inc., 2005.
[4] Bjarne Stroustrup. “The C++ Programming Language (Special Edition)”, Addison Wesley Publishing Company Inc., 3rd Edition, 2000.

Cursos Optativos

Optativa 1: Planificación de movimientos para robots

Objetivo

En este curso se presenta un marco coherente para la solución de problemas de planeación de movimientos y con ello se describen las técnicas y métodos que permiten calcular los movimientos de uno o varios robots o agentes para lograr las tareas o metas dadas. Ejemplos de estas tareas son: ir a una posición, dado que se conoce el ambiente; construir un mapa de un ambiente desconocido; encontrar un objeto A en un ambiente dado; "ensamblar un producto a partir de sus partes individuales; mover un objeto B ubicado en la posición X a la posición Z.

Contenido

1. Introducción, motivación, aplicaciones
2. Representaciones y transformaciones geométricas
3. El espacio de configuración
4. Planeación de movimientos basada en muestreo
5. Planeación de movimientos combinatoriales
6. Planeación de movimientos no-holonómicos para robots móviles
7. Planeación de movimiento retroalimentado
8. Planeación probabilística de trayectos
9. Algoritmos de detección de obstáculos para la planeación de movimientos

Bibliografía

[1] Robot motion: planning and control by M. Brady, J.M. Hollerbach, T. Johnson, T. Lozano-Perez, and M. Mason. MIT Press, Cambridge, MA, 1982.

[2] Robot motion planning by Jean Claude Latombe, Kluwer, 1990.

[3] Planning algorithms by Steven M. LaValle. Cambridge University Press, 2006. (Disponible en línea: http://msl.cs.uiuc.edu/planning/book.html)

Optativa 2: Visión 3D

Objetivo

Este curso se enfoca en el análisis de la coherencia espacial y temporal impuesta por la geometría de una cámara para reconstruir un modelo geométrico en 3D, por ejemplo las imágenes obtenidas por una cámara de video, o múltiples vistas de una cámara fotográfica, imágenes adquiridas tipo estéreo, etc.

Contenido

1. Revisión de las herramientas matemáticas en el procesamiento de imágenes
2. Visión dinámica
   - 2.1 Análisis de las restricciones temporales
   - 2.2 Segmentación de escenas dinámicas
3. Visión geométrica
   - 3.1 Geometría proyectiva
   - 3.2 Restricciones Euclidianas
   - 3.3 Calibración
   - 3.4 Construcción de modelos en 3D a partir de múltiples imágenes en 2D.
   - 3.5 Geometría no calibrada

4. Visión fotométrica
   4.1 Las propiedades físicas de la luz y los materiales
   4.2 Función de fotoconsistencia
   4.3 Formas a partir de intensidades
5. Visión estéreo
6. Aplicaciones

Bibliografía

[1] Multiple View Geometry in Computer Vision by Richard Hartley and Andrew Zisserman Cambridge University Press, June 2000.
[2] An Invitation to 3-D Vision from Images to Geometric Models Interdisciplinary Applied Mathematics Ma, Y., Soatto, S., Kosecka J., Sastry, S.S., Vol. 26, Springer-Verlag, 2004.
[3] Computer Vision: A modern approach, David Forsyth and Jean Ponce. Prentice-Hall 2003.

Optativa 3: Fusión de Datos Multisensoriales

Objetivo

Este curso provee inicialmente los conocimientos básicos de los diferentes tipos de sensores (sus principios físicos, diseño y funcionamiento). Posteriormente se cubren los diferentes métodos para la combinación de datos provenientes de uno o más sensores del mismo o diferente tipo de una manera eficiente y efectiva. Se mostrarán también aplicaciones tanto experimentales como reales.

Contenido

1. Introducción ¿Porqué necesitamos la fusión multisensorial? Aplicaciones
2. Sensores: Principios físicos, diseño y características de funcionamiento. Sensores pasivos y activos
3. Consideraciones del diseño de sistemas multisensoriales
4. Métodos para la integración de datos
   Procesamiento de datos sensoriales
   Fusión de datos a bajo-nivel (datos crudos)
   Fusión de datos a medio-nivel (extracción de características)
   Fusión de datos a alto-nivel (decisiones)
5. Ejemplos de aplicaciones básicas y complejas
6. Inferencia Clásica
7. Inferencia Bayesiana
8. Teoría de evidencia Dempster-Shafer
9. Redes Neuronales Artificiales
10. Fusión de datos incompletos
    Caso de estudio: fusión de datos de intensidad y de profundidad

Bibliografía

[1] Sensor and data fusion: A tool for information and decision making by Lawrence A. Klein.SPIE, 2004.
[2] Handbook of multisensor data fusion by David L. Hall and James Llinas, CRC Press, 2001.
[3] Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion by David L. Hall and Sonya A.H. Mullen. Artech House Publisher, 2004.

Optativa 4: Introducción al control Visual de Robots

Objetivo

Al término del curso, el alumno dominará varias técnicas básicas de modelado cámara-robot (con cámara y robot fijos) y algoritmos de control para la síntesis de robots manipuladores guiados por visión, así como sus propiedades de estabilidad, tanto teórico como en simulación.

Contenido

Capítulo 1. Introducción a Control Visual de Robots Manipuladores.

1.1 Introducción al control visual de robots manipuladores
1.2 Esquemas de control visual en la literatura en configuración cámara fija y cámara en mano: control cinemático y control dinámico
1.3 Componentes de un sistema servo visual robótico
  1.3.1. Sistema electromecánico
  1.3.2. Sistema de control (hardware e *interfacing*)
  1.3.3. Sistema de percepción (hardware e *interfacing*)
  1.3.4. Sistema de comunicación hombre-máquina
1.4 Problemas a resolver
1.5 Breve introducción a la Integración de tiempo real de un sistema robótico guiado por cámaras
1.6 Perspectivas y alcances del curso
1.7 Proyectos finales

Capítulo 2. Modelos de cámara y sistema visual 2D y 3D.

2.1. Introducción básica, ejemplo de saccade y formulación general.
2.2 Repaso de modelos de cámara. Proyección perspectiva.
2.3 Calibración de cámaras
2.4 Revisión de conceptos de momentos, transformaciones de coordenadas cilíndricas, y primitivas (líneas, esferas, cilindros) para los sistemas visuales en 2D y 3D.
2.5 Repaso del modelo cinemático de cámara+robot manipulador
2.6 Sistema de visión monocular
2.7 Sistema de visión estéreo (reconstrucción 3D)
2.8 Homografías. Posición a partir de homografías.
2.9 Seguimiento de características.

Capítulo 3. Enfoques de Control Visual y diferentes configuraciones.

3.1 Consideraciones del diseño de un sistema de control basado en visión.
3.2 Enfoque basado en imágenes
3.3 Enfoque basado en posición
3.4 La matrix de interacción para características de un punto fijo
3.5 La matrix de interacción para múltiples puntos
3.6 Leyes de control basada en imágenes
3.7 Ejemplos y Problemas

Capítulo 4. Control Visual Cinemático 2D.

4.1. Control visual cinemático y propiedades de estabilidad,
4.2. El esquema completo integrado a un robot manipulador real,
4.3. Simulación y discusiones,

4.4. Integración del sistema experimental,
4.5 Examen, 12 de marzo

Capítulo 5. Control Visual Cinemático 3D.

5.1. Cadena cinemática visual de robots manipuladores y matriz de interacción,
5.2. Control visual cinemático y propiedades de estabilidad,
5.3. El esquema completo integrado a un robot manipulador real,
5.4. Simulación y discusiones,

Capítulo 6. Introducción al Control Visual Dinámico 2D.
6.1. Introducción al problema de control visual dinámico 2D y propiedades de estabilidad
6.2. Esquemas de control visual de regulación
6.3 Esquemas de control visual de seguimiento con conocimiento del modelo
6.4. Simulación y discusiones

Antecedentes requeridos

- Estabilidad en el sentido de Lyapunov, Teorema de La´Salle y Lema de Barbalath.
- Cinemática de robots EL y control cinemático de robots
- Introducción a visión por computadora

Referencias

- Artículos conferencias y de revista, de varios autores, entre ellos, Hosoda, Liu, Chaummette, Spong, Corke, Hutchinson
- Tesis de Jorge Fierro y de Emanuel Dean
- Robot Modeling and Control. M. W. Spong, S. Hutchinson and M. Vidyasagar. John Wiley & Sons, Inc. 2006.
- Three-Dimensional Computer Vision (Artificial Intelligence). Olivier Faugeras. The MIT Press. 1993.

Optativa 5: Navegación y Control de Vehículos no Tripulados

Objetivo

En este curso, se estudiara la navegación y control de vehículos no tripulados. El estudiante se familiarizara con las herramientas necesarias para estabilizar este tipo de vehículos. Técnicas de estimación de estado y filtrado complementario serán estudiados con el fin de diseñar sistemas de navegación que permitan la evolución autónoma de los vehículos. Se diseñaran controladores no lineales basados en la estimación de estado los cuales serán validados en simulación numérica. Finalmente, las herramientas teóricas anteriormente mencionadas serán implantadas en un sistema de control embarcado para el vuelo estacionario autónomo de un helicóptero de cuatro rotores.

Contenido

1. Introducción.

2. Modelado de vehículos no tripulados
    2.1 Cinemática
    2.2 Mecánica Newtoniana y Lagrangiana
    2.3 Dinámicas de cuerpos rígidos
    2.4 Ecuaciones de movimiento

3. Estabilidad y control de vehículos no tripulados
    3.1 Avión PVTOL
    3.2 Robot móvil.
    3.3 Submarino.
    3.4 Quadrirotor (helicóptero de cuatro rotores)

4. Principios y elementos de sistemas de medición
    4.1 Características, resolución y rango dinámico
    4.2 Sensores de fuerza inercial
    4.3 Sensores de rotación inercial
    4.4 Magnetómetro
    4.5 Altura por medición de presión

5. Sistemas de Navegación.
    5.1 Filtro complementario
    5.2 Filtro de Kalman
    5.3 GPS integrado al sistema inercial
    5.4 Fusión de datos

6. Métodos de control para vehículos no tripulados miniatura
    6.1 Regulación PID de la referencia
    6.2 Control por retroalimentación de estado
    6.3 Control por modos deslizantes
    6.4 Seguimiento
    6.5 Control basado en funciones de saturación

7. Aplicación a un quadrirotor.

Bibliografía

[1] H. Goldstein, Classical Mechanics. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1983.
[2] B. Etkin and L. Reid. Dynamics of Flight. J. Wiley & Sons, Inc., 1991.
[3] S. Merhav, Aerospace sensor systems and applications, Springer, 1996.
[4] T. Fossen, Guidance and control of ocean vehicles, John Wiley & Sons Ltd, 1994.
[5] R. Lozano, Objets Volants Miniatures Modélisation et commande embarquée, Lavoisier Hermes, 2007.
[6] I. Fantoni, Control of nonlinear mechanical underactuated systems. Springer-Verlag, Communications and Control Engineering Series, 2002.

Optativa 6: Métodos Avanzados de Evaluación No-Destructiva

Prerrequisito: Curso de Evaluación no-destructiva En Manufactura o permiso del instructor

Objetivo

El objetivo de este curso es dar al estudiante una introducción a los métodos avanzados de evaluación no-destructivo (END) usando ultrasonidos. Este curso incluye conceptos fundamentales de propagación de ondas ultrasónicas en sólidos en forma de placa, cilindros y tubos. Se abordaran temas de análisis de señales en el domino del tiempo y de la frecuencia. Se cubrirá además temas de aplicación de fusión de datos de evaluación no-destructiva para la caracterización de discontinuidades.

Contenido

1. Propagación de ondas en sólidos
1.1. Medio infinito
1.2. Medio semi-infinito
2. Propagación de ondas ultrasónicas guiadas
2.1 Ondas de superficie
2.2. Ondas Lamb
2.3. Ondas en cilindros sólidos
2.4. Ondas en tubos
2.5. Practica de Laboratorio
3. Análisis espectral de señales
3.1. Teoría
3.2. Instrumentación
3.3. FFT, STFT and Wavelets
3.4. Aplicaciones a discontinuidades
3.5. Practica de laboratorio
4. Caracterización de materiales usando espectroscopia ultrasónica

3.1. Teoría
3.2. Instrumentación y aplicaciones
3.3. Practica de laboratorio
5. Aplicaciones de fusión de datos de evaluación no-destructiva
5.1. Fusión de datos multisensorial y su integración en evaluación no-destructiva.
5.2. Fusión de señales ultrasónicas para caracterización y clasificación de discontinuidades en sólidos.

Bibliografía

[1] Ultrasonic Nondestructive Evaluation-Engineering and Biological Material Characterization. Edited by Tribikram Kundu. CRC Press, New York, 2002.
[2] Ultrasonic waves in solid media, by J.L. Rose, Cambridge, 1999.
[3] Wave Motion in Elastic Solids, by K. F. Graff, New York, Dover, 1991.
[4] Introduction to random vibrations, spectral & wavelets analysis, Newland, New York, Dover, 1993.

[3] Sensor and data fusion, by Klein, SPIE press, 2004
[4] Applications of NDT data fusion, by X.E. Gros, Kluwer Academic Publishers, 2001

Optativa 7: Planificación de Movimientos y Control de Humanoides Reconfigurables

Objetivo:

- Comprender los fundamentos y algoritmos avanzados de modelado, control y planificación de trayectorias para sistemas robóticos hyperredundantes sujetos a múltiples restricciones.

Contenido

Capítulo 1. Introducción 3

1.1 Antecedentes
1.2 Conceptos fundamentales y propiedades estructurales de robots hyperredundantes
1.3 Criterios de estabilidad convenientes para robots hyperredundantes
1.4 Criterios de optimización de robots redundantes
1.4.1 Consideraciones sobre redundancia cinemática para planificación
1.4.2 Consideraciones sobre redundancia dinámica para control
1.5 Pasividad, disipatividad y formulación del sistema en el espacio de error de sistemas mecánicos de segundo orden
1.6 Asignación del proyecto final

Capítulo 2. Modelado y control de robots no redundantes en movimiento libre y restringido 7.5 hrs

2.1 Repaso del modelo Euler Lagrange de robots
2.2 Repaso de control de robots en espacio generalizado
2.2.1 Movimiento libre
2.2.2 Movimiento restringido
2.3 Repaso de control de robots en espacio operacional
2.3.1 Movimiento libre
2.3.2 Movimiento restringido
2.4 Control operacional con jacobiano incierto
2.4.1 Movimiento libre
2.4.2 Movimiento restringido
2.5 Discusiones y tareas

Capítulo 3. Modelado y control de robots redundantes en movimiento libre y restringido 7.5 hrs

3.1 Modelo Euler Lagrange de robots redundantes
3.2 Control de robots en espacio generalizado
2.2.1 Movimiento libre
2.2.2 Movimiento restringido
3.3 Control de robots en espacio operacional
2.3.1 Movimiento libre
2.3.2 Movimiento restringido

3.5 Discusiones y tareas

Capítulo 4. Modelado y control de fricción dinámica articular y en el punto de contacto
3 hrs
4.1 Antecedentes
4.2 Modelado de fricción dinámica articular y en el punto de contacto
4.3 Control de fricción dinámica articular y en el punto de contacto
4.4 Discusiones y tareas

Capítulo 5. Modelado y control de cadenas cinemáticas arborescentes
3 hrs
5.1 Revisión de Coordenadas generalizadas
5.2 Modelado cinemático y el Jacobiano de Manipulación Móvil
5.3 Ecuación dinámica acoplada
5.4 Propiedades de la Matriz de Inercia acoplada
5.5 Contactos en los extremos de las cadenas cinemáticas
5.6 Control para el caso completamente accionado

Capítulo 6. Algorítmica del movimiento de robots redundantes
7 hrs

- Problema básico de la planificación de movimientos
  - Motivación
  - Componentes principales de la planificación de rutas
- Estructura y propiedades del espacio de configuración y de estados
- Representación de los obstáculos en el espacio de configuración
- Planificación discreta
  - Operaciones básicas con árboles y grafos
  - Estrategias de búsqueda en grafos
- Métodos probabilistas en la planificación de movimientos
  - Estrategias de muestreo
  - Detección de colisiones y cálculo de distancias
  - Estrategias basadas en la construcción de grafos
  - Estrategias basadas en la generación de árboles

Capítulo 7. Generación de trayectorias para robots redundantes y subactuados
7 hrs
7.1 Métodos variacionales para el cálculo de trayectorias
7.2 Control óptimo y el principio máximo de Pontryagin
7.3 Métodos de optimización numérica
7.4 Consideración de restricciones bilaterales y unilaterales
7.5 Manejo de la redundancia con pila de prioridades

Capítulo 8. Planificación de movimientos para robots sujetos a restricciones diferenciales
7 hrs
8.1 Planificación de movimientos para robots con cadenas cinemáticas cerradas.
8.2 Consideración de restricciones de contactos y fricción

8.3 Consideración del ZMP
8.4 Planificación de movimientos para robots cooperativos
8.5 Planificación de tareas de manipulación

Bibliografía

- H. Choset, K. M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. E. Kavraki and S. Thrun, Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations MIT Press, Boston, 2005.
- S.-M. LaValle, Planning Algorithms, Cambridge University Press, 2006.
- J.-C Latombe, Robot Motion Planning, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Y. Nakamura, Advanced Robotics: Redundancy and Optimization, Addison-Wesley, 1991
- J. Nocedal y S.-J. Wright. Numerical Optimization. 2nd ed., 2006 Springer Verlag.
- C.-T. Kelley. Iterative Methods for Optimization. 1999 SIAM.
- L.-S, Pontryagin, V.-G. Boltyanskii, R.V. Gamkrelidze, E.F. Mishchenko. The Mathematical Theory of Optimal Processes
- Notas del curso de Robótica 1
- Notas del curso de Robótica 1
- Arimoto, Nonlinear …
- Murray
- Cooperative, vuko

Optativa 8: Diseño Estadístico de Experimentos I

Objetivo:

Proveer al estudiante con conocimientos básicos y avanzados sobre el diseño estadístico de experimentos. Se desarrollarán herramientas para una mejor comprensión sobre aspectos de teoría, diseño, análisis e interpretación del diseño de experimentos.

Contenido

1. Introducción
2. Conceptos estadísticos básicos
2.1. Muestreo y distribución de muestreo
2.2. Inferencia a partir del análisis de medias
2.3. Inferencia a partir del análisis de varianzas
3. Experimentos con un solo factor
3.1. El análisis de varianza
3.2. Análisis de modelo de efectos fijos
3.3. Verificación del modelo
3.4. Interpretación de resultados
3.5. Determinación del tamaño de muestra
3.6. Método de regresión aplicado al análisis de varianza
4. Bloques aleatorizados

4.1. Diseño de bloque completamente aleatorizado
4.2. Diseño cuadrado latino
5. Caso de Estudio I
6. Introducción a diseños factoriales
6.1. Principios y definiciones básicas
6.2. Diseño factorial de 2-factores
6.3. Diseño factorial general
6.4. Ajuste de superficies y curvas de respuesta
7. Diseño factorial 2K
7.1. Introducción
7.2. Diseño 22
7.3. Diseño 23
8. Formación de bloques en el diseño 2K
8.1. Introducción
8.2. Formación de bloques y “confounding“ en el diseño factorial 2K
9. Método de superficie de respuesta
9.1. Introducción al método de superficie de respuesta
9.2. EL método de Steepest Ascent”
9.3. Diseño de experimentos para ajuste de superficie de respuesta
10. Caso de Estudio II

Bibliografía

[1] Design and Analysis of Experiments. D.C. Montgomery, 6th Edition, John Wiley and Sons, Inc. Ed. 2005.
[2] Statistical Analysis of Designed Experiments. H. Toutenburg, Springer, Second Edition. 2002.
[3] Design of Experiments for Engineers and Scientists. J. Antony, Butterwoth-Heinemann. 2003.
[4] Statistical design and analysis of experiments with applications to engineering and science. R.L. Mason, R.F. Gunst & J.L. Hess, 6th Edition, John Wiley and Sons, Inc. Ed. 2003

Optativa 9: Evaluación no-destructiva En Manufactura

Objetivo

El objetivo de este curso es dar al estudiante una introducción a los métodos de evaluación no-destructivo (END) con énfasis en ultrasonidos y proveer una revisión de herramientas básicas de probabilidad para END, END en diseño y END en manufactura y mantenimiento. Se cubren además conceptos fundamentales de métodos no destructivos superficiales, corrientes de Eddy y radiografiado.

Contenido

1. Probabilidad, diseño y administración en Evaluación No-Destructiva (END)
1.1. END en diseño, mantenimiento y servicio
1.2. Aplicaciones de probabilidad en evaluación no-destructiva
1.3. Evaluación no-destructiva en diseño

1.4. Optimización de inspección usando criterios probabilísticas
2. Conceptos de Confiabilidad en evaluación no destructiva
1.1. Vista general del modelado en confiabilidad
1.2. Planeación en confiabilidad
1.3. Uso de estadística en estimación de confiabilidad
1.4. Distribuciones usadas en confiabilidad
3. Técnicas ultrasónicas en Evaluación No-Destructiva
3.1. Propagación de onda en medios isotropicos y anisotropicos
3.2. Propagación en medios homogéneos e no-homogéneos
3.3. Propagación en medios lineales y no-lineales
3.4. Atenuación y dispersión de ondas acústicas
3.5. Reflexión y transmisión
3.6. Respuesta de radiadores ultrasónicos
3.7. Generación y detección de ondas ultrasónicas
4. Principios de inspección y técnicas usando ultrasonidos
4.1. Incidencia normal
4.2. incidencia angular
4.3. selección de sensor
5. Métodos avanzados de evaluación no-destructiva

5.1. Técnicas para inspección por ondas de superficie
5.2. Técnicas usando ondas Lamb
6. Técnicas de medición y caracterización de materiales usando ultrasonidos
7. Líquidos penetrantes y partículas magnéticas
8. Corrientes de Eddy
9. Radiografiado

Bibliografía

[1] Nondestructive evaluation: A tool in design, manufacturing, and service. By D. E. Bray & R. K. Stanley.Taylor & Francis, 1997.

Optativa 10: Introducción de Sistemas Digitales

Objetivo

1.1. Objetivo General de la materia

El alumno manejará los fundamentos de las señales discretas en el tiempo e implementará métodos y técnicas del control con señales digitales.

1.2. Objetivos Específicos:

1. Será capaz de diseñar soluciones específicas de filtrado, amplificación y control, tanto en tiempo continuo como en discreto, a problemas particulares y reales.
2. El proceso de diseño lo realizará por medio de una metodología formal apoyada en la simulación numérica y basada en el análisis de las señales y en la dinámica de los sistemas de procesamiento, a través de su implantación en prácticas de laboratorio.

<u>Contenido</u>

1. Señales discretas en el tiempo
   - 1.1. La discretización y cuantización de señales
   - 1.2. Elementos físicos para la discretización
     - 1.2.1. Convertidores AD y DA
     - 1.2.2. El retenedor
   - 1.3. La transformada *Z*
     - 1.3.1. Teoremas y propiedades de la transformada *Z*
     - 1.3.2. Evaluación de la transformada *Z*
     - 1.3.3. la transformada inversa *Z*.
   - 1.4. Ecuaciones de diferencia y modelos de sistemas discretos.
     - 1.4.1. Concepto de normalización.
     - 1.4.2. Solución de la ecuación de diferencia mediante la transformada *Z*.
   - 1.5. Mapeo del plano *s* al plano *z*.
   - 1.6. El Teorema de muestreo Shannon.
   - 1.7. Estabilidad en el espacio *z.*
     - 1.7.1. Criterio de estabilidad de Jury.

2. Control Digital
   - 2.1. Introducción al control digital
     - 2.1.1. Aproximación de sistemas continuos a sistemas discretos.
       - 2.1.1.1. Integración numérica.
       - 2.1.1.2. Mapeo de polos y ceros.
       - 2.1.1.3. Retenedor de orden cero.
   - 2.2. Análisis de sistemas de control discretos
     - 2.2.1. Diagramas de bloques discretos
     - 2.2.2. Función de transferencia de un controlador digital.
     - 2.2.3. Secuencia de control.
     - 2.2.4. El PID digital.
     - 2.2.5. Filtros digitales
     - 2.2.6. Diseño por posicionamiento de polos y ceros.
     - 2.2.7. Estabilidad relativa.
   - 2.3. Representación de estado de sistemas lineales discretos.
     - 2.3.1. Diagramas de flujo de un sistema lineal discreto.
     - 2.3.2. Relación de la función de transferencia y el diagrama de flujo.
     - 2.3.3. Análisis en el tiempo y en el espacio discreto *z* de la ecuación de estado.

3. Otras aplicaciones
   - 3.1. Identificación paramétrica

Referencias

[1] Franklin, Gene F., Powell, J. David, Workman, Michael, Digital Control of Dynamic Systems, Addison Wesley, USA, 1990.
[2] Ogata, K., Discrete Time Control Systems, 2nd. Ed., Prentice Hall, 1995.

CONSULTA

[3] Philips, Charles L.; Nagle, H. T., Digital Control Systems. Analysis and Design, 3rd. Ed., Prentice Hall, 1995.
[4] Astrom K.J., Wittenmark B., Computer Controlled Systems, third Ed. , 1997.
[5] Fundamentals of Signals and Systems, Philip D. Cha, John I. Molinder, Hardback, 2006.
[6] Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction, 3rd edition, by Saeed V. Vaseghi , Hardcover, 2006.
[7] John Park, Steve Mackay, Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems , Newnes, 2003.
[8] Rulph Chassaing , Digital Signal Processing: Laboratory Experiments Using C and the TMS320C31 DSK (Topics in Digital Signal Processing), Wiley-Interscience; Bk&Disk edition, 1998.

SOFTWARE
-Matlab + toolbox control, +toolbox identificación, + toolbox adquisición de datos.
- Lab View 7.0 ó Measurement Studio 7.0 de National Instruments

HARDWARE
- Tarjetas de adquisición de datos compatibles con el software adquirido

Optativa 11: Modelado y Optimización

Objetivo:
Establecer los métodos de modelado y análisis para la optimización de sistemas en la resolución de problemas prácticos.

Contenido
1. Introducción
    - Modelado en optimización
    - Plataformas de modelado
    - Planillas de cálculo

2. Modelado
    - Establecimiento del problema de optimización

3. Modelos de Programación Lineal
    - Modelos de optimización
    - Formulación LP
    - Generalidades
    - Elementos de modelado

- Ejemplos

4. Modelos de Programación No Lineal
    - Formulación NLP
    - Generalidades
    - Pautas para un adecuado modelado NLP
    - Ejemplo: Haverly

5. Programación Mixto Entera
    - Formulación
    - Generalidades
    - Modelado de restricciones lógicas
    - Modelado de disjunciones

Bibliografía:

1. Castillo, E., Conejo A.J., Pedregal, P., García, R. and Alguacil, N. (2002) "Building and Solving Mathematical Programming Models in Engineering and Science", Pure and Applied Mathematics Series, Wiley, New York.
2. Bazaraa M. S., Sherali, H. D., and Shetty C. M., *Nonlinear Programming, Theory and Algorithms*, 2nd ed., Wiley, New York, 1993.
3. Dantzig, G. B., *Linear Programming and Extensions*, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 1963.
4. Luenberger, D. G., *Linear and Nonlinear Programming*, 2nd ed., Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
5. Polak, E., *Optimization: Algorithms and Consistent Approximations*, Springer, New York, 1997.

Seminario optativo 1: Sistemas Neurodifusos y sus Aplicaciones

Objetivo

El estudiante comprenderá los fundamentos de esquemas de control basados en lógica difusa y redes neuronales, así como sus propiedades de estabilidad en el sentido de Lyapunov. Aplicaciones en sistemas físicos y numéricos serán implementados. Al final del curso, el estudiante identificara sistemas de control basado en paradigma de inteligencia artificial, en particular para robots y sistemas de manufactura.

Contenido

I. FUNDAMENTOS
    - Introducción
    - Sistemas basados en lógica difusa
    - Aplicaciones
    - Redes neuronales y sus estructuras y costo computacional
        - Esquema realimentado
        - Esquema supervisado
        - Esquema realimentado
        - Esquema de aprendizaje
        - Aplicaciones

II. EL SISTEMA DE CONTROL BASADO EN LOGICA DIFUSA
    - Ejemplos
    - Sistema de control basado en redes neuronales

Ejemplos
Redes neurodifusas
Esquema ANFIS
Esquema FALCON
Sistemas de control neurodifuso
Aplicaciones

III. ESTABILIDAD DE REDES NEURONALES Y LOGICA DIFUSA
Adaptación de parámetros (B.P., LSE, Filtro adaptable)
Análisis en el sentido de Lyapunov

Bibliografía

1. James A. Freeman, David M. Skapura, *Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques.,* Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1991.
2. J.S. Jang, C.T. Sun and E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing* , Prentice-Hall, 1997
3. Bernard Widrow, Michael A Lehr. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks.* MIT Press, 1995. Simon S. Haykin
4. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation.* Prentice Hall, 2nd Edition, 1999. Bonifacio Ramirez del Rio, Alfredo Sanz Molina. *Redes Neuronales y Sistemas Difusos.* Alfaomega, 2002.
5. C.T. Lin and E. C.S.G. Lee, *Neuro-Fuzzy Systems*, Prentice-Hall, 1995.

Seminario optativo 2: Redes neuronales artificales: aplicación en robótica y manufactura

Objetivo

El estudiante comprenderá los fundamentos de los principales modelos conexionistas, desde la relación de modelado entre las redes neuronales biológicas y su contraparte artificial, en sus modalidades tanto de Arquitecturas No supervisadas, Supervisadas y Aprendizaje Reforzado para clasificación e identificación, así como aproximador de funciones suaves directas e inversas para control. Comprenderá sus características, ventajas y desventajas así como los conceptos de aprendizaje, convergencia, razón de aprendizaje y de aproximación, capas, épocas.

Al término del curso, el alumno identificara las principales arquitecturas neuronales y evaluara su aplicabilidad a problemas en robótica y manufactura. Programará y aplicará redes neuronales a la problemática de modelos matemáticos en robótica y/o manufactura, evaluando su desempeño en comparación con otros métodos de solución.

Contenido

I. FUNDAMENTOS
Introducción
Red neuronal biológica
Red neuronal artificial
Percepción sensorial
Aproximación de dinámica inversa
Aplicaciones en robótica y manufactura avanzada

II. MODELOS PARA APRENDIZAJE Y CLASIFICACIÓN
No Supervisado
Supervisado
Por reforzamiento
Otros
Aplicaciones
Ensamble mecánico

Reconocimiento invariante de objetos
Percepción sensorial

III. MODELOS PARA APROXIMACIÓN
El teorema de aproximación de funciones suaves Stone-Weiestrass
Backpropagation, Adalides y funciones de base radiales
Redes neuronales recurrentes y adaptables
Aplicaciones
Modelo de segundo orden
Robot manipulador en movimiento libre
Robot manipulador en movimiento restringido
Robot manipulador en movimiento libre en servo-guiado por visión

Bibliografía

1. James A. Freeman, David M. Skapura, *Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques.,* Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1991.
2. Parallel distributed Processing, Explorations in the Macrostructure of Cognition. Vol. 1 MIT Press, 1986. Edited by Jerome A Feldman, Patrick J. Hayes, David E Rumelhart.
3. Bernard Widrow, Michael A Lehr. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks.* MIT Press, 1995.
4. Simon S. Haykin. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation.* Prentice Hall, 2nd Edition, 1999.
5. Bonifacio Ramírez del Rio, Alfredo Sanz Molina. *Redes Neuronales y Sistemas Difusos.* Alfaomega, 2002.
6. Rodolfo García Rodríguez Redes Neuronales para Sistemas Roboticos. Tesis doctoral, 2005, Cinvestav
7. N. E. Cotter. The Stone-Weierstrass Theorem and Its Application to Neural Network. *IEEE Trans. on Neural Networks*, (1)4, pp. 290-295. 1990.

Seminario optativo 3: Estadística Multivariada y Análisis de datos

Objetivos:

El seminario está orientado a proveer al estudiante de conocimiento fundamental en estadística univariada y multivariada, herramientas de análisis de datos basadas en proyección multivariada y cómo emplearlas con propósitos de modelado y extracción de características. El seminario también presentará una introducción al control de procesos estadístico multivariado y a la detección de fallas y diagnóstico en sistemas de manufactura industriales complejos.

Contenido:

- Fundamentos de estadística univariada y multivariada;
- Introducción a las herramientas de análisis basadas en proyecciones de un solo bloque.
- Discusión sobre herramientas de análisis basadas en proyección de bloque dual.
- Aplicaciónes de métodos basados en proyección de bloques dual para el modelado y análisis del modelo.
- Aplicaciones de métodos de un solo bloque para el monitoreo de procesos, detección de fallas y diagnóstico.

Bibliografía

1. Hair, Black, Babin, Anderson, Tatham, *Multivariate Data Analysis. 6th ed.,* Prentice-Hall, 2006.
2. Alan Julian Isenman, *Modern Multivariate Statistical Techniques: regression, classification and manifold learning,* Springer-Verlag, 2008

3. J. Wolberg, *Data Analysis Using the Method of Least Squares: extracting the most informartion from experiments*. Springer-Verlag. 2005.